



Gobierno de Reconciliación
y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

GUÍA METODOLÓGICA Y DISEÑOS TÍPICOS DE OBRAS PARA CAMINOS VECINALES COMO MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO A DESASTRE Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO



Foto 6.3.1.4.c



Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Dirección General de Inversiones Públicas



MINISTERIO DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO

Dirección General de Inversiones Públicas

**GUÍA METODOLÓGICA Y DISEÑOS TÍPICOS
DE OBRAS PARA CAMINOS VECINALES COMO MEDIDAS
DE REDUCCIÓN DEL RIESGO A DESASTRE Y ADAPTACIÓN
AL CAMBIO CLIMÁTICO**

CONTENIDO

1.	Resumen ejecutivo	1
2.	Introduccion	3
3.	La red vial nacional.....	3
3.1	Clasificación de la red vial nacional.....	4
3.1.1	Troncal principal	4
3.1.2	Troncal secundaria:	4
3.1.3	Colectora principal:.....	4
3.1.4	Colectora secundaria:.....	5
3.1.5	Caminos vecinales:	5
4.	Selección y caracterizacion de municipalidades	6
4.1	Las municipalidades seleccionadas han sido:.....	6
4.2	Reuniones con las alcaldías seleccionadas	7
5.	Enfoque a reduccion riesgo a desastres (rrd) y adaptacion al cambio climatico (acc).....	7
5.1	Revision de instrumentos / documentacion y trabajos realizados orientados a la rrd y acc existentes en el pais.	8
5.1.1	Comentarios relativos a las guias desarrolladas por dgip - snip	9
6.	Diseños típicos	12
6.1	Rampa	15
6.2	V A D O	22
6.3	VADO con tubería	28
6.4	Muro de contencion	34
6.5	Alcantarilla	40
6.6	Taludes en corte	45

6.7	Drenaje longitudinal: contracunetas, cunetas y subdrenaje	54
6.8	Caja mampostería y concreto.....	64
7.	Apéndices.....	71
7.1	Apéndice 1 cálculo de escorrentía superficial de una cuenca usando la fórmula racional	72
7.2	Apéndice 2 método de talbot – fórmula para estimar el área de descarga a aplicarse en una estructura de drenaje	82
7.3	Apéndice 3. fórmula de manning para calcular velocidad de descarga de alcantarillas, drenajes naturales y tuberías	89
7.4	Apéndice 4 cuenca hidrográfica	103
7.5	Apéndice 5 procedimiento de cálculo de los vados	106
7.6	Apéndice 6 procedimiento de cálculo de alcantarillas por medio de nomogramas.....	108
7.7	Apéndice 7 glosario	109
8.	Anexo: planos.....	123

listado de figuras

Figura n° 1	Elementos principales de un camino	2
Figura n° 2	Método de siembra del vetiver.....	54
Figura n° 3	Sistema de drenaje en un camino	55
Figura n° 4	Esquema de una cuenca hidrográfica	73
Figura n° 5	Delimitación de una cuenca y sus principales elementos	73
Figura n° 6	Esquema de un camino rural.....	76
Figura n° 7	Mapa topográfico de cuenca	87
Figura n° 8	Delimitación de cuenca del ejemplo	88
Figura n° 9	Divisiones de una cuenca.....	103
Figura n° 10	Elementos de la cuenca	104

Figura n° 11 Zonas de un río y procesos dominantes	104
Figura n° 12 Cuenca de gran tamaño dividida en subcuencas	106
Figura n° 13 Altura de carga en una alcantarilla	106
Figura n° 14 Zona inundable en un vado sin alcantarilla	107
Figura n° 15 Elementos de la sección típica de un camino vecinal	110

Listado de tablas

Tabla n° 1 Resumen de red vial nacional 2012	4
Tabla n° 2 Componentes asistencia técnica (corto y largo plazo) para el desarrollo de capacidad adaptativa para el cambio climático en el sector transporte en nicaragua	9
Tabla n° 3 Diagrama de flujo del proceso de diseño de las obras	13
Tabla n° 4 Tipos de obras diseñadas	13
Tabla n° 5 Coeficiente de escorrentía	77
Tabla n° 6 Otros valores de coeficiente de escorrentia	78
Tabla n° 7 Periodo de retorno a ser considerados	80
Tabla n° 8 Fórmulas de intensidad de lluvias	82

1. PRESENTACIÓN

Esta guía tiene como objetivo enfocarse en el fortalecimiento de la red de “caminos vecinales”, los cuales conforman el 74.80 % de la extensión de la red vial nacional de Nicaragua, considerando que el MTI no dirige mayoritariamente sus esfuerzos y recursos en este tipo de vías; además, se puede comprobar que las alcaldías municipales, en especial aquellas de dimensiones pequeñas o medianas, requieren asistencia técnica para el fortalecimiento en aspectos de diseño, rehabilitación y mantenimiento, de este tipo de caminos municipales.

Sin duda, los caminos rurales son elementos esenciales para el desarrollo social y económico de las comunidades humanas poco numerosas y, muchas veces, situadas en sitios alejados de los núcleos urbanos principales, de difícil acceso, en los que el acceso a los servicios básicos de salud y educación es muy complicado.

Si bien la construcción y/o mantenimiento de caminos vecinales es indispensable para el desarrollo socio económico del país, ésta debe planearse de manera respetuosa del medio ambiente, así como cumplir con una serie de requisitos técnicos que la faciliten y la economicen; así como la integración de los conceptos de Reducción de Riesgos a Desastres (RRD) y Adaptación al Cambio Climático (ACC).

La idea ha sido generar unos diseños que respondan a dar soluciones a la mayoría de los problemas más frecuentes detectados históricamente en los caminos vecinales en el país, orientados a RRD, inducidos por amenaza / exposición hidrometeorológica, por consiguiente estos diseños están pensados para lograr una ACC en la red de infraestructura vial vecinal del país.

Ante una Amenaza latente posible identificada por ejemplo “máxima intensidad de lluvia de 5 minutos de duración” se producen eventos de exposición impredecibles. Es decir, la intensa lluvia de 5 minutos no se produce todo el tiempo y en todo el territorio, sino que en ciertos sectores y en ciertos periodos, aleatoriamente y recurrentemente, suele suceder y sucederá, con un grado de probabilidad “período de retorno”: por tanto entiéndase la Exposición de las infraestructuras a este fenómeno natural: como la real ocurrencia futura del evento impredecible de la magnitud esperada y en el sitio definido.

Recurrentes daños vemos producirse en la red de caminos vecinales. Estos deterioros se producen en puntos definidos, digamos “puntos vulnerables”, puntos de particulares características. La vulnerabilidad de los caminos es diferente para cada tramo del camino, es decir existen diferentes grados de vulnerabilidad ante una misma amenaza/exposición.

Por ejemplo, un problema recurrente identificado es el deterioro del camino en sectores de pendiente elevada (rampas con pendiente mayor del 15%), cuando la estructura del camino no revestido, no es capaz de soportar las cargas transmitidas por el tráfico pesado en dicha situación (pendientes elevadas). Este caso es uno de los ocho casos establecidos en este documento.

La siguiente figura ilustra las diferentes componentes de una carretera con énfasis en los drenajes que ella debe disponer con el objetivo de aumentar su vida útil.

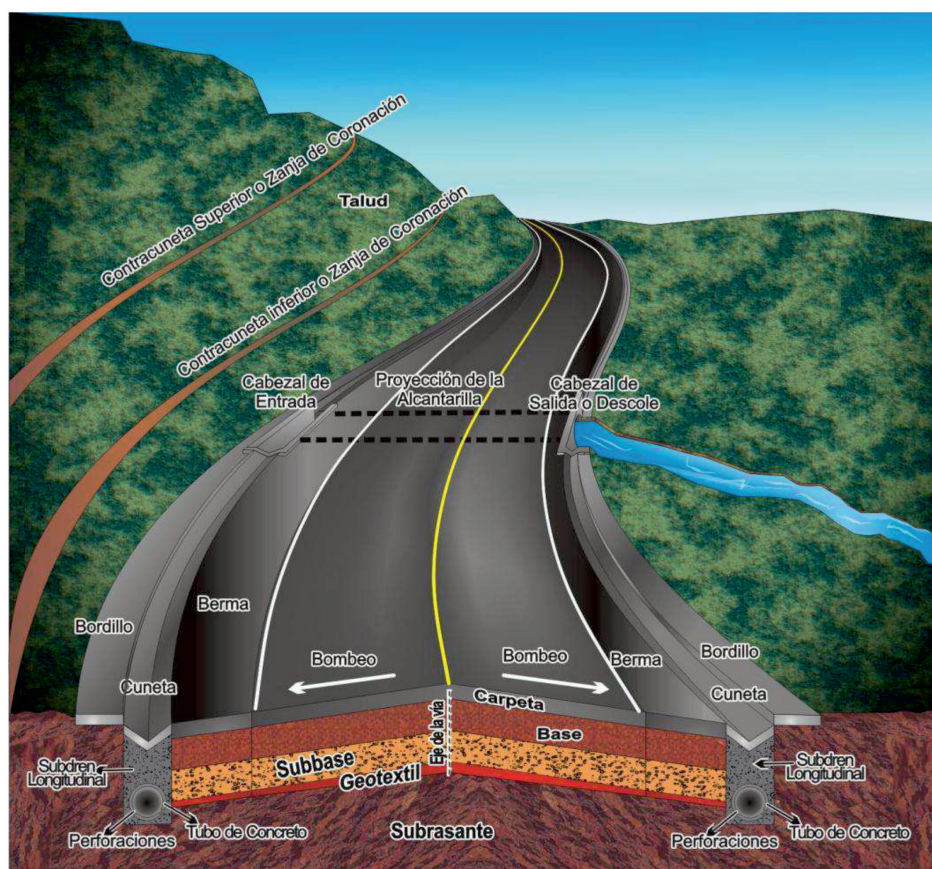


Figura N° 1 Elementos Principales de un Camino

La Guía Metodológica de Diseños Típicos de RRD y ACC junto con su anexo, Planos de Diseños Típicos de RRD y ACC, pretende apoyar a las alcaldías a resolver la mayoría de los problemas detectados en los caminos vecinales del país, todo ello con un enfoque a la RRD y ACC.

Otro aspecto importante a recalcar es el siguiente: Entre los casos de problemas existentes en la red de caminos vecinales, es de destacar que la problemática está localizada, es decir, la magnitud del problema está reducido a un sector muy específico. En tales circunstancias, y debido a los elevados costes de ejecución que impone toda obra de

construcción, se ha visto como solución más adecuada la utilización de MANO DE OBRA INTENSIVA para realizar la mayoría de las obras diseñadas en el presente trabajo. Es decir, estos diseños típicos están ideados para ser realizados por mano de obra del lugar, con el fin de bajar costes y dar empleo a la gente lugareña.

2. LA RED VIAL NACIONAL

La red vial nacional tiene una extensión total de 23,900 km (según información del MTI del año 2012). Está clasificada funcionalmente en cinco categorías de caminos. En la tabla siguiente puede apreciarse la mencionada clasificación y su extensión para cada una de las categorías en las cuales está dividida la red vial nacional

2.1. Clasificación de la Red Vial Nacional

De acuerdo a la revista del inventario vial del año 2012, publicada por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), la red vial se clasifica de acuerdo al detalle mostrado en la siguiente tabla:

RED VIAL NACIONAL 2012			
Nº	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	LONGITUD (km)	%
1	Troncal Principal	1,080.695	4.52
2	Troncal Secundaria	1,007.022	4.21
3	Colectora Principal	1,202.075	5.03
4	Colectora Secundaria	2,735.580	11.45
5	Camino Vecinal	17,871.743	74.79
TOTAL		23,897.115	100.0

Tabla N° 1 Resumen de Red Vial Nacional 2012

La descripción de cada una de estas categorías de clasificación es la siguiente:

2.1.1 Troncal Principal

Es una red de rutas continuas con las siguientes características:

- Sirve a desplazamientos de grandes longitudes de viajes como el traslado interdepartamental o interregional con índices de viajes elevados.
- Forma parte de la Red Vial Centroamericana.
- Troncal Principal = Panamericana/Centroamericana.
- Sirven a grandes volúmenes de tráfico cuyo TPDA es mayor a los 1,000 vehículos.

- Forman una red integrada sin conexiones fragmentadas, excepto cuando condiciones geográficas o de flujos de tráfico lo indiquen, tales como conexiones a ciudades costeras.
- Conectan cabeceras departamentales o centros urbanos con más de 50,000 habitantes.
- Se requiere además un ancho de Derecho de Vía de 50.0 metros, incluye 5 metros a cada lado del eje o línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de información gubernamental.

2.1.2 Troncal Secundaria

- Conecta cabeceras departamentales o centros económicos importantes, generadores de tráfico, tales como áreas turísticas capaces de atraer viajes de mayor distancia.
- Troncal Secundaria = Nacional Primaria.
- Sirve a un volumen considerable de viajes inter-departamentales.
- Sirve a corredores de viajes con longitudes de trayecto y densidades de viajes mayores que los que atienden los sistemas de carreteras colectoras.
- El volumen de tráfico atendido es mayor de 500 vehículos por día.
- Se requiere además un ancho de Derecho de Vía de 50.0 metros, incluye 5 metros a cada lado del eje o línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de información gubernamental.

2.1.3 Colectora Principal

- Comunican una o más cabeceras municipales con una población superior a los 10,000 habitantes.
 - Colectora Principal = Nacional Secundaria.
 - Comunican centros poblacionales no atendidos por la red troncal. Estas rutas generalmente están dentro de las municipalidades.
 - Se usan como conexión entre dos caminos troncales secundarios.
 - Interceptan en cada uno de sus extremos un sistema vial, funcionalmente de igual o superior categoría.
 - El flujo de tráfico es mayor de 250 vehículos/día.
 - Se requiere además un ancho de Derecho de Vía de 50.0 metros, incluye 5 metros a cada lado del eje o línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de información gubernamental.
-

2.1.4 Colectora Secundaria

- Suministra conexiones a una categoría superior de comunicación para centros urbanos y generadores de tráfico menores.
- Colectora Secundaria = Nacional Terciaria.
- Son caminos de alta importancia municipal, con poblaciones servidas mayores de 5,000 habitantes.
- El flujo de tráfico es mayor a los 250 vehículos por día.
- Se requiere además un ancho de Derecho de Vía de 30.0 metros, incluye 5 metros a cada lado del eje o línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de información gubernamental.

2.1.5 Caminos Vecinales

- Su principal función además de brindar acceso a propiedades adyacentes, es proporcionar el acceso a zonas remotas del país que carecen de facilidades de transporte y canalizar la producción agropecuaria desde la fuente hacia los centros de consumo y exportación en conjunto con carreteras de nivel superior.
- Caminos Vecinales = Municipales.
- Generalmente las zonas que conectan tienen menos de 1,000 habitantes; volúmenes de tráfico menores de 50 vehículos por día.
- Se requiere además un ancho de Derecho de Vía de 30.0 metros, incluye 5 metros a cada lado del eje o línea media de la misma, con el propósito de colocar rótulos de información gubernamental.

El MTI (junto con el FOMAV y la Corporación de Empresas Regionales de Construcción (COERCO) atiende e interviene mayormente, en la construcción, rehabilitación, y mantenimiento de LARED BASICA, las categorías 1 a 4 de las indicadas (troncal principal, troncal secundaria, colectora principal y colectora secundaria). Estas cuatro categorías de la red de carreteras y caminos es la que involucra las vías más importante del país, sin embargo no la más extensa, ya que, las cuatro primeras categorías, representan en conjunto, el 25.20% de extensión total de la red nacional.

Las alcaldías municipales tienen la misión de ampliar y mantener los caminos vecinales (la categoría cinco), la cual es la más extensa del país y la que comunica o beneficia a poblaciones rurales alejadas de los centros urbanos, y por donde sale la mayoría de la producción agrícola y ganadera del país.

Los diseños típicos se han visualizado como DISEÑOS QUE RESPONDEN a dar solución a DAÑOS, los más habituales, recurrentes y susceptibles de ser resueltos por posibles intervenciones a realizar en los caminos vecinales municipales reales existentes en los municipios del país.

Los problemas concretos y reales, en tramos o puntos de las carreteras vecinales que se presenten en los diferentes municipios del país deberán ser analizados individualmente, caso por caso, por los técnicos municipales, y se deberán adoptar las soluciones idóneas, específicamente adaptadas para cada caso concreto en base a las opciones de diseños presentadas en este documento.

Este documento constituye una ayuda para los técnicos municipales, podríamos decir “ideas útiles” que servirán de modelo que deben ser adaptadas a cada caso concreto al presentarse un problema real en la red de caminos vecinales.

3. ENFOQUE A REDUCCION RIESGO A DESASTRES (RRD) y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (ACC)

La Dirección General de Inversiones Públicas (DGIP), ha establecido estándares mínimos que forman parte de las metodologías de pre inversión de proyectos. Metodologías específicas han sido elaboradas por el SNIP para proyectos de agua y saneamiento, energía, infraestructura vial, educación y salud. Por lo que corresponde a infraestructura vial, la DGIP ha desarrollado dos guías:

A-Guía para incorporación de RRD y ACC en Proyectos de Infraestructura vial

B-Metodología para la Preparación y Evaluación de Proyectos de infraestructura Vial

Ambas guías para estandarizar metodologías y fortalecer el ciclo de los proyectos de infraestructuras viales.

En lo particular:

En la red de caminos vecinales suelen presentarse variados problemas de inestabilidad, tanto en la propia calzada, como en taludes de corte y/o de relleno, así como daños originados en drenajes deficientes o inexistentes por escorrentías de agua superficiales que impactan negativamente causando daños recurrentes.

El enfoque a Reducción de riesgos a desastres en el país ha venido desarrollándose crecientemente, motivado por episodios muy importantes impactantes ocurridos años próximos pasados.

Asimismo el Cambio Climático es un hecho tangible que en los últimos años ha mostrado su perfil más degradante e impactante en contra de la estabilidad de las infraestructuras, por lo que es sumamente necesario el establecimiento de metodologías para la Adaptación al Cambio Climático, en los proyectos de inversión pública, en especial, en proyectos de infraestructura vial.

Estas Guías tienen el propósito de aportar a la mejora de la calidad y sostenibilidad de las inversiones en caminos y carreteras, para que contribuyan de forma contundente al desarrollo y bienestar común de la población, especialmente la más vulnerable.

La Metodología organiza el proceso de preparar y evaluar un proyecto en tres módulos.

El primero, de ellos denominado “**Identificación**”, incluye tres diagnósticos a realizar para poder definir el problema que se pretende resolver con el proyecto, estos son:

- a. Diagnóstico del área de influencia,
- b. Diagnóstico del servicio,
- c. Diagnóstico de los involucrados. Los diagnósticos deben ser realizados contando con la participación de los involucrados en el proyecto.

El segundo módulo de la Metodología es la Preparación o “**Formulación**” del proyecto, que inicia con el análisis de demanda, continua con el análisis de oferta, a efectos de precisar la brecha que el proyecto atendería, de forma total o parcial. Luego orienta sobre las consideraciones técnicas del proyecto. Se ha procurado que la explicación retome ejemplos prácticos, y que la argumentación sea sencilla a fin de establecer con claridad lo que se espera sea analizado y tomado en cuenta en el momento de decidir los aspectos técnicos del proyecto. Este módulo aborda la estimación de costes del proyecto, gastos de operación y mantenimiento, aspectos legales y organizativos, incluso ambientales, que incidan en sus costos y beneficios.

El tercer módulo está destinado a la “**Evaluación Socioeconómica**” del Proyecto de Infraestructura Vial a través del Enfoque del Consumidor (mercado del transporte) y del Enfoque del Productor.

Actualmente en el país se está incorporando la Gestión Integral de Riesgo a Desastres de forma integral en todos los procesos de inversión pública, hecho evidenciado en la metodología general de pre inversión que es parte del conjunto de instrumentos metodológicos del SNIP de Nicaragua, en la que desde la misma identificación del proyecto, se recomienda se estudien posibles amenazas y vulnerabilidades.

A su vez la ***Guía Incorporación de RRD y ACC en Proyectos de Infraestructura Vial*** contiene la metodología para la preparación y evaluación de proyectos de infraestructura vial incorporando el análisis de reducción de riesgo a desastre (RRD) y adaptación al cambio climático (ACC).

En el módulo de identificación se determinan actividades propias para la **identificación de amenazas**, así como la identificación de alternativas de solución o medidas de reducción del riesgo.

En el módulo de formulación se propone analizar los efectos sobre la oferta y la demanda de las amenazas y del cambio climático; **se sugiere definir a nivel técnico las medidas de RRD y de ACC**, así como el coste de las mismas.

En el módulo de evaluación, se recomienda proceder con la estimación de los daños y pérdidas evitados con las medidas de RRD y ACC, realizar la evaluación socioeconómica de tales medidas, concluir sobre si convienen o no realizarlos, efectuar análisis de escenarios, y realizar recomendaciones para la sostenibilidad y debida gestión de las medidas recomendadas y del Proyecto en términos generales.

El presente documento **Guía de Diseños típicos**, retoma e incorpora los lineamientos establecido en las guías antes descritas, en orden de dar continuidad a la metodología implantada desde la DGIP.

En este caso los módulos de:

-Modulo Identificación del Proyecto, concretamente Diagnóstico del área de influencia, identificación del sitio o identificación municipal deben ser considerados del módulo de Identificación.

Para el caso que nos ocupa, tramo de camino vecinal, estas actividades diagnósticas, deben desarrollarse en forma participativa con los agentes involucrados en el proyecto tanto agentes institucionales (municipales), como usuarios (personas vecinos de la traza del proyecto, cooperativas de transporte que brindan servicio, productores que discurren por la vía en análisis).

-Modulo Formulación del Proyecto en la que son analizadas la demanda y oferta del servicio entregado por el Proyecto, entendiéndose el Proyecto como una unidad productora de servicios (entiéndase para el caso de camino vecinal, el servicio, la capacidad de la vía de permitir la libre circulación sin obstrucciones de los usuarios, (vehículos de transporte, vehículos para transporte de carga, y personas).

Asimismo, es estudiado a nivel técnico el emplazamiento, tecnología y tamaño (capacidad de oferta) del Proyecto, son determinados sus costos de inversión y gastos de operación y mantenimiento;

En este particular en el presente documento, analizaremos fundamentalmente diferentes aspectos de la ingeniería de la **etapa de diseño (etapa pre-inversión en la cual se centra el objeto del presente trabajo “Guía de Diseño”)**.

Las etapas de construcción de la carretera (etapa de inversión en las obras) y de mantenimiento (etapa de operación del proyecto), escapan a los alcances del presente trabajo y deberán ser analizados en futuro por otros documentos a elaborarse.

Continuando con el análisis de la guía mencionada, marco de análisis de proyectos de infraestructura vial, se propone la forma de incorporación de los análisis de RRD y ACC:

En el **módulo de identificación** se determinan actividades propias para la **identificación de amenazas**, así como la identificación de alternativas de solución o **medidas de reducción del riesgo**.

En el **módulo de formulación** se propone analizar los efectos sobre la oferta y la demanda de las amenazas y del **cambio climático**; se sugiere definir a nivel técnico las medidas de RRD y de ACC, así como el coste de las mismas.

Y finalmente, en el módulo de evaluación, se recomienda proceder con la estimación de los daños y pérdidas evitados con las medidas de RRD y ACC, realizar la evaluación socioeconómica de tales medidas, concluir sobre si convienen o no realizarlos, efectuar análisis de escenarios, y realizar recomendaciones para la sostenibilidad y debida gestión de las medidas recomendadas y del Proyecto en términos generales.

4. DISEÑOS TÍPICOS

A continuación se describen ocho diseños típicos que responden a daños habituales registrados en caminos vecinales en el territorio nacional.

Para lograr un entendimiento completo de cada diseño (el cual responde a un problema concreto identificado), hemos organizado el diseño siguiendo el siguiente proceso de análisis y secuencia de trabajos para lograr un resultado; Es decir un “diseño” basado en una metodología científica y practica:

1. Identificación y descripción de la problemática
2. Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales
3. Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño
4. Ensayos de campo y/o de laboratorio mínimos a ser realizados
5. Descripción conceptual de la solución del problema
6. Diseño de la solución
7. Especificaciones técnicas de los materiales y procesos involucrados para el correcto desarrollo del proyecto.
8. Anexo: planos de diseño.

A continuación la figura ejemplifica el Diagrama de flujo del proceso de diseño de las obras

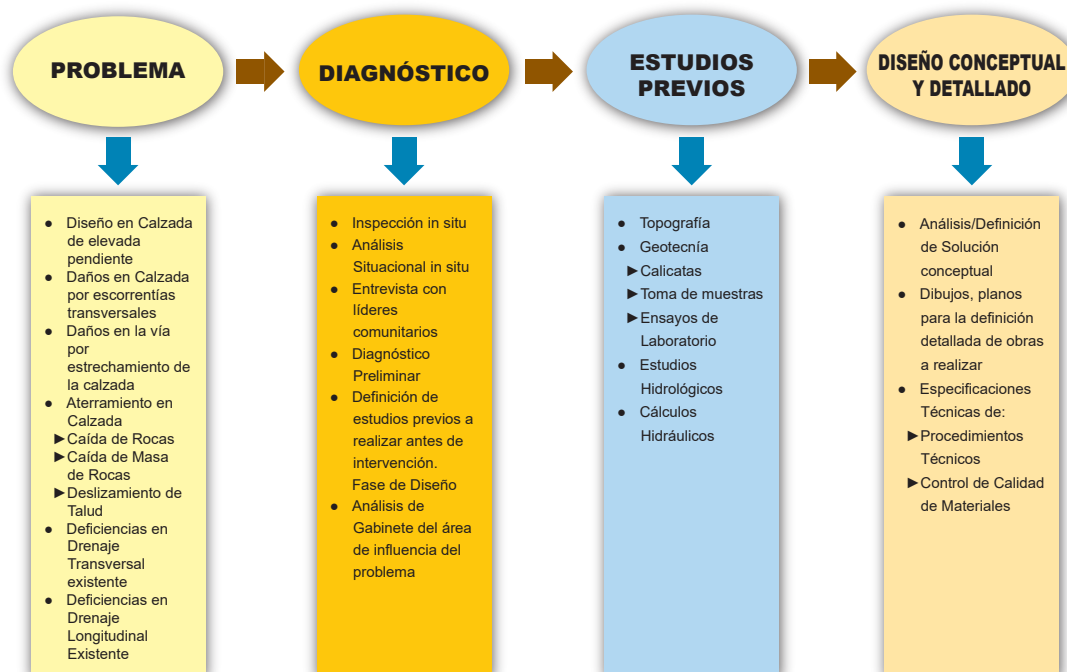


Diagrama 1 Diagrama de Flujo del Proceso de Diseño de las Obras

En el siguiente cuadro se presentan:

TIPO DE OBRA a DISEÑAR	PROBLEMATICA A LA CUAL RESPONDE
Rampa	Inestabilidad en calzada en sector de fuerte pendiente
Vado	Paso de curso de agua sobre la via
Vado con tubería	Paso de curso de agua sobre la via
Muro contención en rellenos	Inestabilidad, estrechamiento de calzada
Alcantarillas	Paso de curso de agua sobre la via
Cunetas y drenajes longitudinales	Roturas generalizadas en calzada por escorrentías libres de agua
Estabilización de taludes en corte	En cortes: derrumbes, aterramientos
Cajas de mampostería y losa de concreto reforzado (diseño ancho)	Paso de curso de agua sobre la via (zonas de baja pendiente y elevada sedimentación)

Tabla N° 2 Tipos de Obras Diseñadas

4.1 RAMPA

4.1.1. Identificación del problema

Para casos en que la vía se encuentra en sector de:

A-Elevada pendiente longitudinal

(consideramos pendientes mayores o iguales al 12%).

B-Estructura de pavimento insuficiente: Materiales y espesores inadecuados que sumado al hecho de la elevada pendiente del camino en ese sector, la acción que ejercen los vehículos pesados produce el deterioro acelerado de la carpeta de rodaje (capa superficial), destruyendo no solamente la capa superficial, sino que, el deterioro se introduce en las capas inferior/es; Pudiendo incluso penetrar el deterioro hasta alcanzar la capa de terreno natural.

C-Consecuencia: Con la Rotura de la capa superficial de rodamiento del camino en el punto vulnerable; Se produce la aparición de roderas (surcos) que se van profundizando sobretodo en periodo de invierno. Además en simultáneo, se produce el afloramiento de material de la capa inferior y contaminación de la capa superficial con el material de capa inferior, muy probablemente material arcilloso, de alta plasticidad, cuyo efecto es la pérdida de capacidad soporte al entrar en contacto con el agua. Resultado: tramo del camino con lodazal intransitable, en pendientes elevadas en periodo de lluvias.

4.1.2-Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

-Visita de inspección: Como primer actividad del diseñador, se deberá realizar una identificación del área de influencia del proyecto, por medio de una visita de campo, con el fin de conocer el área del problema, verificar in situ las condiciones existentes, identificar y visualizar los daños y la problemática de transitabilidad, verificar las condiciones del drenaje longitudinal, y transversal del camino en el tramo en estudio;

Durante la visita de inspección al sitio, se deberá también interrogar a los vecinos los cuales conocen históricamente, la recurrencia del problema, de tal forma de alertar al diseñador. Entrevistar a líderes comunitarios se visualiza como mejor opción para la obtención de información de episodios extraordinarios y conocer la problemática habitual del área de influencia del proyecto.

-Análisis de gabinete: Se deberá analizar la climatología de la zona. Dado que la presencia de agua en la vía es el factor clave que disminuye la capacidad soporte estructural del camino.

Por lo general en caminos en zona montañosa la climatología es muy húmeda en periodo de inviernos y estos según sea su ubicación geográfica, podrían ser prolongados (mayores de 6 meses).

Por el contrario, en sectores planos o poco ondulados, existe mayor probabilidad de producirse inundaciones extendidas debidas a la escasa pendiente del área lo que fomenta la inundabilidad generalizada.

Esta etapa de identificación se deberá realizar con datos pluviométricos de la zona aledaña, obtenidos del INETER. Un ingeniero civil con experiencia en este tipo de cálculos o especialización en hidrología, es quien deba analizar esta fase o estudio preliminar del diseño.

4.1.3-Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

Levantamiento Topográfico: Luego de identificar el problema por medio de inspección visual, y entrevistas a vecinos pobladores y líderes comunitarios, se debe realizar un levantamiento topográfico del área de influencia del problema. La topografía debe abarcar

toda la superficie de la vía y extenderse de los laterales al menos una distancia equivalente a la mitad del ancho del camino a cada lado (derecha e izquierda del eje del camino).

4.1.4-Ensayos de campo y de laboratorio mínimos a ser realizados

4.1.4.1-Calicatas: En primer momento se debe investigar la profundidad del área desestabilizada. Para ello se deben realizar calicatas de prospección para determinar la profundidad del daño ocurrido en la capa o capas inferiores de la estructura del camino. Esta prueba es posiblemente la más importante a realizar, pues define la profundidad mínima de la intervención.

Las calicatas deben estar espaciadas de tal forma de lograr obtener un diagnóstico de profundidades del daño ocurrido. Se puede estimar en primera aproximación realizar calicatas de 50 a 100 cm de diámetro por la profundidad necesaria, nunca menor de 60 cm de profundidad (a menos que aparezca antes de esta profundidad el manto de roca sana). La separación de las calicatas se puede establecer según la dimensión del área afectada. Como regla de mínimos realizar una calicata cada 10 metros medidos en la dirección del eje del camino. Una calicata por sección una en el centro del camino y la siguiente otra en el borde de la calzada del mismo (por ej.: borde derecho); La subsiguiente en el centro y la siguiente en el borde opuesto a la anterior (por ej.: borde izquierdo).

Cada calicata debe ser referenciada y se debe elaborar un esquema gráfico de ubicación de todas las calicatas, de manera de conocer en futuro exactamente, el sitio de donde fue realizada la misma.

4.1.4.2-Ensayo de calificación de material. A la vez que se escava una calicata se debe tomar muestras del material extraído y meterlo en sacos de plásticos y cerrarlos herméticamente. Cada saco debe estar convenientemente identificado con la calicata de la cual ha sido extraído indicando además la profundidad del material que se corresponde. Se debe extraer de cada calicata una cantidad aproximada a 50 kg de material (120 libras aproximadamente).

Se debe enviar los sacos al laboratorio de geotecnia para realizar el correspondiente ensayo de clasificación de suelos. Cada saco debe contener una cantidad mínima de material suficiente como para poder realizar un ensayo de clasificación estándar de suelos.

Sobre la fracción fina del material se realizara ensayo de plasticidad. Se determinara la plasticidad de la fracción fina del material.

4.1.5- Descripción conceptual de la solución del problema

El problema descrito se produce por dos circunstancias simultáneas:

- a la elevada pendiente longitudinal de la vía en el tramo del problema
- b La insuficiente capacidad de soportar. Las acciones transmitidas por vehículos pesados en periodo de invierno (en presencia de agua). Este hecho tal como se describió en los apartados anteriores se debe a dos causas:
 - b¹ el escaso espesor de la (las) capa (s) estructurales del pavimento.
 - b² la presencia de materiales con componente arcillosa entre los materiales que forman las capas del pavimento.

Con el fin de solucionar el problema planteado se deben implementar dos acciones:

- c¹ Eliminar los materiales inadecuados, (material plástico saturado descompactado). Que debido a estar contaminados (con material arcilloso), alterados (descompactados y contaminados debido al daño sufrido por el paso de vehículos pesados) y conteniendo agua en exceso, no poseen la capacidad de transmitir las acciones ejercidas por los vehículos hacia las capas inferiores sin alterarse.
- c² Profundizar (sobre excavar) el espesor de las capas estructurales del pavimento. Esto es necesario debido a que en el punto en cuestión (tramo de elevada pendiente), se debe incrementar el espesor de las capas del pavimento de tal forma de dotarlo de una capacidad estructural superior, capaz de soportar las acciones de los vehículos y transmitirlas al terreno inferior natural, sin alterarse.
- c³ Rellenar el volumen desalojados por la eliminación de los materiales: tanto los materiales superficiales alterados e inadecuados (material plásticos saturado) como los materiales eliminados por la sobre excavación realizada.

El relleno debe ser realizado con ciertos recaudos y empleando materiales de diferente granulometría y/o composición, lo que se indicara en apartado siguiente.

Lo esencial para lograr la estabilización de la vía en el punto vulnerable es, eliminación del material inadecuado, profundización del espesor (incremento de espesor) para colocar las nuevas capas estructurales del pavimento y relleno con materiales adecuados en la forma adecuada.

4.1.6-Diseño de la solución en Rampa

Tal como hemos dicho el problema de punto desestabilizado en sector con elevadas pendientes, por escases del paquete estructural del pavimento, se soluciona por medio de tres actividades principales:

- 1 La eliminación del material inadecuado alterado;
- 2 La profundización o ampliación del espesor del paquete de capas del pavimento;
- 3 La colocación de nuevo material en el volumen generado luego de realizar las dos actividades antes descritas.

Pasemos ahora a definir los materiales a emplear y los espesores de las nuevas capas y procesos de colocación.

Material a emplear

En primer lugar se deberá localizar los materiales necesarios. Es necesario contar con materiales pétreos en diferentes tamaños, comúnmente denominados bolones, calibrados es decir separados en conjuntos por tamaños diferentes.

Se debe realizar un proceso de clasificación por tamaños para luego ser empleados en la construcción de la estructura del camino. (Nota: Si se logra obtener en las cercanías, se puede emplear además de bolones, piedra cantera, con el fin de mejorar la terminación superficial del trabajo).

Clasificación / producción de tres conjuntos de bolones organizados por su tamaño según el siguiente detalle:

Bolones de tamaños grandes, comprendidos entre los 20 cm hasta los 40 cm.

Bolones de tamaños medios, comprendidos entre los 10 cm y los 19 cm.

Bolones de tamaños pequeños, comprendidos entre los 3 cm y los 9 cm.

Relleno de excavación o Bolonado: Para proceder al relleno de la caja generada se debe tener los siguientes recaudos y realizar las siguientes tareas.

- 1 Colocar una primera capa (de regularización y filtro), de bolones pequeños en el fondo, de un espesor de 10 cm.
- 2 Colocar una segunda capa de bolones grandes, de un espesor de 40cm.
- 3 Colocar una tercera capa de bolones de tamaño medio, de 20 cm.
- 4 colocar una capa de rodaje, compuesta por un concreto ciclópeo: bolón amarrado (aglutinado) con mortero de cemento de alta resistencia, rico en cemento (relación en volumen: 1:3; 1 parte de cemento por 3 partes de arena), empleando bolones de granulometría pequeños; El espesor del concreto será de 15 a 20 cm. (4a-Colocar, si se ha logrado conseguir piedra cantera en las inmediaciones a costos razonables, dos filas de piedra cantera (a modo de roderas), distanciadas o separadas de 1.7 m (adentro adentro) 2.1m (afuera afuera), de 15 cm de espesor embebidas en la capa superior de zampeado).

4.1.7 -Especificaciones técnicas de los materiales y procesos involucrados para el correcto desarrollo del proyecto. Considerando el empleo de Mano de obra intensiva.

Personal de dirección: La alcaldía debe disponer de personal técnico de la misma para dirigir las actividades o contratar un maestro de obra con experiencia comprobada para dirigir estas actividades. Este personaje es posiblemente el más importante del equipo, que debe asegurar la calidad de los procesos a ejecutar durante la ejecución de la obra.

Empleo de Mano de obra intensiva: Los volúmenes de obras para estas actividades son en general de pequeña magnitud. El empleo de mano de obra es lo más aconsejado para estas obras pues se lograran varios beneficios. La alcaldía debe apoyar al proyecto y disponer de camiones para transportar el material, tanto el material de botado, como el material para la ejecución, hasta el pie de la obra y/o botadero. Los camiones deben ser cargados a mano, tanto en cantera (o rio), como descargados a mano en la obra lo más cercano posible al punto de empleo. Idem para el material de botado.

Las actividades podrán ser realizadas con mano de obra intensiva. La idea de estos proyectos es dar trabajo a la gente del lugar. De esta forma se bajan los costes de escala, se capacita al personal “haciendo” y se logra haberlos entrenado para las futuras acciones de mantenimiento, con toda seguridad, necesarias.

Se debe realizar una inducción comunitaria previo al inicio de la fase construcción del proyecto, de tal forma que se seleccionen un grupo de comunitarios varones, e equipos de 8 a 10 personas por grupo, para que en turnos alternos sean los que ejecuten los trabajos. Cada grupo debe disponer de un puntero, o líder de grupo. Se desea contar con algún personal ya con experiencia alguna.

Dimensiones de la excavación: Las excavaciones deberán tener las dimensiones tanto en largo como en ancho necesarias para resolver el problema planteado. Así mismo en el plano vertical, deberán contar con un sobre ancho en la parte inferior de tal forma de lograr un talud 1x1 ; Esto aplica tanto a las excavaciones del material alterado, como las sobre- excavaciones.

Botado y disposición final de material: Los materiales de excavación inadecuados deben ser depositados en sitios escogidos para esta actividad. Botaderos deben ser identificados por personal de medio ambiente de la alcaldía, junto con personal de ejecución de proyectos de la alcaldía.

El botado de material podrá ser realizado en terrenos aledaños al punto de ejecución de la obra, solamente se debe cumplir con reglamentación vigente y obtener la autorización del propietario; El material debe ser depositado de tal forma que quede confinado, en posición definitiva plana o similar al sitio natural, y sin posibilidad de ser arrastrado por agua de escorrentía. Se deberán establecer los drenajes del área con el fin de encauzar las posibles aguas de escorrentías, en caso que las hubiere.

Materiales: Bolones, deberán ser de río o de trituración mecánica o natural. Deben estar limpios de contaminación arcillosa. Los materiales arenosos no es necesario limpiarlos toda vez que no contengan componente arcillosa.

Fundamentalmente los bolones que deben estar perfectamente limpios son los empleados para esta embebidos en mortero para lograr el zampeado.

Capas de Bolonado Compactados: Los bolones deberán ser colocados por capas las cuales deben ser compactadas. Se deberá colocar entre bolón y bolón, material selecto con el fin de cerrar los espacios que quedan entre bolones y así aumentar la densidad del conjunto y lograr la estabilidad de tanto de la capa en ejecución, como de la capa que se colocará por encima. Estas capas de bolones constituyen la estructura de la vía en la zona a reparar.

En las vía sin elevadas pendientes, o llanos, la estructura del camino no necesita de estas capas de bolonado (estructura), pues las cargas transmitidas por los vehículos son mucho menores, del orden del 50% menores que las que se producen en la rampa de alta pendiente, pues se producen cargas dinámicas con valores máximo muy elevados que son los que producen la rotura del camino.

Compactación de capas: Para la compactación de las capas de bolones se empleará una herramienta manual fabricada en obra, denominada compactador. El compactador es una lata de 1 galón de pintura, la cual se rellena con mortero de cemento y se

instala un cabo verticalizado de 1.70 m de altura en el centro, para su manipulación. La compactación de una capa de bolones, se logra imprimiendo un mínimo de 100 golpes/metro cuadrado del compactador desde una altura de entre 40 cm en un metro cuadrado de material bolón colocado previamente.

Mortero: Se denomina mortero a la mezcla de arena, cemento y agua en ciertas proporciones. El mortero servirá de amarre de bolones, para formar el concreto o el zampeado.

Según sea: ➤concreto ciclópeo, ➤mampostería estructural, ➤mampostería de relleno pobre o ➤zampeado, el mortero será de diferente contenido de cemento.

Arena para morteros: Debe ser de río y estar perfectamente limpia. En caso de no presentarse limpia naturalmente, se deberá implementar un sistema para limpiar la arena (el limpiado de la arena se realizara con agua limpia de río o pozo). Esto es debido a que la resistencia del mortero, se ve altamente condicionada por la limpieza de la arena y del bolón. Así como del contenido de agua al momento del mezclado, la cual no debe ser demasiado abundante. Cuanto más seca es la mezcla del mortero (al momento del mezclado), se lograrán mayores resistencias.

Dosificación de Mortero de zampeado: con una composición 4x1 (4 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajaran la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

El agua de amasado, podrá ser de pozo o de río, siempre que esté limpia razonablemente. No debe emplearse aguas servidas de lavado en viviendas, ni sucias con turbiedad mayor de 30 ntu. Como dato de referencia el lago Cocibolca contiene agua con turbiedad del orden de los 30 ntu. Y el agua que suministra ENACAL para consumo humano tiene una turbiedad menor de 5 ntu.

Elaboración del Zampeado: El zampeado debe ser elaborado con máximo cuidado con el objetivo de lograr la máxima resistencia y por consiguiente máxima durabilidad. El árido (bolón) debe estar completamente limpio, sin existencia de suciedades ni polvo; Lo más limpio posible y debe ser humedecido con el fin de eliminar la posible resequedad excesiva del árido. No es conveniente que el árido este completamente empapado, pues variaría la composición del mortero produciendo un efecto indeseable al entrar en contacto con el mortero, el efecto de aumentar la relación agua cemento (que habíamos

explicado antes que debe mantenerse en niveles deseablemente bajos). Tampoco el bolón debe estar reseco, pues esta resequedad absorbería humedad del mortero y este debe contener la humedad de mezclado, necesaria para iniciar la fase de aumento de resistencia del mortero, o fraguado.

Curado: Sin embargo una vez elaborado, el zampeado luego de 3 horas de terminado, debe comenzar a humedecerse con el fin de evitar que por evaporación se reseque pues se interrumpiría el fraguado. Esta operación debe continuarse por 7 días. Esto es conocido como el curado inicial del mortero. Es decir mantenerlo húmedo todo el tiempo, para lograr la máxima resistencia. Luego de los 7 días el curado puede ser menos intenso, pero prolongarse por 14 días más. A los 21 días se puede decir que el curado se ha finalizado.

Acabados: Pendientes, tanto longitudinal como transversal deben ser claramente establecidas. La pendiente longitudinal, se da por lograda, pues el problema en este caso es debido justamente a la elevada pendiente longitudinal (mayores del 15%).

La pendiente transversal

El bombeo es la inclinación que se le da al camino hacia laterales, en tramos de recta.

El peralte es la inclinación que se le da al camino en tramos de curvas.

Ambos, bombeo (en rectas) como peralte (en curvas) deben estar perfectamente resueltos y nunca debe quedar el camino sin pendientes transversales.

Los Bombeos oscilan del orden de entre el 4 al 7%. Peralte de entre el 4 al 7% son recomendados. No debe elevarse el bombeo ni el peralte más del 7% por riesgo a volcamiento de vehículos cargados con cargas elevadas. Tampoco debe disminuirse el bombeo o peralte por debajo del 4% pues valores menores hacen que el agua no escurra rápidamente hacia los laterales fuera de la vía, buscando cunetas.

Tanto el bombeo como el peralte, son totalmente imprescindibles para drenar las aguas lluvia lo más rápido posible y evitar que las aguas discurren por la calzada (o la vía), pues inmediatamente las aguas empiezan a correr, estas empiezan a erosionar y así se produce el deterioro acelerado de la superficie de rodaje del camino.

Hay que evitar a toda costa tener tramos de camino sin peralte o bombeo.

Cunetas: Consigna generalizada: No debería existir ningún camino sin cuneta. Las cunetas son los elementos importantes para prolongar la vida útil del camino. Existen dos tipos de cunetas básicamente: las revestidas y las no revestidas.

Debemos hacer la siguiente reflexión. Este tipo de solución, Rampa, se establece pues en ese tramo a solucionar, la pendiente longitudinal del camino es muy elevada. Mayores del 12%. Por tales circunstancias en sitios con elevada pendiente es justamente donde el agua circula a gran velocidad y se producen erosiones muy aceleradas. Por consiguiente se hace imprescindible que en esta solución en rampa se establezcan cunetas revestidas.

La cuneta debe ser apoyada en una capa de terreno natural previamente compactado con compactador de mano. Los compactadores de mano se fabrican en obra empleando una lata de un galón (de la comúnmente empleada para pintura), rellena de mortero y con un cabo de madera recto vertical, al centro, para elevarlo en posición de pie el trabajador. La compactación del terreno base de apoyo de cunetas, se logra imprimiendo 75 golpes por metro cuadrado dejando caer el compactador desde una altura de 40 cm.

Revestido de cunetas: El revestido de cunetas se deberá realizar por medio de un zampeado similar al realizado en la calzada, pero de menor espesor, por las razones obvias de costes y volumen de trabajo. Las cunetas deberán poseer un espesor de 10 cm. Para ello se podrá usar el mismo bolón de tamaño 3 a 9 empleados en capa de zampeado en la calzada.

La cuneta debe ser apoyada en una capa de terreno natural previamente compactado con compactador de mano. El terreno debe estar mínimamente húmedo para lograr una óptima compactación.

4.1.8-Planos.

(Ver anexo 1: planos)

4.2 Vado

4.2.1-Identificación y descripción del problema

En periodo de lluvia se hace difícil el paso de personas y vehículos pues en el punto en análisis, la quebrada aporta un caudal de agua tal que invade la vía e impide el paso de personas y vehículos. Así mismo, se produce un lodazal inestable en la zona de aproximación a la quebrada lo que dificulta aún más la transitabilidad de personas y vehículos.

Puede ser quebrada secas en verano y húmedas en invierno. O quebrada que traen agua todo el año.

4.2.2-Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

-Visita de inspección: Como primer actividad del diseñador de un vado, se deberá realizar una identificación del área de influencia del proyecto, por medio de una visita de campo, con el fin de conocer el área del problema, verificar in situ las condiciones existentes, identificar y visualizar los daños y la problemática de transitabilidad, verificar las condiciones que impone la quebrada transversal a la vía, del camino en el punto en estudio;

Durante la visita de inspección al sitio, se deberá también interrogar a los vecinos los cuales conocen históricamente, la recurrencia del problema, de tal forma de alertar al diseñador. Entrevistar a líderes comunitarios se visualiza como mejor opción para la obtención de información de episodios extraordinarios y conocer la problemática habitual del área de influencia del proyecto.

-Análisis de gabinete: Posterior a la visita de campo, se deberá realizar un trabajo en gabinete, iniciando con analizar la climatología de la zona y las características de la cuenca drenante. Dado que la precipitación y magnitud de la cuenca drenante en el punto de cruce condiciona la magnitud de la obra necesaria. La presencia de agua cruzando la vía es el factor clave que disminuye la transitabilidad del camino.

Por lo general en caminos montañosos la climatología es muy húmeda en periodo de inviernos y estos según sea su ubicación geográfica, podrían ser prolongados (mayores de 6 meses). Por el contrario, en sectores planos o poco ondulados, existen mayor probabilidad de producirse inundaciones extensas debido a la escasa pendiente del área lo que fomenta la inundabilidad generalizada.

Esta identificación se deberá realizar con datos pluviométricos de la zona aledaña, obtenidos del INETER. Un ingeniero civil con experiencia o especialización en hidrología, es quien deba analizar esta fase o estudio preliminar del diseño.

4.2.3-Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño.

Levantamiento Topográfico: Luego de identificar el problema por medio de inspección visual, y entrevistas a vecinos pobladores y líderes comunitarios, se debe realizar un levantamiento topográfico del área de influencia del problema. La topografía debe abarcar toda la superficie de la vía y extenderse de los laterales (quebrada) al menos una distancia equivalente al ancho del camino a cada lado (derecha e izquierda del eje del camino).

4.2.4-Ensayos de campo y de laboratorio mínimos a ser realizados

4.2.4.1-Calicatas: En primer momento se debe investigar la profundidad del área contigua a la quebrada, con el fin de determinar la profundidad de existencia de material estable donde cimentar el vado. Para ello se deben realizar calicatas de prospección para determinar la profundidad del material buscado. Las calicatas deben realizarse a ambos lados de la quebrada sobre la vía, lo más próximo a la quebrada.

Se puede estimar en primera aproximación realizar calicatas de 50cm de diámetro por la profundidad necesaria, hasta encontrar el manto rocoso o material estable o duro.

Como regla de mínimos realizar dos calicatas, una a cada lado de la quebrada.

Cada calicata debe ser referenciada y se debe elaborar un esquema grafico de ubicación de todas las calicatas, de manera de conocer en futuro exactamente, el sitio de donde fue realizada la misma.

4.2.4.2-Ensayo de clasificación de material. A la vez que se escava una calicata se debe tomar muestras del material extraído y meterlo en sacos de plásticos y cerrarlos herméticamente. Cada saco debe estar convenientemente identificado con la calicata de la cual ha sido extraído indicando además la profundidad del material que se corresponde. Se debe extraer de cada calicata una cantidad aproximada a 50 kg de material (120 libras aproximadamente).

Se debe enviar los sacos al laboratorio de geotecnia para realizar el correspondiente ensayo de clasificación de suelos. Cada saco debe contener una cantidad mínima de material suficiente como para poder realizar un ensayo de clasificación estándar de suelos.

Sobre a fracción fina del material se realizara ensayo de plasticidad. Se determinara la plasticidad de la fracción fina del material.

4.2.5 Descripción conceptual de la solución del problema

El problema descrito se produce por una circunstancia:

- a el camino no dispone de una obra de drenaje transversal (llámese alcantarilla, o vado). El agua de la quebrada, al intersectar al camino, circula por la vía, erosionando la misma.
-

Con el fin de solucionar el problema planteado se deben implementar una acción:

- c¹ Dotar al camino de una obra de drenaje transversal, en este caso nos referimos a un vado, pues es una obra relativamente más económica y adecuada para caminos de bajo tráfico y quebradas de baja a moderada intensidad. Un vado es un refuerzo en la estructura del camino, con el fin de permitir el paso del agua por el propio vado, y que no erosione el camino. El vado posee ciertas características que lo hacen soportar tanto la erosión del paso del agua y soporta las cargas transmitidas por los vehículos al circular por el vado.

Para construir un vado se deben eliminar los materiales alterados alterables o plásticos, incapaces de soportar erosión por paso de agua y sustitución por material adecuado que soporte el paso del agua y de vehículos.

La intervención debe profundizar (sobre excavar) de tal forma de eliminar material débil granular o arcilloso, buscar el terreno firme (deseablemente roca), donde apoyar el vado.

Y rellenar el volumen desalojado de material suelto con materiales apropiados que puedan soportar el paso del agua y de vehículos y que permitan la circulación vehicular con ciertos niveles de comodidad.

El relleno debe ser realizado con ciertos recaudos y empleando materiales de diferente granulometría y/o composición, lo que se indicara en apartado siguiente.

Lo esencial para lograr la estabilización del vado es, eliminación del material suelto existente inadecuado, profundización del espesor (incremento de espesor) para colocar las nuevas capas estructurales del vado / pavimento. Y además establecer refuerzos o protecciones en sectores críticos particulares, como ser en la intersección de quebrada y vado, aguas arriba y abajo; E intersección de camino y vado, en entrada y salida de vado.

4.2.6-Diseño de la solución

Tal como hemos dicho el problema de punto desestabilizado en sector r paso de quebrada sobre el camino, se soluciona por medio de la ejecución de un vado cuyas actividades principales son:

- 1 la eliminación del material inadecuado;
- 2 la profundización para lograr cimentar el vado en terreno solido (preferiblemente roca).
- 3 la colocación de nuevo material de relleno en el volumen generado luego de

realizar las dos actividades antes descritas. Y formar una estructura sólida de zampeado y mampostería capaz de soportar el paso del agua de quebrada y el paso vehicular.

Pasemos ahora a definir los materiales a emplear y los espesores de las nuevas capas, estructura y procesos de colocación / ejecución.

Material a emplear

En primer lugar se deberá localizar los materiales necesarios. Es necesario contar con materiales pétreos en diferentes tamaños, comúnmente denominados bolones, calibrados es decir separados en conjuntos por tamaños diferentes.

Se debe realizar un proceso de clasificación por tamaños para luego ser empleados en la construcción de la estructura.

Clasificación / producción de dos conjuntos de bolones organizados por su tamaño según el siguiente detalle:

Bolones de tamaños medios, comprendidos entre los 10 cm y los 20 cm.

Bolones de tamaños pequeños, comprendidos entre los 3 cm y los 9 cm.

Relleno de excavación o bolonado y formación del vado: Para proceder al relleno de la caja generada se debe tener los siguientes recaudos y realizar las siguientes tareas.

- 1 Colocar una primera capa (de regularización), de bolones pequeños en el fondo, de un espesor de 10 cm. Esta capa debe ser amarada o solidificada bolón contra bolón por medio de mortero de cemento pobre (a modo de mampostería).
 - 2 Colocar una segunda capa de bolones medios, de un espesor de 20cm; Del mismo modo anterior esta segunda capa debe ser amarrada bolón contra bolón, por medio de concreto de cemento pobre.
 - 3 colocar una capa de rodaje, compuesta por un concreto ciclópeo, es decir concreto aglutinado con mortero de cemento de alta resistencia, rico en cemento, (relación: 1:3, 1 en volumen de cemento; 3 en volumen de arena), empleando bolones pequeños; El espesor del concreto ciclópeo será de 20 a 30 cm (sin embargo los espesores podrán variar, dependiendo de las dimensiones generales de la estructura, lo cual se indica en planos, con indicación de espesores mínimos a cumplir).
-

- 4 Comentario final: Cuidar especialmente los laterales de la estructura, de forma que al entrar en contacto con el agua, sea lo suficientemente competente de soportar la acción erosiva del agua.

4.2.7-Especificaciones técnicas de los materiales y procesos involucrados para el correcto desarrollo del proyecto.

Personal de dirección: La alcaldía debe disponer de personal técnico de la misma para dirigir las actividades o contratar un maestro de obra con experiencia comprobada para dirigir estas actividades. Este personaje es posiblemente el más importante del equipo, que debe asegurar la calidad de los procesos a ejecutar durante la ejecución de la obra.

Empleo de Mano de obra intensiva: Los volúmenes de obras para estas actividades son en general de pequeña magnitud. El empleo de mano de obra es lo más aconsejado para estas obras pues se lograran varios beneficios. La alcaldía debe apoyar al proyecto y disponer de camiones para transportar el material, tanto el material de botado, como el material para la ejecución, hasta el pie de la obra y/o botadero. Los camiones deben ser cargados a mano, tanto en cantera (o río), como descargados a mano en la obra lo más cercano posible al punto de empleo. Ídem para el material de botado.

Las actividades podrán ser realizadas con mano de obra intensiva. La idea de estos proyectos es dar trabajo a la gente del lugar. De esta forma se bajan los costes de escala, se capacita al personal “haciendo” y se logra haberlos entrenado para las futuras acciones de mantenimiento, con toda seguridad, necesarias.

Se debe realizar una inducción comunitaria previo al inicio de la fase construcción proyecto, de tal forma que se seleccionen un grupo de comunitarios varones, e equipos de 4 a 5 personas por grupo, para que en turnos alternos sean los que ejecuten los trabajos. Cada grupo debe disponer de un puntero, o líder de grupo. Se desea contar con algún personal ya con experiencia alguna.

Dimensiones de la excavación: Las excavaciones deberán tener las dimensiones adecuadas; En largo (dependiendo de la rampa de acceso y la pendiente que se quiera establecer. Se recomienda pendientes de aproximación al vado de 10 al 20%). En cuanto al ancho, las excavaciones deben ser iguales al ancho del camino y/o lo necesarias para resolver el problema planteado, en caso de camino elevados, en terraplenes (cosa inusual en caminos vecinales). Las excavaciones deben ser profundizadas hasta encontrar material duro (deseable roca).

Botado y disposición final de material: Los materiales de excavación inadecuados deben ser depositados en sitios escogidos para esta actividad. Botaderos deben ser

identificados por personal de medio ambiente de la alcaldía, junto con personal de ejecución de proyectos de la alcaldía.

El botado de material podrá ser realizado en terrenos aledaños al punto de ejecución de la obra, solamente se debe cumplir con reglamentación vigente y obtener la autorización del propietario; El material debe ser depositado de tal forma que quede confinado, en posición definitiva plana o similar al sitio natural, y sin posibilidad de ser arrastrado por agua de escorrentía. Se deberán establecer los drenajes del área con el fin de encauzar las posibles aguas de escorrentías, en caso que las hubiere.

Materiales: Bolones, deberán ser de río o de trituración mecánica o natural. Deben estar limpios de contaminación arcillosa. Los materiales arenosos no es necesario limpiarlos toda vez que no contengan componente arcillosa.

Fundamentalmente los bolones que deben estar perfectamente limpios son los empleados para estar embebidos en mortero para lograr la óptima adherencia entre mortero y bolón, ya sea para producir concreto o mampostería o zampeado.

Mortero: Se denomina mortero a la mezcla de arena, cemento y agua en ciertas proporciones. El mortero servirá de amarre de bolones, para formar el concreto ciclópeo, la mampostería o el zampeado. Según sea el caso: -concreto ciclópeo, -mampostería estructural, -mampostería de relleno pobre o -zampeado, el mortero será de diferente contenido de cemento.

Arena para morteros: Debe ser de río y estar perfectamente limpia. En caso de no presentarse limpia naturalmente, se deberá implementar un sistema para limpiar la arena (el lavado de la arena se realizara con agua limpia de río o pozo). Esto es debido a que la resistencia del mortero, se ve altamente condicionada por la limpieza de la arena y del bolón. Así como del contenido de agua al momento del mezclado, la cual no debe ser demasiado abundante. Cuanto más seca es la mezcla del mortero (al momento del mezclado), se lograrán mayores resistencias.

Dosificación de Mortero para formar el Concreto ciclópeo: será con una composición 3x1 (3 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajaran la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

Dosificación de Mortero de zampeado y para mampostería estructural: con una composición 4x1 (4 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajarán la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

El agua de amasado, podrá ser de pozo o de río, siempre que esté limpia razonablemente. No debe emplearse aguas servidas de lavado en viviendas, ni sucias con turbiedad mayor de 30 ntu. Como dato de referencia el lago Cocibolca contiene agua con turbiedad del orden de los 30 ntu. Y el agua que suministra ENACAL para consumo humano tiene una turbiedad menor de 5 ntu.

Dosificación de Mortero de amarre para fabricación de Mampostería pobre: será de una composición 6x1 (6 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajarán la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

Desvío del río o desvío de quebrada

Con el fin de realizar las tareas de construcción, se deberá secar en cauce, por medio del desvío del mismo. Esto permitirá trabajar sin presencia del agua de la quebrada la cual impediría la ejecución de las obras/vado. Es recomendable ejecutar esta obra en verano, pues en invierno con la quebrada trayendo mucha agua, todas las tareas se dificultan mucho, lo que hace prácticamente inviable la ejecución de la misma.

Elaboración del VADO: las diferentes partes que lo constituyen: concretos, mamposterías, zampeados, deben ser ejecutados / elaborados con máximo cuidado con el objetivo de lograr la máxima resistencia y por consiguiente máxima durabilidad. El árido (bolón) debe estar completamente limpio, sin existencia de suciedades ni polvo; Lo más limpio posible y debe ser humedecido con el fin de eliminar la posible resequedad excesiva del árido. No es conveniente que el árido este completamente empapado, pues variaría la composición del mortero produciendo un efecto indeseable al entrar en contacto con el mortero, el efecto de aumentar la relación agua cemento (que habíamos explicado antes que debe mantenerse en niveles deseablemente bajos). Tampoco el bolón debe estar

reseco, pues esta resequedad absorbería humedad del mortero y este debe contener la humedad de mezclado, necesaria para iniciar la fase de aumento de resistencia del mortero, o fraguado.

Curado: Sin embargo una vez elaborado, el vado luego de 3 horas de terminado, debe comenzar a humedecerse con el fin de evitar que por evaporación se reseque pues se interrumpiría el fraguado. Esta operación debe continuarse por 7 días. Esto es conocido como el curado inicial del mortero. Es decir mantenerlo húmedo todo el tiempo, para lograr la máxima resistencia. Luego de los 7 días el curado puede ser menos intenso, pero prolongarse por 14 días más. A los 21 días se puede decir que el curado se ha finalizado.

4.2.8-Anexo: planos de diseño DE VADO

4.3 VADO CON TUBERÍA

4.3.1-Identificación y descripción del problema

Introducción aclaratoria:

El Vado con Tubería es una variante del vado. Está indicado en casos de quebradas con afluencia de agua durante parte de la estación seca. Además respecto de la solución vado (tratada en capítulo anterior) trae aparejado un incremento de costes del orden del 30% respecto de la solución en VADO, pues las obras se ven incrementadas por la colocación y fijación de la tubería inferior. Por lo tanto el vado con tubería se debe analizar su factibilidad de ejecución, entre otras cosas según el presupuesto disponible.

Identificación y descripción del problema

En periodo de lluvia se hace difícil el paso de personas y vehículos pues en el punto en análisis, la quebrada aporta un caudal de agua tal que invade la vía e impide el paso de personas y vehículos. Así mismo, se produce un lodazal inestable en la zona de aproximación a la quebrada lo que dificulta aún más la transitabilidad de personas y vehículos

Puede ser quebrada secas en verano y húmedas en invierno. O en caso de quebradas que traen agua todo el año.

4.3.2-Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

-Visita de inspección: Como primer actividad del diseñador de un vado con tubería, se deberá realizar una identificación del área de influencia del proyecto, por medio de una visita de campo, con el fin de conocer el área del problema, verificar in situ las condiciones existentes, identificar y visualizar los daños y la problemática de transitabilidad, verificar las condiciones que impone la quebrada transversal a la vía, del camino en el punto en estudio;

Durante la visita de inspección al sitio, se deberá también interrogar a los vecinos los cuales conocen históricamente, la recurrencia del problema, de tal forma de alertar al diseñador. Entrevistar a líderes comunitarios se visualiza como mejor opción para la obtención de información de episodios extraordinarios y conocer la problemática habitual del área de influencia del proyecto.

-Análisis de gabinete: Posterior a la visita de campo, se deberá realizar un trabajo en gabinete, iniciando con analizar la climatología de la zona y las características de la cuenca drenante. Dado que la precipitación y magnitud de la cuenca drenante en el punto de cruce condiciona la magnitud de la obra necesaria. La presencia de agua cruzando la vía es el factor clave que disminuye la transitabilidad del camino.

Por lo general en caminos en zona montañosa la climatología es muy húmeda en periodo de inviernos y estos según sea su ubicación geográfica, podrían ser prolongados (mayores de 6 meses).

Por el contrario, en sectores planos o poco ondulados, existe mayor probabilidad de producirse inundaciones extendidas debidas a la escasa pendiente del área lo que fomenta la inundabilidad generalizada.

Esta etapa de identificación se deberá realizar con datos pluviométricos de la zona aledaña, obtenidos del INETER. Un ingeniero civil con experiencia en este tipo de cálculos o especialización en hidrología, es quien deba analizar esta fase o estudio preliminar del diseño.

4.3.3-Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

Levantamiento Topográfico: Luego de identificar el problema por medio de inspección visual, y entrevistas a vecinos pobladores y líderes comunitarios, se debe realizar un

levantamiento topográfico del área de influencia del problema. La topografía debe abarcar toda la superficie de la vía y extenderse de los laterales (quebrada) al menos una distancia equivalente al ancho del camino a cada lado (derecha e izquierda del eje del camino).

4.3.4-Ensayos de campo y de laboratorio mínimos a ser realizados

4.3.4.1-Calicatas: En primer momento se debe investigar la profundidad del área contigua a la quebrada, con el fin de determinar la profundidad de existencia de material estable donde cimentar el vado.

Para ello se deben realizar calicatas de prospección para determinar la profundidad del material buscado.

Las calicatas deben realizarse a ambos lados de la quebrada sobre la vía, lo más próximo a la quebrada.

Se puede estimar en primera aproximación realizar calicatas de 50cm a 100 cm de diámetro por la profundidad necesaria, hasta encontrar el manto rocoso o material estable o duro.

Como regla de mínimos realizar dos calicatas, una a cada lado de la quebrada.

Cada calicata debe ser referenciada y se debe elaborar un esquema grafico de ubicación de todas las calicatas, de manera de conocer en futuro exactamente, el sitio de donde fue realizada la misma.

4.3.4.2-Ensayo de clasificación de material. A la vez que se escava una calicata se debe tomar muestras del material extraído y meterlo en sacos de plásticos y cerrarlos herméticamente. Cada saco debe estar convenientemente identificado con la calicata de la cual ha sido extraído indicando además la profundidad del material que se corresponde. Se debe extraer de cada calicata una cantidad aproximada a 50 kg de material (120 libras aproximadamente).

Se debe enviar los sacos al laboratorio de geotecnia para realizar el correspondiente ensayo de clasificación de suelos. Cada saco debe contener una cantidad mínima de material suficiente como para poder realizar un ensayo de clasificación estándar de suelos.

Sobre a fracción fina del material se realizara ensayo de plasticidad. Se determinará la plasticidad de la fracción fina del material.

4.3.5 Descripción conceptual de la solución del problema

El problema descrito se produce por una circunstancia:

- a el camino no dispone de una obra de drenaje transversal (llámese alcantarilla o vado). El agua de la quebrada, al intersectar al camino, circula por la vía, erosionando la misma.

Con el fin de solucionar el problema planteado se debe implementar una acción:

- c¹ Dotar al camino de una obra de drenaje transversal, en este caso nos referimos a un vado dotado de tubería de evacuación inferior, pues es una obra relativamente económica y adecuada para caminos de bajo tráfico y quebradas de moderada intensidad. Un vado con tubería es un refuerzo en la estructura del camino, con el fin de permitir el paso del agua por el propio vado, y que no erosione el camino. El vado con tubería posee ciertas características que lo hacen soportar tanto la erosión del paso del agua y soporta las cargas transmitidas por los vehículos al circular por el mismo. El tubo inferior soluciona el paso del agua de la quebrada en periodo de aporte de caudales medios. Esta cualidad hace un efecto positivo para el desplazamiento de personas, pues durante la mayor parte del año el vado permanecerá seco, sin agua fluyendo sobre la superficie superior.

Para construir un vado con tubería inferior, se deben eliminar los materiales alterados o plásticos, incapaces de soportar erosión por paso de agua y sustitución por material adecuado que soporte el paso del agua y de vehículos.

La intervención debe profundizar (sobe excavar) de tal forma de eliminar material débil granular o arcilloso, buscar el terreno firme (deseablemente roca), donde apoyar el vado. La tubería inferior debe ser apoyada también sobre material firme.

Y rellenar el volumen desalojado de material suelto con materiales apropiados que puedan soportar el paso del agua y de vehículos y que permitan la circulación vehicular con ciertos niveles de comodidad.

El relleno debe ser realizado con ciertos recaudos y empleando materiales de diferente granulometría y/o composición, lo que se indicara en apartado siguiente. Para el fondo de excavación se empleara bolones como material para lograr una regularización de la excavación; Se empleara un material denominado Mampostería Pobre para relleno

(que es una mampostería de piedra bolón amarrada, vinculada con mortero pobre, en cemento) con el fin de lograr una solidificación del relleno. Este material será empleado en el relleno entre el tubo (o tubos si hubiera mas de uno) y el diente perimetral a construir (ver planos)

Lo esencial para lograr la estabilización del vado con tubería es, eliminación del material suelto existente inadecuado, profundización del espesor (incremento de espesor) para colocar las nuevas capas estructurales del vado / pavimento. Y además establecer refuerzos o protecciones en sectores críticos particulares, como ser en la intersección de quebrada y vado, aguas arriba y abajo; E intersección de camino y vado / tubo, en entrada y salida de vado/tubo.

4.3.6-Diseño de la solución

Tal como hemos dicho el problema de punto desestabilizado en sector r paso de quebrada sobre el camino, se soluciona por medio de la ejecución de un vado dotado de tubería inferior, cuyas actividades principales son,

- 1 la eliminación del material inadecuado.
- 2 la profundización para lograr cimentar tanto el tubo, como el vado en terreno solido (preferiblemente roca).
- 3 la colocación de nuevo material de relleno en el volumen generado luego de realizar las dos actividades antes descritas. Y formar una estructura sólida de concreto ciclópeo, zampeado de protección (si fuera necesario) y mampostería, capaz de soportar el paso del agua de quebrada y el paso vehicular y como es lógico capaz de permitir el paso de caudales medios por el tubo dispuesto a tales efectos.

Pasemos ahora a definir los materiales a emplear y los espesores de las nuevas capas, estructura y procesos de colocación / ejecución.

Material a emplear

En primer lugar se deberá localizar los materiales necesarios. Es necesario contar con materiales pétreos en diferentes tamaños, comúnmente denominados bolones, calibrados es decir separados en conjuntos por tamaños diferentes.

Se debe realizar un proceso de clasificación por tamaños para luego ser empleados en la construcción de la estructura.

Clasificación / producción de dos conjuntos de bolones organizados por su tamaño según el siguiente detalle:

Bolones de tamaños medios, comprendidos entre los 10 cm y los 20 cm.

Bolones de tamaños pequeños, comprendidos entre los 3 cm y los 9 cm.

Relleno de excavación o Bolonado y formación del vado con tubería: Para proceder al relleno de la caja generada se debe tener los siguientes recaudos y realizar las siguientes tareas.

- 1 Colocar una primera capa (de regularización), de bolones pequeños en el fondo, de un espesor de 10 cm. Esta capa debe ser amarada o solidificada bolón contra bolón por medio de mortero de cemento pobre (a modo de mampostería pobre empleada para rellenos, es decir mampostería aglutinada con mortero fabricado con bajo contenido de cemento).
- 2 Colocación de la tubería de vado: la tubería debe ser situada según indicado en planos. Debe ser apoyada sobre una cuna de mortero o asiento. El exterior de la tubería deberá ser relleno con mampostería de relleno pobre.
- 3 Colocar una capa de bolones medios, de un espesor de 20 cm; Del mismo modo anterior esta segunda capa debe ser amarrada bolón contra bolón, por medio de mampostería de relleno pobre.
- 4 Colocar una capa de rodaje, compuesta por un concreto ciclópeo: bolón amarrado (aglutinado) con mortero de cemento de alta resistencia, rico en cemento (relación: 1:3, 1 en volumen de cemento; 3 en volumen de arena), empleando bolones de la graduación pequeños; El espesor del concreto será de 20 a 30 cm (los espesores podrán variar, dependiendo de las dimensiones generales de la estructura, lo cual se indica en planos).
- 5 Comentario final: Cuidar especialmente los laterales de la estructura, de forma que al entrar en contacto con el agua, sea lo suficientemente competente o protegidos para soportar la acción erosiva del agua.

4.3.7-Especificaciones técnicas de los materiales y procesos involucrados para el correcto desarrollo del proyecto

Personal de dirección: La alcaldía debe disponer de personal técnico de la misma para dirigir las actividades o contratar un maestro de obra con experiencia comprobada para

dirigir estas actividades. Este personaje es posiblemente el más importante del equipo, que debe asegurar la calidad de los procesos a ejecutar durante la ejecución de la obra.

Empleo de Mano de obra intensiva: Los volúmenes de obras para estas actividades son en general de pequeña a moderada magnitud. El empleo de mano de obra es lo más aconsejado para estas obras pues se lograrán varios beneficios. La alcaldía debe apoyar al proyecto y disponer de camiones para transportar el material, tanto el material de botado, como el material para la ejecución, hasta el pie de la obra y/o botadero. Los camiones deben ser cargados a mano, tanto en cantera (o río), como descargados a mano en la obra lo más cercano posible al punto de empleo. Ídem para el material de botado.

Las actividades podrán ser realizadas con mano de obra intensiva. La idea de estos proyectos es dar trabajo a la gente del lugar. De esta forma se bajan los costes de escala, se capacita al personal “haciendo” y se logra haberlos entrenado para las futuras acciones de mantenimiento, con toda seguridad, necesarias.

Se debe realizar una inducción comunitaria previa al inicio de la fase construcción del proyecto, de tal forma que se seleccionen un grupo de comunitarios varones, e equipos de 4 a 5 personas por grupo, para que en turnos alternos sean los que ejecuten los trabajos. Cada grupo debe disponer de un puntero, o líder de grupo. Se desea contar con algún personal ya con experiencia alguna.

Dimensiones de la excavación: Las excavaciones deberán tener las dimensiones adecuadas; En largo (dependiendo de la rampa de acceso y la pendiente que se quiera establecer. Se recomienda pendientes de aproximación al vado de 10 al 20%). En cuanto al ancho, las excavaciones deben ser iguales al ancho del camino y/o lo necesarias para resolver el problema planteado, en caso de camino elevados, en terraplenes (cosa inusual en caminos vecinales). Las excavaciones deben ser profundizadas hasta encontrar material duro (deseable roca).

Botado y disposición final de material: Los materiales de excavación inadecuados deben ser depositados en sitios escogidos para esta actividad. Botaderos deben ser identificados por personal de medio ambiente de la alcaldía, junto con personal de ejecución de proyectos de la alcaldía.

El botado de material podrá ser realizado en terrenos aledaños al punto de ejecución de la obra, solamente se debe cumplir con reglamentación vigente y obtener la autorización del propietario; El material debe ser depositado de tal forma que quede confinado, en posición definitiva plana o similar al sitio natural, y sin posibilidad de ser arrastrado por agua de escorrentía. Se deberán establecer los drenajes del área con el fin de encauzar las posibles aguas de escorrentías, en caso que las hubiere.

Materiales: Bolones, deberán ser de río o de trituración mecánica o natural. Deben estar limpios de contaminación arcillosa. Los materiales arenosos no es necesario limpiarlos toda vez que no contengan componente arcillosa.

Fundamentalmente los bolones que deben estar perfectamente limpios son los empleados para estar embebidos en mortero para lograr el correcto aglutinado (adherencia) entre bolones con el mortero ya sea para producir concreto o mampostería o zampeado.

Tubería: con el fin de lograr ejecutar con mano de obra no será posible el empleo de tubería pesada, de concreto reforzado de diámetros superiores a los 60 cm. Esta Obra está pensada para ser realizada empleando tubos de concreto con diámetros de entre 40 a 60 cm de diámetro o tubos de polímero los cuales son de relativamente mucho menos peso que los del concreto; En este caso (tubería de polímero) el diámetro mayor estará limitado hasta los 1.20 m.

Mampostería de relleno pobre: Con el fin de incrementar la vida útil de esta obra, para la ejecución de ciertos rellenos, aquellos que quedaran en sector cauce a la entrada y salida de los tubos y bajo la capa de rodaje, se deberá rellenar el espacio excavado de suelo existente, empleando una mampostería pobre. Será una mampostería de bolones embebido en un mortero cuya dosificación en cemento será menor que para el caso de concreto ciclópeo. La dosificación del mortero para este tipo de mampostería se detalla más adelante en este documento.

Mortero: Se denomina mortero a la mezcla de arena, cemento y agua en ciertas proporciones. El mortero servirá de amarre de bolones, para formar el concreto ciclópeo, mampostería o zampeado. Según sea: -concreto ciclópeo, -mampostería estructural, -mampostería de relleno pobre o -zampeado, el mortero será de diferente contenido de cemento.

Arena para morteros: Debe ser de río y estar perfectamente limpia. En caso de no presentarse limpia naturalmente, se deberá implementar un sistema para limpiar la arena (el lavado de la arena se realizara con agua limpia de río o pozo). Esto es debido a que la resistencia del mortero, se ve altamente condicionada por la limpieza de la arena y del bolón; Así como del contenido de agua al momento del mezclado, la cual no debe ser demasiado abundante. Cuanto más seca es la mezcla del mortero (al momento del mezclado), se lograrán mayores resistencias.

Dosificación de Mortero para formar el Concreto ciclópeo: será con una composición 3x1 (3 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajaran la resistencia final). El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado

en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

Dosificación de Mortero de zampeado y para mampostería estructural: con una composición 4x1 (4 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajaran la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc.

El agua de amasado, podrá ser de pozo o de río, siempre que esté limpia. No debe emplearse aguas servidas de lavado en viviendas, ni sucias con turbiedad mayor de 30 ntu. Como dato de referencia el lago Cocibolca contiene agua con turbiedad del orden de los 30 ntu. Y el agua que suministra ENACAL para consumo humano tiene una turbiedad menor de 5 ntu.

Dosificación de Mortero de amarre para Mampostería de relleno pobre: será de una composición 6x1 (6 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajaran la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

Desvío del río o desvío de quebrada

Con el fin de realizar las tareas de construcción, se deberá secar en cauce, por medio del desvío del mismo. Esto permitirá trabajar sin presencia del agua de la quebrada la cual impediría la ejecución de las obras/vado. Es recomendable ejecutar esta obra en verano, pues en invierno con la quebrada trayendo mucha agua, todas las tareas se dificultan mucho, lo que hace prácticamente inviable la ejecución de la misma.

Elaboración del VADO con Tubería: las diferentes partes que lo constituyen: Tuberías, concretos, mamposterías, zampeados, deben ser ejecutados / elaborados con máximo cuidado con el objetivo de lograr la máxima resistencia y por consiguiente máxima durabilidad. El árido (bolón) debe estar completamente limpio, sin existencia de suciedades

ni polvo; Lo más limpio posible y debe ser humedecido con el fin de eliminar la posible resequedad excesiva del árido. No es conveniente que el árido este completamente empapado, pues variaría la composición del mortero produciendo un efecto indeseable al entrar en contacto con el mortero, el efecto de aumentar la relación agua cemento (que habíamos explicado antes que debe mantenerse en niveles deseablemente bajos). Tampoco el bolón debe estar reseco, pues esta resequedad absorbería humedad del mortero y este debe contener la humedad de mezclado, necesaria para iniciar la fase de aumento de resistencia del mortero, o fraguado.

Curado: Sin embargo una vez elaborado, el vado luego de 3 horas de terminado, debe comenzar a humedecerse con el fin de evitar que por evaporación se reseque pues se interrumpiría el fraguado. Esta operación debe continuarse por 7 días. Esto es conocido como el curado inicial del mortero. Es decir mantenerlo húmedo todo el tiempo, para lograr la máxima resistencia. Luego de los 7 días el curado puede ser menos intenso, pero prolongarse por 14 días más. A los 21 días se puede decir que el curado se ha finalizado.

4.3.8-Anexo: planos de diseño de VADO CON TUBERÍA

4.4 MURO DE CONTENCIÓN

4.4.1-Identificación del problema

Para casos en que la vía se encuentra con los siguientes problemas:

A Estrechamiento del lado del guindo (consideramos tramos en media ladera).

B Estrechamiento a cualquier lado (consideramos tramos en relleno):

Para Ambos casos el problema que se presenta es el siguiente: por problemas de estrechez en el pie del relleno (causado por problemas o situaciones tales como elevada pendiente del guindo, o erosión en pie de relleno), el terraplén de relleno aumenta la pendiente (tiene elevada pendiente), y se produce una inestabilidad lo que conduce al desmoronamiento (lo que produce una estrechez progresiva en la vía).

El problema suele ser acumulativo, con lo cual, con el tiempo, esa estrechez se incrementa y puede producirse hasta la interrupción de la vía.

C Consecuencia: Con el descalce o desmoronamiento del cimientto del terraplén, se transite este efecto hacia las capas superiores, alcanzando a la capa superior, donde se produce un extrangulamiento de la vía o estrechamiento de la vía.

4.4.2-Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

-Visita de inspección: Como primer actividad del diseñador, se deberá realizar una identificación del área de influencia del proyecto, por medio de una visita de campo, con el fin de conocer el área del problema, verificar in situ las condiciones existentes, identificar y visualizar los daños y la problemática de transitabilidad, verificar las condiciones del drenaje longitudinal, y transversal del camino en el tramo en estudio; verificar pendiente transversales de relleno y naturales del guindo. Analizar el estado del estrato donde se apoya el relleno del terraplén.

Durante la visita de inspección al sitio, se deberá también interrogar a los vecinos los cuales conocen históricamente, la recurrencia del problema, de tal forma de alertar al diseñador. Entrevistar a líderes comunitarios se visualiza como mejor opción para la obtención de información de episodios extraordinarios y conocer la problemática habitual del área de influencia del proyecto.

-Análisis de gabinete: Se deberá analizar la climatología de la zona. Dado que la presencia de agua en la vía podría ser un factor clave que incrementa la velocidad de erosión produciéndose o generándose desde arriba del relleno. Así mismo identificar existencia de erosión en pie de relleno, o la condición del drenaje y como afecta este, al pie del relleno.

Por lo general en caminos montañosos la climatología es muy húmeda en periodo de inviernos y estos según sea su ubicación geográfica, podrían ser prolongados (mayores de 6 meses).

Por el contrario, en sectores planos o poco ondulados, existen pocos casos de elevada pendiente transversal.

Esta identificación se deberá realizar con datos pluviométricos de la zona aledaña, obtenidos del INETER. Un ingeniero civil con experiencia o especialización en hidrología, es quien deba analizar esta fase o estudio preliminar del diseño.

4.4.3-Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

Levantamiento Topográfico: Luego de identificar el problema por medio de inspección visual, y entrevistas a vecinos pobladores y líderes comunitarios, se debe realizar un levantamiento topográfico del área de influencia del problema.

La topografía debe abarcar toda la superficie de la vía y extenderse al lateral (o laterales) afectado(s), al menos hasta el pie del relleno, más una distancia equivalente a la mitad del ancho del camino.

4.4.4-Ensayos de campo y de laboratorio mínimos a ser realizados

4.4.4.1-Calicatas: En primer momento se debe investigar la profundidad del área desestabilizada. Para ello se deben realizar una o dos excavaciones de prospección para determinar la profundidad del estrato sólido en la capa inferior de la estructura del camino - terraplén. Esta prueba es posiblemente la más importante a realizar, pues define la profundidad mínima de cimentación del muro a colocar o construir. A su vez es una prueba sencilla de realizar.

Las dos calicatas deben estar espaciadas de tal forma de lograr obtener un diagnóstico de profundidades del daño ocurrido. Se puede estimar en primera aproximación realizar calicatas en los extremos de la zona inestable (o estrechamiento) de la vía.

El tamaño y profundidad de las calicatas dependerá del lugar donde se puedan realizar. Si fuera posible acceder al pie del relleno será mucho menor la calicata a realizar. En estos sitios no será necesario una calicata, sino una mínima excavación para determinar la profundidad del estrato resistente donde cimentar el muro.

4.4.4.2-Ensayo de calificación de material. No será necesario realizar esta prueba.

4.4.5- Descripción conceptual de la solución del problema

El problema descrito se produce por dos circunstancias actuando aisladamente o en forma simultánea:

- a La elevada pendiente transversal del relleno en el tramo del problema
- b La elevada pendiente transversal, del guindo.
- c Erosión del pie del relleno, producida por deficiencias en el drenaje.

Con el fin de solucionar el problema planteado se deben implementar estas acciones:

- c¹ Eliminar los materiales inadecuados que forman el relleno en el sector del extrangulamiento de la vía. Material que debido a estar descompactado y posiblemente contaminado (con material arcilloso), y conteniendo agua en exceso,

no posee la capacidad de transmitir las acciones ejercidas por los vehículos hacia las capas inferiores. Eliminar este material y alcanzar el terreno firme, futuro asiento del nuevo relleno.

- c² Profundizar (sobre excavar) un espesor adecuado, del orden de entre 20 cm a 50 cm (dependiendo de las características del material), de tal forma de asegurar que el nivel de cimentación (del futuro muro) es el adecuado cumpliendo requerimientos de resistencia.
- c³ Rellenar el volumen desalojado por la eliminación de los materiales: tanto los materiales del relleno como de la sub-excavación. Este relleno debe ser en dos partes:
- c^{3a} Construir un muro de contención; De mampostería de piedra bolón (ver plano adjunto).
- c^{3b} Rellenar el volumen comprendido entre el muro y la estructura no tocada del camino existente, empleando material adecuado, (material selecto compactado por capas).

El relleno debe ser realizado con ciertos recaudos por tratarse de un espacio reducido y empleando material selecto, lo que se indicara en apartado siguiente.

4.4.6-Diseño de la solución (Muro de Contención de Mampostería)

Tal como hemos dicho el problema de punto de estrechez de la vía, desestabilizado en sector con deficiencia en la cimentación del relleno de tierras, posiblemente debido elevadas pendientes en el guindo contiguo. Este problema se soluciona por medio de tres actividades principales:

- 1 La eliminación del material inadecuado alterado que se fue generando durante la desestabilización.
- 2 La profundización del la explanada hasta encontrar un estrato firme apto para cimentar la nueva estructura (el Muro y el relleno).
- 3 La construcción de Muro de Contención, de mampostería de piedra bolón.
- 4 La colocación del relleno con material selecto en el volumen generado luego de realizar la ejecución del Muro de Contención.

Pasemos ahora a definir los materiales a emplear y los procesos constructivos del muro, espesores de las nuevas capas y procesos de colocación.

Material a emplear

En primer lugar se deberá localizar los materiales necesarios. Es necesario contar con materiales pétreos en diferentes tamaños, comúnmente denominados bolones, calibrados es decir separados en conjuntos por tamaños diferentes.

Se debe realizar un proceso de clasificación por tamaños para luego ser empleados en la construcción del muro de mampostería de bolones. (Nota: Si se logra obtener en las cercanías, se puede emplear material triturado o producto de corte por voladura).

Clasificación / producción de tres conjuntos de bolones organizados por su tamaño según el siguiente detalle:

Bolones de tamaños grandes, comprendidos entre los 20 cm hasta los 30 cm.

Bolones de tamaños medios, comprendidos entre los 10 cm y los 19 cm.

Bolones de tamaños pequeños, comprendidos entre los 2 cm y los 9 cm.

Ejecución del Muro de Mampostería: Para proceder a la construcción del muro de mampostería se debe tener los siguientes recaudos y realizar las siguientes tareas:

- 1 Replantear con precisión las dimensiones del muro a nivel del cimientto (ver planos)
- 2 Colocar una primera capa (de regularización del nivel de asiento), de bolones pequeños en el fondo, de un espesor de 10 cm, amarrados (unidos) con mortero de cemento. Esto se denomina concreto de limpieza (u hormigón de limpieza).
- 3 Continuar con la construcción del muro de mampostería de piedra bolón, según indicado en los planos adjuntos.
- 4 Drenajes (llorones). Con el fin de evitar presiones de agua por saturación de terreno del relleno, en la cara interior del muro, se deberán instalar (a medida que el muro se van construyendo), tubos pasantes con salida del lado exterior y con pendiente para facilitar el escurrimiento del agua. Se emplearán tubos de pvc de 5 cm de diámetro y se dispondrán en tre bolillo con separación 1 m.

Relleno de excavación con material selecto: Para proceder al relleno de la caja generada entre el muro de nueva construcción y la carretera existente, se debe tener los siguientes recaudos y realizar las siguientes tareas:

- 1 Colocar una primera capa (de regularización y filtro), de bolones pequeños en el fondo, de un espesor de 20 cm

- 2 Colocar sucesivas capas de relleno compactado empleando material selecto; Capas de un espesor de 20cm compactadas.
- 3 Filtro: colocar una capa de drenaje contigua al paramento interior del muro, compuesta por una capa de 30 cm de grosor formada por bolones empleando bolones pequeños; Esto facilitara la salida del agua de saturación que pudiera acumularse entre el relleno de material selecto y la cara interior del muro.

4.4.7 -Especificaciones técnicas de los materiales y procesos involucrados para el correcto desarrollo del proyecto. Considerando el empleo de Mano de obra intensiva

Personal de dirección: La alcaldía debe disponer de personal técnico de la misma para dirigir las actividades o contratar un maestro de obra con experiencia comprobada para dirigir estas actividades. Este personaje es posiblemente el más importante del equipo, que debe asegurar la calidad de los procesos a ejecutar durante la ejecución de la obra.

Empleo de Mano de obra intensiva: Los volúmenes de obras para estas actividades son en general de pequeña magnitud. El empleo de mano de obra es lo más aconsejado para estas obras pues se lograran varios beneficios. La alcaldía debe apoyar al proyecto y disponer de camiones para transportar el material, tanto el material de botado, como el material para la ejecución, hasta el pie de la obra y/o botadero. Los camiones deben ser cargados a mano, tanto en cantera (o rio), como descargados a mano en la obra lo más cercano posible al punto de empleo. Idem para el material de botado.

Las actividades podrán ser realizadas con mano de obra intensiva. La idea de estos proyectos es dar trabajo a la gente del lugar. De esta forma se bajan los costes de escala, se capacita al personal “haciendo” y se logra haberlos entrenado para las futuras acciones de mantenimiento, con toda seguridad, necesarias.

Se debe realizar una inducción comunitaria previo al inicio de la fase construcción del proyecto, de tal forma que se seleccione un grupo de comunitarios varones, en equipos de 8 a 10 personas por grupo, para que en turnos alternos sean los que ejecuten los trabajos. Cada grupo debe disponer de un puntero, o líder de grupo. Se desea contar con algún personal ya con experiencia alguna.

Dimensiones de la excavación: Las excavaciones deberán tener las dimensiones tanto en largo como en ancho necesarias para resolver el problema planteado (según indicado en el plano adjunto). Así mismo en el plano vertical, deberán contar con un sobre ancho en la parte inferior de tal forma de lograr un talud 1x2; Esto aplica fundamentalmente para las sobre- excavaciones.

Botado y disposición final de material: Los materiales de excavación inadecuados deben ser depositados en sitios escogidos para esta actividad. Botaderos deben ser identificados por personal de medio ambiente de la alcaldía, junto con personal de ejecución de proyectos de la alcaldía.

El botado de material podrá ser realizado en terrenos aledaños al punto de ejecución de la obra, solamente se debe cumplir con reglamentación vigente y obtener la autorización del propietario; El material debe ser depositado de tal forma que quede confinado, en posición definitiva plana o similar al sitio natural, y sin posibilidad de ser arrastrado por agua de escorrentía. Se deberán establecer los drenajes del área con el fin de encauzar las posibles aguas de escorrentías, en caso que las hubiere.

Materiales

Bolones: deberán ser de río o de trituración mecánica o natural. Deben estar limpios de contaminación arcillosa (polvo y tierra). Los materiales arenosos no es necesario limpiarlos toda vez que no contengan componente arcillosa.

Fundamentalmente los bolones que deben estar perfectamente limpios son los empleados para esta embebidos en mortero para fabricar la mampostería del muro (cuerpo de muro) y el zampeado de protección en caso que exista.

Ejecución de la mampostería ciclópea: Se deberán emplear los bolones de tamaño máximo, mezclados con los de tamaño menor. Ambos tipos áridos deberán ser mampuestos manualmente y deberán ser aglutinados por medio de mortero de cemento de resistencia media obtenida por la siguiente dosificación en volumen 1:4 (una parte en volumen de cemento, por tres partes en volumen de arena).

Capas de material selecto Compactado: El material de rellano intra muro, el cual será la estructura de la vía pues quedara confinado entre el muro recién construido y la carretera existente, se deberá ejecutarse siguiendo las siguientes directrices. El material selecto deberá ser colocado por capas de como máximo 20 cm de espesor, las cuales deben ser compactadas.

Se podrá colocar inmerso en el material selecto bolones, con el fin de dotar a material de mayor capacidad resistente; Y así aumentar la densidad del conjunto y lograr mayor resistencia y mejorar la estabilidad de tanto de la capa en ejecución, como de la capa que se colocará por encima. Estas capas de selecto (y si fuera deseable con el agregado de bolones), constituyen la estructura de la vía en la zona a rellenar luego de la construcción del muro de mampostería ciclópea en el área a reparar.

Tiempo de espera: Entre la finalización del muro de mampostería y el relleno hasta el nivel y con el fin de que la mampostería adquiriera resistencia, se deberá esperar un lapso de 14 días antes de comenzar a ejecutar la capa de material selecto compactado.

Compactación de capas: Para la compactación de las capas de material selecto se empleará una herramienta manual fabricada en obra, denominada compactador. El compactador es una lata de 1 galón de pintura, la cual se rellena con mortero de cemento y se instala un cabo verticalizado de 1.70 m de altura en el centro, para su manipulación. La compactación de una capa de suelo selecto, se logra imprimiendo un mínimo de 100 golpes/metro cuadrado del compactador desde una altura de 40 cm en un metro cuadrado de material colocado previamente en una capa de máximo 20 cm de espesor. No se deben colocar capas de más de 20 cm pues la energía de compactación no llega a mayor profundidad. Si es posible ejecutar capas de menor espesor, pues la energía de compactación será mayor y se alcanzaran mayores niveles de compactación.

Mortero: Se denomina mortero a la mezcla de arena, cemento y agua en ciertas proporciones. El mortero servirá de amarre de bolones, para formar la mampostería y el zampeado en caso de ser necesario.

Arena para morteros: Debe ser de río y estar perfectamente limpia. En caso de no presentarse limpia naturalmente, se deberá implementar un sistema para limpiar la arena (el lavado de la arena se realizara con agua limpia de río o pozo). Esto es debido a que la resistencia del mortero, se ve altamente condicionada por la limpieza de la arena y del bolón. Así como del contenido de agua al momento del mezclado, la cual no debe ser demasiado abundante. Cuanto más seca es la mezcla del mortero (al momento del mezclado), se lograrán mayores resistencias.

Dosificación de Mortero de Mampostería: con una composición 4x1 (4 partes en volumen de arena y 1 parte en volumen de cemento). Relación agua cemento en peso debe ser del orden del 0.6 (mayores cantidades de agua de mezclado, bajaran la resistencia final).

El mezclado del mortero (arena más cemento), debe ser realizado en batea de madera para evitar contaminación del mortero. O elegir un área sobre la explanada plana, y compactada, y limpia de restos de áridos polvillo arcilla, etc. etc.

El agua de amasado, podrá ser de pozo o de río, siempre que esté limpia razonablemente. No debe emplearse aguas servidas de lavado en viviendas, ni sucias con turbiedad mayor de 30 ntu. Como dato de referencia el lago Cocibolca contiene agua con turbiedad del orden de los 30 ntu. Y el agua que suministra ENACAL para consumo humano tiene una turbiedad menor de 5 ntu.

Elaboración del Muro de Mampostería: El muro de mampostería debe ser elaborado con máximo cuidado con el objetivo de lograr la máxima resistencia y por consiguiente máxima durabilidad. El árido (bolón) debe estar completamente limpio, sin existencia de suciedades ni polvo; Lo más limpio posible y debe ser humedecido con el fin de eliminar la posible resequeidad excesiva del árido. No es conveniente que el árido este completamente empapado, pues variaría la composición del mortero produciendo un efecto indeseable al entrar en contacto con el mortero, el efecto de aumentar la relación agua cemento (que habíamos explicado antes que debe mantenerse en niveles deseablemente bajos). Tampoco el bolón debe estar reseco, pues esta resequeidad absorbería humedad del mortero y este debe contener la humedad de mezclado, necesaria para iniciar la fase de aumento de resistencia del mortero, o fraguado.

Curado: Sin embargo una vez elaborado, el muro luego de 3 horas de terminado (cada día de trabajo de avance en la ejecución), debe comenzar a humedecerse con el fin de evitar que por evaporación se reseque pues se interrumpiría el fraguado. Esta operación debe continuarse por 7 días. Esto es conocido como el curado inicial del mortero. Es decir mantenerlo húmedo todo el tiempo, para lograr la máxima resistencia. Luego de los 7 días el curado puede ser menos intenso, pero prolongarse por 14 días más. A los 21 días se puede decir que el curado se ha finalizado.

Acabados: Llorones o Drenes: los tubos pasantes a través del muro, deben dispones de una pendiente de tal forma de facilitar la salida del agua que se acumule en la parte interna del muro, por saturación del terreno con agua las pendiente sde esto tubos drenantes deberá ser del orden de entre 15 a 25%.

4.4.8-Planos.

(Ver anexo 1: planos)

4.5 ALCANTARILLA

4.5.1 Identificación del problema

Se dice, con razón, que el peor enemigo de las carreteras es el agua. En efecto, tanto las aguas superficiales como las subterráneas causan grandes daños a las estructuras que se hayan construido en el camino o, con mayor razón, en aquellos sitios donde las corrientes de aguas de quebradas cruzan el camino sin que éstos tengan una estructura que las conduzca adecuadamente. A continuación se describirá algunos de esos daños.

Los caminos rurales interrumpen, a lo largo de su trazado, a los cauces naturales que evacuan un determinado volumen o caudal de aguas en una determinada sección

hidráulica. Esta interrupción del patrón natural de desague o flujo normal de la escorrentía superficial, provoca daños al camino dado que éste ha bloqueado su libre escurrimiento a través de lecho del cauce.

Muchos de los problemas de funcionamiento del camino en los sitios donde existentes corrientes de aguas son ocasionados por un mal manejo del sistema de drenaje transversal; estos problemas se agudizan principalmente, en periodos donde las precipitaciones alcanzan su mayor intensidad y frecuencia.

Los daños identificados en estos sitios se resumen en:

Daños a las laderas

La escorrentía superficial, cuyo curso puede ser modificado por la construcción de la carretera, tal vez socave las laderas naturales produciendo cárcavas que pongan en peligro la integridad física de la vía, por lo cual hay que disponer estructuras que eviten esos daños.

También puede ocurrir que el nivel freático sea muy superficial o resulte modificada por la construcción de la carretera, lo cual puede provocar deslizamientos potenciales durante la vida útil de la vía.

Daños a los taludes

Los taludes de los caminos son elementos muy vulnerables a la presencia de corrientes de aguas dado que son parte de la construcción de éstos y no siempre cuentan con las protecciones necesarias para resistir los efectos de socavaciones o erosiones. Los taludes en terraplenes son más susceptibles a daños la saturación de los materiales que lo conforman lo que provoca un arrastre de partículas de suelo cada vez de mayor tamaño, pudiendo provocar la inestabilidad del talud. En los terraplenes, la saturación del material produce fallas semejantes a las de un deslizamiento de tierras.

Los daños mencionados provocan, inevitablemente, una interrupción temporal del tráfico vehicular y peatonal por el sitio donde se produjo el desborde de aguas que dañó el sitio de cruce en el camino. Esto conlleva que el tráfico que exista en la zona deberá a esperar a que el tirante de aguas disminuya para salvar el sitio y continuar con su recorrido normal, si fuese el caso que los daños permitiesen tal acción.

En la figura n° 1 del presente documento, se ilustra los elementos referidos al drenaje que conforman un camino.

4.5.2 Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

a) Visita de inspección

Después de todo evento de precipitación extraordinario producido en la zona, el ingeniero evaluador deberá visitar el o los caminos e inspeccionar los sitios de cruce de escorrentías con el objetivo de identificar la ocurrencia de algún problema causado por el evento, en toda su dimensión y poder contar con los elementos técnicos necesarios para formular la solución al mismo.

La inspección deberá estar acompañada de fotografías vistas de distintos ángulos para soportar el análisis que posteriormente deberá realizar a nivel de gabinete.

Es de suma importancia la entrevista con pobladores cercanos a los daños con el fin de contar con un historial de problemas que pudiesen haber ocurrido en inviernos anteriores, conocer los niveles de inundación en el sitio, la duración del tirante de aguas sobre el camino en el sitio de cruce, etc, con el objetivo de contar con mayores elementos en cuanto a las dimensiones de las causas que originan el problema.

Es importante, también, acompañar la visita técnica de un formulario en el que, de forma tabulada y ordenada, se identifique el problema en cada uno de sus elementos y la severidad del mismo, ilustrándolo con esquemas adimensionales.

b) Análisis de gabinete

Obtenida toda la información recopilada en la visita de inspección técnica, el ingeniero evaluador procederá, sin limitarse a ello, a:

Revisar la información recopilada y extraer de ella todos aquellos elementos que vayan a ser utilizados en la formulación de la solución al problema estudiado.

Estudiar el caso y elaborar un programa de atención al mismo que recoja un esbozo preliminar, a nivel teórico, de la solución a implementar.

Presentación de resultados de la inspección técnica al diseñador quien los analizará y procederá a realizar el desarrollo del estudio y diseño con un sentido técnico de mayor profundidad.

4.5.3 Definición del Tipo de Solución al Problema Estudiado

El técnico evaluador debe contar con los criterios técnicos necesarios para elegir el tipo de estructura que proyectará en el sitio y tomando en consideración el aspecto económico.

Para propósitos de esta Guía, la solución a plantear ante un problema como el descrito precedentemente es la construcción de una estructura de drenaje consistente en alcantarilla con tubería de un diámetro que esté indicado por el cálculo hidráulico correspondiente.

Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente. El diseño de la alcantarilla consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

4.5.4 Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

Definida la solución a implementar referida a la construcción de una obra de drenaje en el sitio, ha de coordinarse la ejecución de las actividades principales de campo:

- a) Levantamiento Topográfico: para efectos de contar con datos de planimetría y altimetría del sitio de drenaje, se deberá de realizar un levantamiento topográfico que cubra los siguientes aspectos:

Establecimientos de dos puntos de control de ser posible georreferenciados con un geoposicionador manual (GPS) con el objetivo de vincular a estos puntos todo el levantamiento de planimetría y altimetría a realizar.

A estos dos puntos se les asignará una elevación mediante una corrida ida y regreso de la elevación tomada de la lectura del equipo geoposicionador para efectos de tener una referencia altimétrica.

Se procederá a levantar una poligonal del eje del camino en una longitud de 100 m a la entrada y salida del sitio de cruce. Este levantamiento de la poligonal se realizará a cada 10 m. Sobre el eje del cauce se levantará una poligonal con una longitud

de 100 m aguas abajo y 100 m aguas arriba, tomando en consideración todos los puntos de inflexión del eje del cauce a cada 10 m o menos, en los casos que sea necesario contar con más detalle del eje.

Sobre estos puntos de la poligonal se deberán levantar las secciones transversales del camino, las cuales se extenderán hasta dos vistas más del cerco existente en el camino y hasta dos vistas más después del borde superior en el caso del cauce.

Se deberá de referenciar físicamente en el sitio de todos los puntos importantes que deban ser protegidos en el proceso de construcción, tales como los BM, inicio sobre el camino, fin sobre el camino, etc.

El topógrafo deberá de plasmar en su cuaderno de campo, mediante un esquema, todos los detalles del levantamiento con el fin de hacer más comprensible el levantamiento realizado.

b) Muestreos de campo y ensayos de laboratorio mínimos a ser realizados

Sondeos Manuales: En cada borde del camino, y sobre el eje del cauce como referencia de alineamiento, se deberá realizar dos sondeos manuales de 0.50 m de diámetro y 1.50 m de profundidad como mínimo para conocer la granulometría de los suelos subyacentes a la superficie o espesor del depósito aluvial en el sitio.

Se debe investigar los materiales de las fuentes de materiales cercanas al sitio de la obra. En este caso, se deberá de tomar dos muestras de material del banco a explotar ya sea por medio de calicatas de lados de 1.50 m por 1.50 m y 1.50 m de profundidad.

Las muestras tomadas de cada sondeo y calicata deberán ser almacenadas en bolsas plásticas por cada estrato distinto que se encuentre para el caso de las muestras de los sondeos y de 25 Kg para las muestras obtenidas de los bancos. Cada una de ellas se identificará con los datos de las profundidades encontradas, el sitio donde se tomó la muestra, la fecha de obtención, el nombre del proyecto, el número de muestra, el número de sondeo o calicata, el nombre del banco de materiales, una estimación del volumen explotable del banco, dueño del banco.

c) Ensayo de calificación de material

Las muestras de los sondeos y de los bancos se analizarán en el laboratorio practicando en ellas los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, clasificación HRB, CBR y Proctor estándar.

d) Dibujo del levantamiento topográfico

Los datos topográficos levantados en el sitio de drenaje serán dibujados en el siguiente orden:

Los puntos levantados con el equipo estación total serán depurados con el fin de contar con información topográfica sin errores de mala codificación del elemento levantado, omisiones de levantado de un elemento para completar su dimensionamiento, etc.

La nube de puntos levantada, se insertará en el software correspondiente para crear, a partir de ella, la base de datos que contendrá la superficie del área levantada, el alineamiento del eje del cauce, el alineamiento del eje del camino, los datos altimétricos de todos los puntos, todo ello estará contenido en el resultado final del dibujo el cual es el plano topográfico.

A partir de este plano topográfico, se procederá a crear las curvas de niveles, los perfiles de los ejes del terreno natural del camino y del cauce, con lo que se tendrá la información para determinar, posteriormente, la rasante proyectada del camino y del cauce. En el caso de la rasante del cauce, se utilizará para contar con la pendiente que cruza el camino, que será la pendiente de la tubería que compondrá la alcantarilla, y se podrá obtener los valores del invert de entrada y salida, una vez definida la longitud de la alcantarilla.

Obtenido el diámetro de la o las tuberías que compondrán la estructura de drenaje, se procederá a elaborar el plano de proyección de esta obra con los datos relevantes tales como invert de entrada y salida, estacionamiento de la alcantarilla con relación al eje del camino, longitud derecha e izquierda de la alcantarilla, nivel de rasante del eje del camino, esviaje si fuese el caso de que el eje del cauce no fuera normal al eje del camino.

e) Estudio hidrológico e hidráulico

Tomando como guía el Anexo N° 1 Guía de ejemplo de diseño y cálculo de alcantarilla, se podrá determinar la sección hidráulica en el sitio en estudio y a partir de esta información se podrá determinar el diámetro de la o las tuberías que contendrá la alcantarilla.

4.5.5 Descripción conceptual de la solución del problema

Definido el diseño de la alcantarilla, se procederá a dibujar los detalles de la obra de alcantarilla con las dimensiones adecuadas al diámetro de la o las tuberías contenidas en ella.

Con estos detalles, que se muestran en la lamina N° 6, se ha de organizar los recursos humanos y técnicos para la construcción de dicha obra.

4.5.6 Diseño de la solución de Alcantarilla; Especificaciones Técnicas

El procedimiento para esta construcción, de manera general, es el siguiente:

Limpieza general del sitio de la obra: esta actividad consiste en el retiro del sitio todos los sedimentos existentes, ramas, arboles o cualquier otro obstáculo que las corrientes de agua pudieran haber depositado en el sitio y que obstaculicen la construcción de la obra.

Apoyados con la topografía se procederá a replantear los datos planimétricos de la alcantarilla tales como: eje de cauce, estacionado del eje de alcantarilla y camino, ejes de tuberías, niveles de invert de entrada y salida, con el fin de tener elementos para la construcción de la obra.

Como trabajo preliminar, una vez conformado el fondo del cauce donde descansará la tubería, se procederá a colocar el espesor de arena indicado en los planos que servirá de lecho donde se asentará la tubería.

Se deberá colocar la o las tuberías con el eje de cauce replanteado y con los niveles de invert también previamente replanteados. Este trabajo deberá de iniciarse de aguas abajo hacia aguas arriba y ubicando la campana del tubo en el sentido de las corrientes de aguas.

Se deberá comenzar en el extremo de aguas abajo y se colocará el extremo de campana o ranura en dirección de la entrada. Se unirán en forma completa todas las secciones. La tubería circular con refuerzo elíptico será colocada con el eje menor del refuerzo en posición vertical. Las juntas serán construidas conforme a uno de los métodos siguientes:

- a) Juntas con Mortero.- Límpiase la parte inferior del extremo del tubo receptor. Revóquese la parte interior con suficiente mortero para juntas, a fin de que las superficies internas de las secciones de tubo que van a ser empotrados queden a nivel y parejas. Acomódense las secciones tan juntas como la construcción de la alcantarilla lo permita. Rellénense y séllese las juntas con mortero por dentro y por fuera. Límpiase el exceso de mortero de la parte interna de la junta. Cúrese el mortero de fuera de las juntas cubriéndolas con hojas de polietileno, o rociándolas con un compuesto para curar. Colóquese el relleno mientras el mortero esté plástico o, si el mortero fragua antes de rellenar el tubo, espérese, al menos, 24 horas antes de colocar el material de relleno.

Posteriormente se procederá a construirse el muro cabecal de mampostería, aletones y delantal en ambos lados de la tubería.

Relleno.- Los materiales para el relleno a cada lado de la tubería, en todo el ancho de la zanja y hasta una altura de 30 centímetros por encima de la parte superior de la tubería, estarán formados de tierra fina, fácilmente compactable, o material granular escogido de la misma excavación. El material de relleno deberá llevarse hasta o cerca de su humedad óptima de compactación, colocarse en ambos lados de la tubería y compactarse en capas que no excedan de 15 centímetros después de compactadas hasta llegar a una elevación de 30 centímetros por encima de la corona de la tubería, teniendo el cuidado de compactar adecuadamente el relleno por debajo de los costados de la tubería. El relleno deberá ser construido uniformemente en ambos lados de la tubería, en toda la longitud requerida, y fuera del borde de la zanja, se extenderá hasta un ancho de dos veces el diámetro de la tubería; ó 3.66 m, lo que sea menor. El resto del relleno será construido con material de excavación o préstamo que sea adecuado para la construcción del terraplén.

4.6 TALUDES EN CORTE

4.6.1 Identificación del problema

Tal como comentamos en apartado anterior, el peor enemigo de las carreteras es el agua. En efecto, tanto las aguas superficiales como las subterráneas causan grandes daños a los taludes que se hayan tenido que generar en la etapa de excavación (cortes).

Los caminos rurales, para poder ser establecidos a lo largo de su trazado en una topografía montañosa en general, deben ser ejecutados realizando cortes y rellenos. La actividad más básica en la construcción de un camino es la excavación y relleno de tierras.

Al efectuar cortes, la interrupción del patrón natural de equilibrio de las masas de tierras, provoca desequilibrios lo que suele desencadenar movimientos de masas de suelo y otros efectos y en muchos casos esto produce daños al camino dado que éste se ha visto afectado, incluso bloqueado su libre circulación.

Los taludes de corte de los caminos son elementos vulnerables a la presencia de corrientes de agua y al intemperismo, dado que durante la construcción con toda probabilidad han quedado en estado de desequilibrio o pseudo equilibrio y no suelen contar con las protecciones necesarias para resistir los efectos degradantes del medio ambiente y las nuevas fuerzas internas que tienden a desequilibrarlos.

Muchos de los problemas de estabilidad del camino, tales como caída de rocas, caída de masa de roca o deslizamientos son ocasionados por un incompleto trabajo de estabilización al momento de ejecutar el camino.

Estos problemas se agudizan principalmente, en periodos donde las precipitaciones alcanzan su mayor intensidad y frecuencia. El cambio climático, acentuado en nuestro país, viene generando este tipo de eventos extremos de mayor intensidad.

También puede ocurrir que el nivel freático sea muy superficial o resulte modificado por la construcción de la carretera, lo cual puede provocar inequilibrios y deslizamientos reales o potenciales durante la vida útil de la vía.

Los taludes en corte son de muy variada tipología, tanto en composición natural, geológica, cobertura vegetal, así como en la modificación interpuesta durante la construcción, altura, inclinación, interrupción de los drenajes naturales, etc etc.

Los daños identificados en estos sitios se resumen en:

Caída de rocas asiladas

Los taludes en cortes son susceptibles a daños debido al intemperismo y la saturación de los materiales que lo conforman lo que provoca un arrastre de partículas de suelo cada vez de mayor tamaño, pudiendo provocar la inestabilidad localizada del talud y acumulación en los laterales del camino.

La composición geológica del talud influye decisivamente en el tipo de problema que se podrá presentar.

En ciertos casos, los taludes presentan, debido al intemperismo, lluvia y ciclos de sequedad – humectación y variaciones de temperatura y vientos, el desprendimiento de rocas de tamaños pequeños comprendidos entre 1 a 30 cm.

Caída de masa de rocas

Como hemos dicho la composición geológica y meteorización por intemperismo, unida a la existencia de agua de filtración, puede generar la caída de masas medianas a grandes de rocas. Esto se produce por las condiciones tanto naturales como impuestas durante la construcción, que produce desequilibrios, y estos ayudados por el intemperismo (agua, viento y variación térmica), desencadena la caída de masas de suelo y rocas medianamente grandes, rocas de entre 30 cm a 2m de diámetro aparente.

La saturación del material y el intemperismo induce la producción de fallas de tipo semejante a un deslizamiento de tierras.

Deslizamiento de tierras

Tal como descrito una de las fallas más habituales y estudiadas en la mecánica de suelos, lo constituyen los deslizamientos de tierras. La bibliografía geotécnica trata este tipo de eventos en extenso y en este documento lo abordaremos como un caso práctico, a los efectos de dar soluciones prácticas adaptadas a los caminos vecinales; Empleando mano de obra intensiva, para su solución.

El deslizamiento de suelo se produce cuando el equilibrio interno de la masa de un sector de suelo, se ve sobrepasada por la fuerzas desequilibrantes, lo que origina una cuña de deslizamiento típica tratada en la bibliografía técnica. La resistencia al corte, que tiende a mantener la masa de suelo estable, se ve sobrepasada por las fuerzas gravitatorias desequilibrantes y se produce la cuña de rotura y el deslizamiento de una masa de suelo. Esto en algunos casos, es agravado por la existencia de agua de filtración que minora la resistencia al corte en el suelo, propiciando el deslizamiento.

Interrupción del tráfico vehicular y peatonal por el sitio

Los daños mencionados provocan, en ciertos casos, una interrupción temporal del tráfico vehicular y menos frecuente, peatonal por el sitio donde se produjo la caída que dañó el sitio en el camino. Esto conlleva que el tráfico que exista en la zona deberá a esperar a que las cuadrillas de mantenimiento limpien la zona y restituir la circulación.

4.5.2 Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

a) Visita de inspección

Ante todo evento de falla en talud producido en el camino, el ingeniero evaluador deberá visitar el punto crítico e inspeccionar los sitios del entorno al talud, identificar una acceso viable, subir, si fuera posible a la cumbre del mismo, analizar posibles cruces de escorrentías con el objetivo de identificar la ocurrencia de algún problema inductor a la causa del derrumbe o deslizamiento, en toda su dimensión y poder contar con los elementos técnicos necesarios para formular la solución al mismo.

Identificar el acceso: Considerar que la obra será realizada empleando mano de obra intensiva, con lo cual el acceso al talud cobra importancia para que los trabajadores puedan acceder y realizar las tareas constructivas con relativa facilidad.

La inspección deberá estar acompañada de fotografías vistas de distintos ángulos para soportar el análisis que posteriormente deberá realizar a nivel de gabinete.

Es de suma importancia la entrevista con pobladores cercanos al punto de ocurrencia de los daños con el fin de contar con un historial de problemas que pudiesen haber ocurrido con anterioridad, conocer los cauces naturales, escorrentías nuevas generadas a partir de la construcción del camino y posibles niveles de inundación en el sitio, la duración de los mismo, tirante de aguas y escorrentías en cumbre de talud, bajantes de aguas lluvia, etc, todo ello con el objetivo de contar con mayores elementos en cuanto a las dimensiones de las causas que originan el problema.

Es importante, también, acompañar la visita técnica de un formulario en el que, de forma tabulada y ordenada, se identifique el problema en cada uno de sus elementos y la severidad del mismo, ilustrándolo con esquemas y tomas fotograficas.

b) Análisis de gabinete

Obtenida toda la información recopilada en la visita de inspección técnica, el ingeniero evaluador procederá, sin limitarse a ello, a:

- Revisar la información recopilada y extraer de ella todos aquellos elementos que vayan a ser utilizados en la formulación de la solución al problema estudiado.
- Estudiar el caso y elaborar un programa de atención al mismo que recoja un esbozo preliminar, a nivel teórico, de la solución a implementar.
- Presentación de resultados de la inspección técnica al diseñador quien los analizará y procederá a realizar el desarrollo del estudio y diseño con un sentido técnico de mayor profundidad.

4.5.3 Definición del Tipo de Solución al Problema Estudiado

El técnico evaluador debe de contar con los criterios técnicos necesarios para elegir el tipo de acción / estructura que proyectará en el sitio, tomando en consideración el aspecto técnico y económico.

Para propósitos de esta Guía, las soluciones a plantear ante una problemática como la descrita precedentemente está definida en los planos anexos, donde se proponen tres tipos de soluciones.

CASO I:**Caída de rocas aisladas en taludes rocosos en corte cuasi verticales**

En el caso de presentarse taludes en corte con ángulo de inclinación respecto de la horizontal de entre 75° a 90° y alturas considerables, mayores de los 6 m hasta los 25 m; si las rocas son de dimensiones pequeñas, entre 1 a 15 cm, se podrán instalar mallas ciclón ancladas en la cumbre del talud. Esto evitara el rodaje de estas rocas reteniendo un porcentaje importante de ellas.

CASO II:**Caída de masa de rocas y de suelo y rocas en taludes de mediana a alta inclinación**

En el caso de presentarse taludes en corte con ángulo de inclinación respecto de la horizontal de entre 45° a 75° y alturas considerables, mayores de los 6 m hasta los 15 m; en este caso la solución más adecuada es descargar el talud, por medio de un corte en su cumbre del orden de los entre 3 a 4 o más metros de altura, generando una o más bermas. La profundidad del corte dependerá de las condiciones geométricas del talud, su altura total, la inclinación del mismo. Se deben generar los drenajes (contra cunetas) para evitar aguas estancas y controlar la posible erosión generada por aguas de escorrentías.

CASO III:**Deslizamiento de tierras en taludes de inclinación media a baja**

En el caso de presentarse taludes en corte con ángulo de inclinación respecto de la horizontal de entre 30° a 45° y alturas considerables, mayores de los 6 m hasta los 15 m.

En estos casos la técnica más apropiada es la estabilización por medio de implantación y crecimiento de “gramíneas”.

En la continuidad y búsqueda de alternativas más confiables y económicas se ha recurrido a la biotecnología, que consiste en utilizar materiales vivos (vegetación) que solos o combinadas con obras ingenieriles duras o semiduras han solucionado el problema de la erosión en taludes. Ha demostrado ser muy eficiente y económico pues reduce hasta en un 85% los costos de mantenimiento.

Este método conocido como Sistema Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) planta de origen hindú siendo uno de los métodos naturales más efectivos para la protección ambiental y control de erosión. Evitando con esto los derrumbes y deterioro de laderas, quebradas, canales y taludes.

Bondades del Vetiver (CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES)

El Vetiver es una gramínea de alto rendimiento, pertenece al grupo C4, que requiere mucho sol para su pleno desarrollo, además de ser utilizada en la protección de taludes es útil para la purificación del medio ambiente saturado de CO₂, el que es captado por la biomasa aérea, captando 1 kg/m²/año, es utilizada para la purificación de aguas, empresas de biorremediación, industrias de aceites aromáticos, usuarios de medicinas tradicionales e industrias que la utilizan como combustible, este material tiene un nivel calorífico que supera los 7.000 BTU.

Adaptabilidad

Tiene una amplia distribución ya que se desarrolla en una gama amplia de ambientes, tiene supervivencia a temperaturas que oscilan entre los -9°C a más de 45° C. Crece más rápido en climas cálidos, las precipitaciones con manejo adecuado soporta los 300 mm de precipitación anual aunque prefiere los 700 mm anuales o más, crece muy bien en condiciones húmedas, no soporta más del 40% de sombra limitando su desarrollo, pero recuperándose rápidamente una vez eliminada la sombra, soporta suelos ácidos con pH 3 hasta alcalinos con pH 11.

Se desarrolla desde el nivel del mar hasta alturas de 2,800 msnm, su limitante es principalmente por las bajas temperaturas.

Sistema Radical

El sistema es de crecimiento vertical y no compite con cultivos adyacentes. En óptimas condiciones sus sistema radical puede crecer hasta 5 metros.

Propagación

Es una gramínea que no se reproduce por semillas por lo tanto y es una de sus ventajas no es una planta invasiva, su propagación es por material vegetativo, una macolla dependiendo de su cuidado puede dar de 25 a 50 tallos nuevos en seis meses. En la India existen dos sitios de donde está establecida, al Norte y al Sur, la de norte produce

semillas y son fértiles y la del sur algunas veces produce semilla pero no son viables, de esta zona se tomo el material para distribuirlo en todo el mundo.

Como es un material introducido la obtención de esta gramínea es esencialmente a través de los viveros, que se han dedicado a la propagación de este material por la demanda del mismo, siendo utilizado para el establecimiento de barreras para contener el arrastre de los suelos e infiltración de agua, por la profundidad de sus raíces es utilizada en zonas propensas a deslizamiento porque el sistema radicular amarra fuertemente el suelo penetrando en las fisuras de las rocas siendo muy difícil de arrancar, y su follaje es resistente a la fuerza erosiva de las corrientes de agua.

Para disponer de este material es necesario con anticipación contactarse con los viveros para poder disponer de él, la siembra se deberá realizar a inicios del período lluvioso para asegurarse de su establecimiento y aminorar los costos.

Siembra: En los planos adjuntos se indican las especificaciones de sembrado.

4.5.4 Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

En los siguientes párrafos nos referimos a las soluciones de los casos tipo II. Definida la solución a implementar referida a la excavación de una berma en la cumbre del talud, y la construcción de una obra de drenaje (generalmente una contra-cuneta) en el sitio, ha de coordinarse la ejecución de las actividades principales de campo:

- a) Levantamiento Topográfico: para efectos de contar con datos de planimetría y altimetría del sitio en el talud, se deberá de realizar un levantamiento topográfico que cubra los siguientes aspectos:

Establecimientos de dos puntos de control de ser posible georreferenciados con un geoposicionador manual (GPS) con el objetivo de vincular a estos puntos todo el levantamiento de planimetría y altimetría a realizar.

A estos dos puntos se les asignará una elevación mediante una corrida ida y regreso de la elevación tomada de la lectura del equipo geoposicionador para efectos de tener una referencia altimétrica.

Se procederá a levantar una serie de perfiles del talud iniciando desde el el punto de intersección entre el arranque del talud de corte y eje del camino que abarque toda la

extensión del talud en una longitud igual al del problema identificado más 20m a cada lado adicionales. Este levantamiento se realizará a cada 10 m.

Según sean las dificultades de acceder a la cumbre del talud, será necesario eventualmente, el levantamiento topográfico del acceso.

Sobre estos puntos de la poligonal se deberán levantar las secciones transversales del camino, las cuales se extenderán hasta dos vistas más del cerco existente en el camino y hasta dos vistas más después del borde superior en el caso del cauce.

Se deberá de referenciar físicamente en el sitio de todos los puntos importantes que deban ser protegidos en el proceso de construcción, tales como los BM, inicio sobre el camino, fin sobre el camino, etc.

El topógrafo deberá de plasmar en su cuaderno de campo, mediante un esquema, todos los detalles del levantamiento con el fin de hacer más comprensible el levantamiento realizado.

b) Muestreos de campo y ensayos de laboratorio mínimos a ser realizados

Sondeos Manuales: En cada extremo y en el centro del la cumbre del problema de inestabilidad, se deberá realizar tres sondeos manuales de 0.90 m de diámetro y 1.50 m de profundidad como mínimo para conocer la consistencia y granulometría de los suelos subyacentes a la superficie, evaluando su excavabilidad. Consideremos que el trabajo lo realizaremos empleando mano de obra intensiva, con lo cual el suelo debe ser excavable con herramientas de mano, y debemos identificar las dificultades con las que nos encontraremos en la excavación que pretendemos realizar.

Las muestras tomadas de cada sondeo deberán ser almacenadas en bolsas plásticas por cada estrato distinto que se encuentre para el caso de las muestras de los sondeos deberán contener como mínimo 25 Kg de peso de material. Cada una de ellas se identificará con los datos de las profundidades encontradas, el sitio donde se tomó la muestra, la fecha de obtención, el nombre del proyecto, el número de muestra, el número de sondeo o calicata.

c) Ensayo de calificación de material

Las muestras de los sondeos se analizarán en el laboratorio practicando en ellas los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, clasificación HRB, CBR y Proctor estándar.

d) Dibujo del levantamiento topográfico

Los datos topográficos levantados en el sitio de drenaje serán dibujados en el siguiente orden:

Los puntos levantados con el equipo estación total serán depurados con el fin de contar con información topográfica sin errores de mala codificación del elemento levantado, omisiones de levantado de un elemento para completar su dimensionamiento, etc.

La nube de puntos levantada, se insertará en el software correspondiente para crear, a partir de ella, la base de datos que contendrá la superficie del área levantada, el talud paralelo al eje del camino, el alineamiento del eje del camino, los datos altimétricos de todos los puntos, todo ello estará contenido en el resultado final del dibujo el cual es el plano topográfico.

A partir de este plano topográfico, se procederá a crear las curvas de niveles, los perfiles de los del terreno natural del talud del camino, con lo que se tendrá la información para determinar, posteriormente, la rasante proyectada del camino.

e) Dibujo del acceso a la cumbre del talud

Tal como hemos mencionado anteriormente durante la fase de identificación, se debe encontrar el acceso adecuado para realizar la construcción. Por consiguiente, y según sean las dificultades y longitud del acceso, se deberán dibujar el acceso definido con el fin de minimizar las dificultades constructiva.

Con respecto de los casos I y III las actividades son relativamente más simples.

En el caso I se deberá buscar solamente el acceso a la cumbre y desde allí trabajar el anclaje de la malla triple torsión.

En el Caso III C Vetiver, se deberán seguir las recomendaciones indicadas en los planos en cuanto a alineamientos, distanciamientos, etc. etc.

4.5.5 Descripción conceptual de la solución del problema

Identificado el problema como indicado en los apartados anteriores, y definido el diseño de las soluciones posibles a implementar, el diseñador establecerá cuál de ellas es la más adecuada para el caso concreto y se procederá con la etapa de diseño a dibujar los

detalles de la obra a implementar con las dimensiones adecuadas según el levantamiento topográfico y diseño establecido por el diseñador.

Con estos detalles, que se muestran en el anexo planos, se ha de organizar los recursos humanos y técnicos para la construcción de dicha obra.

En todas las obras se empleara mano de obra intensiva.

Para el Caso II, sobre todo en este caso que la solución radica en realizar unas excavaciones a cielo abierto, en la cumbre del talud que se pretende estabilizar.

4.5.6 Diseño de la solución de estabilización del talud

El procedimiento para esta construcción, de manera general, es el siguiente:

- Limpieza general del sitio de la obra: esta actividad consiste en el retiro del sitio todos los sedimentos existentes, ramas, árboles o cualquier otro obstáculo que se pudieran haber depositado en el sitio y que obstaculicen la construcción de la obra; Incluso esta actividad se extiende al acceso a la cumbre del talud.
- Apoyados con la topografía se procederá a replantear los datos planimétricos del talud tales como: eje del talud por donde se deban de realizar los cortes, ancho del corte, , niveles a los que deba quedar excavado el talud (desde su cumbre), con el fin de tener elementos para poder ejecutar la construcción de la obra.
- Como trabajo preliminar, una vez realizada la limpieza, será la conformación del acceso a la cumbre del talud, ejecutando una camino de 2 metros de ancho y gradas para mejorar las condiciones de circulación de la mano de obra.

Para los casos I y III las tareas son más sencillas:

- **Caso I Protección por medio de malla triple torsión:** se deberán lograr empotrar los pernos de anclaje que sostendrán a la malla triple torsión en la cumbre del talud a unos 3 a 4 m del borde del talud. Se emplearán hierro corrugado de aproximadamente diámetro 15 mm se fabricaran estacas de metal de 70 cm de longitud separadas en 1.00 m, las cuales se empotrarán por medio de mazo logrando un conjunto consistente de puntos de anclaje.
- Se dejara caer la malla rodando por el paramento del talud hasta alcanzar los 3m antes de llegar al pie del talud. Las mallas se amarrarán entre sí.



- Se visualiza el talud protegido con malla galvanizada triple torsión

Caso III: Protección por Vetiver

Los trabajos de sembrado se realizarán conforme se indica en los planos adjuntos.

En la figura que se presenta más abajo, se presenta un esquema alternativo de distribución de plantación donde se puede observar una metodología de ubicación de material vegetativo, en función de la inclinación de talud.

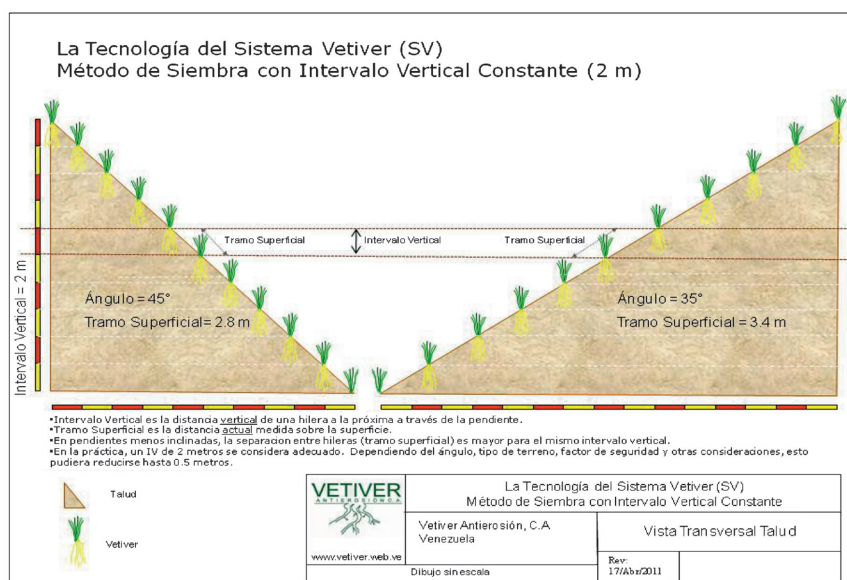


Figura N° 1 Método de Siembra del Vetiver

4.7 DRENAJE LONGITUDINAL:

CONTRACUNETAS, CUNETAS Y SUBDRENAJE

4.7.1 Identificación del problema

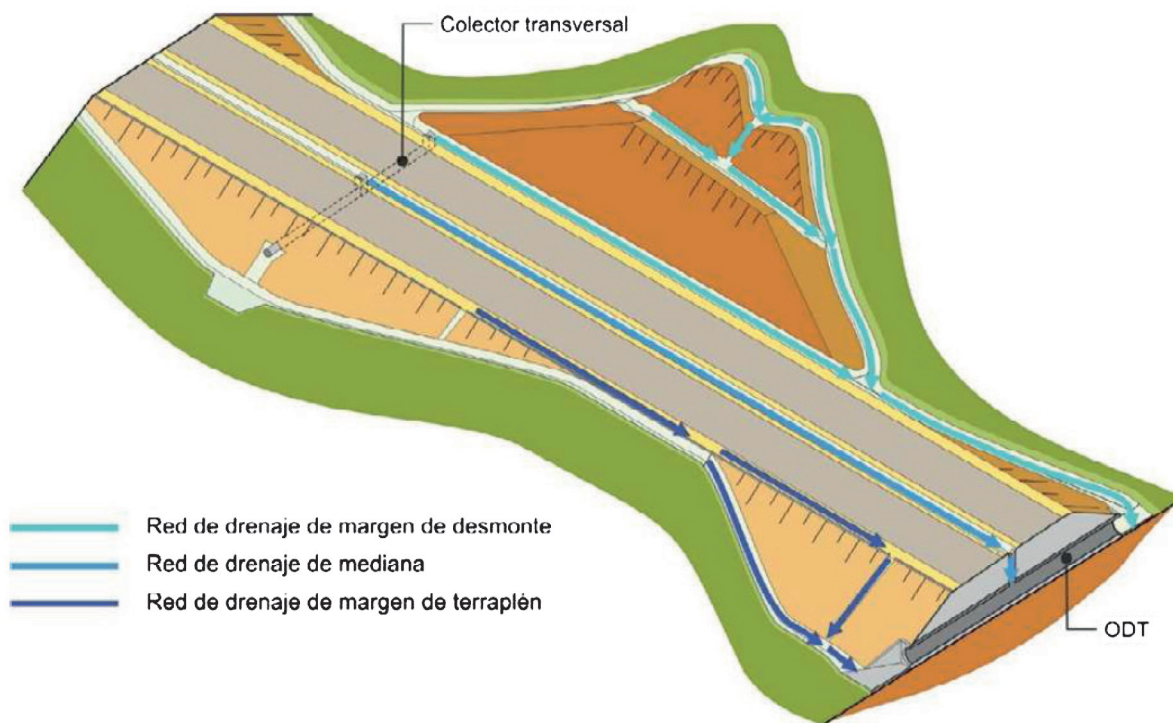


Figura N° 2 Sistema de Drenaje en un Camino

En todo camino existe un sistema de drenaje que debe trabajar eficientemente para lograr que el mismo no se destruya por corrientes de aguas, superficiales o subterráneas mal encauzadas. Se define como sistemas de drenaje de un camino como el dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que puedan afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de dicho camino. Dentro de esta definición se distinguen diversos tipos de obras encaminadas a cumplir tales fines, agrupadas en función del tipo de aguas que pretenden alejar o evacuar: Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad. Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- Dar salida al agua que se llegue a acumular en el camino.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.
- Evitar que el agua provoque daños estructurales.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y la vida útil del camino.

Sobre el camino, y en el área cercana a éste, discurren corrientes superficiales producidas por las precipitaciones pluviales las cuales no tienen un curso bien dirigido sino que desplazan su recorrido longitudinalmente a orillas del camino, o bien, sobre el camino en los casos donde su escorrentía encuentre obstáculos en su recorrido longitudinal. Al área del camino también llegan volúmenes de aguas provenientes de taludes en corte, en los casos en que el camino se encuentre construido a media ladera lo que, sumado a los volúmenes aportados por el área del camino, ayudan a deterioros de la superficie del camino.

También existe en estos sitios críticos, otro elemento que contribuye a desestabilizar los suelos o materiales que componen la estructura de rodamiento el cual es el agua subterránea que aflora, en algunos casos, o se mantiene bajo la plataforma del camino logrando saturar los suelos provocando zonas inestables que, con la acción del tráfico, se tornan intransitables en muy poco tiempo.

Por ello, el drenaje superficial en camino, tiene por finalidad manejar en forma adecuada el agua que proviene de las precipitaciones o en otros casos de afloramientos, así mismo, evitar el deterioro del camino, para lograr un adecuado mantenimiento, a fin de brindar un buen servicio de transporte al usuario.

Las aguas superficiales, ya sea que caigan directamente sobre el camino o que lleguen a ella por medio de escurrimiento sobre el terreno adyacente, son evacuadas mediante obras de drenaje superficial; mientras que las aguas subterráneas, resultantes de la infiltración, ascensos en el nivel freático y fenómenos de capilaridad, se remueven a través de sistemas de subdrenajes.

Se identifican, pues, estos tres aspectos en el camino que habrá que atenderse muy tempranamente: ausencia de contracunetas, de cunetas longitudinales y obras de subdrenaje.

Los daños identificados en estos sitios se resumen en:

Daños a los taludes en corte (sin contracunetas)



Las corrientes de aguas sin dirección provenientes de la parte alta de las laderas produce desestabilización paulatina de la ladera expuesta al camino, la cual, es de entenderse, que debió ser modificada para adoptar en ella la sección típica del camino por lo tanto, sufrió cambios en su inclinación y, principalmente, en la estabilidad de los materiales que la componían originalmente. Los daños son originados por las corrientes de aguas que bajan de la parte alta del talud sin control en su escurrimiento, lo que genera erosión progresiva en el área donde se evacúan las corrientes de aguas hasta llegar a un colapso de la masa de tierra expuesta a este daño, invadiendo la superficie del camino.

Daños a la superficie del camino





La ausencia de cunetas longitudinales provoca erosión de los materiales que componen la superficie de rodamiento del camino. Cuando en el camino no existen las cunetas como obras que conducen las aguas ordenadamente fuera de la superficie de rodamiento, los daños principales que se producen son socavamiento de los materiales que componen la estructura de pavimento del camino, lo que genera que las aguas circulen libremente por la superficie del camino incrementando mas el problema al producir surcos longitudinales y baches que tornan en intransitable el camino si no se atiende a éste de forma temprana.

Daños a la estructura de pavimento del camino



Las aguas subterráneas o las afloraciones de aguas de los taludes en corte, son las que mas daños causan a un camino porque las mismas desestabilizan la estructura des pavimento del mismo y lo colapsan muy rápidamente siendo los costos de reparación muy altos. Inicialmente pueden presentarse zonas inestables dentro del área de circulación del camino, las que se van dañando más en la medida que la circulación vehicular utiliza el camino y las aguas subsuperficiales continúan con su escorrentía interna.

Interrupción del tráfico vehicular y peatonal por el sitio

Los daños mencionados provocan, inevitablemente, una interrupción temporal del tráfico vehicular y peatonal por el sitio donde se produjo el desborde de aguas que dañó el sitio de cruce en el camino.

4.7.2 Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

a) Visita de inspección

Es de suma importancia que el técnico evaluador conozca de antemano las condiciones de cada uno de los caminos que le corresponde atender con el objetivo de prevenir, de forma muy temprana, un daño mayor a los elementos del camino ocasionado por las escorrentías superficiales o subterráneas. Debe identificar el daño más notorio que presenta el camino y las características topográficas en el sitio en estudio así como la ausencia de las obras que deberían estar construidas en el sitio para mitigar o eliminar el efecto de daños.

Con la ayuda de mapas del municipio, debe graficar e identificar aquellos sitios críticos de los caminos que necesariamente requerirán atención en el diseño y construcción de algún tipo de obra de drenaje para disminuir los riesgos de desastres en el camino.

Después de todo evento de precipitación extraordinario producido en la zona, el ingeniero evaluador deberá visitar el o los caminos e inspeccionar los sitios de cruce de escorrentías con el objetivo de identificar la ocurrencia de algún problema causado por el evento, en toda su dimensión y poder contar con los elementos técnicos necesarios para formular la solución al mismo.

La inspección deberá estar acompañada de fotografías vistas de distintos ángulos para soportar el análisis que posteriormente deberá realizar a nivel de gabinete.

Dado que los daños por influencia de las aguas subterráneas son serios, es necesario que se acompañe de una brigada de topografía para realizar un levantamiento topográfico que delimite el área de daños y la magnitud de éstos.

Se deberá realizar una detallada inspección de los taludes para detectar posibles problemas de filtraciones.

Es importante, también, acompañar la visita técnica de un formulario en el que, de forma tabulada y ordenada, se identifique el problema en cada uno de sus elementos y la severidad del mismo, ilustrándolo con esquemas adimensionales.

b) Análisis de gabinete

Obtenida toda la información recopilada en la visita de inspección técnica, el ingeniero evaluador procederá, sin limitarse a ello, a:

- Revisar la información recopilada y extraer de ella todos aquellos elementos que vayan a ser utilizados en la formulación de la solución al problema estudiado.
- Estudiar el caso y elaborar un programa de atención al mismo que recoja un esbozo preliminar, a nivel teórico, de la solución a implementar.
- Presentación de resultados de la inspección técnica al diseñador quien los analizará y procederá a realizar el desarrollo del estudio y diseño con un sentido técnico de mayor profundidad.
- La identificación de filtraciones es compleja. Se requiere de análisis profundos realizados en el terreno. Lo más aconsejable es lograr realizar un sondeo, que en primer tanteo será de aproximadamente 1.5 a 2.0 metros de profundo con el fin de constatar e identificar posibles filtraciones. Casos más complejos se deberá realizar un sondeo a más profundidad, los cuales normalmente se realizan empleando maquinaria específica para estas tareas.

4.7.3 Definición del Tipo de Solución al Problema Estudiado

4.7.3.1 Contracunetas



Se debe proyectar la construcción de contracunetas en la cima de taludes en corte de forma paralela al eje del camino, con el fin de evitar que las aguas superficiales aportadas por el área de estos taludes invadan la superficie del talud provocando surcos que devengan en erosiones del talud mismo con daños mayores al camino.

La sección de la contracuneta puede ser trapezoidal o triangular en dependencia del volumen de aguas que evacuaría. Su construcción puede ser de mampostería, concreto o de terreno natural.

4.7.3.2 Cunetas



En el tramo de camino que se encuentre construido a media ladera o en corte, se deberá construir cunetas revestidas con mampostería o concreto y con sección que podría variar entre trapezoidal y triangular.

4.7.3.2 Subdrenaje

En aquellos sitios donde el camino se aloje en taludes en corte y se observe inestabilidad de la superficie de rodamiento, será necesario construir, generalmente en el pie del talud en corte y por debajo de la cuneta revestida, un filtro longitudinal con o sin tubería de acuerdo a los detalles mostrado en la figura N° 2 que se anexa a esta guía.

4.7.4 Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

Definida la solución a implementar referida a la construcción de una obra de drenaje en el sitio, ha de coordinarse la ejecución de las actividades principales de campo:

- a) **Levantamiento Topográfico:** Para los casos de construcción de contracunetas, cunetas y subdrenajes, se ha de realizar un levantamiento topográfico que cubra los siguientes aspectos:

Establecimientos de dos puntos de control de ser posible georreferenciados con un geoposicionador manual (GPS) con el objetivo de vincular a estos puntos todo el levantamiento de planimetría y altimetría a realizar.

A estos dos puntos se les asignará una elevación mediante una corrida ida y regreso de la elevación tomada de la lectura del equipo geoposicionador para efectos de tener una referencia altimétrica.

Se procederá a levantar una poligonal del eje del camino en una longitud tal que cubra todo el talud en corte y 30 m adelante y atrás. Este levantamiento de la poligonal se realizará a cada 10 m.

Se deberá levantar el o los taludes en corte cubriendo con las secciones transversales la cima del talud con 50 m más por encima del borde del talud. Estas secciones deberán levantarse a cada 10 m o menos según la complejidad de la pendiente.

Se deberá de referenciar físicamente en el sitio de todos los puntos importantes que deban ser protegidos en el proceso de construcción, tales como los BM, inicio sobre el camino, fin sobre el camino, etc.

El topógrafo deberá de plasmar en su cuaderno de campo, mediante un esquema, todos los detalles del levantamiento con el fin de hacer más comprensible el levantamiento realizado.

Es muy importante contar con pendiente transversal en el camino, comúnmente llamado bombeo (o peralte). Esta pendiente transversal tiene la función de eliminar lo más pronto posible el agua caída sobre la calzada o plataforma del camino y dirigirla por gravedad, hacia las cunetas o a los laterales del camino. Se distinguen: -El Bombeo en tramos en línea recta, -el Peralte en tramos de camino en curvas. En caminos vecinales y con el fin de agilizar el drenaje del agua, El bombeo debe ser de entre 4 a 6 % y el peralte debe ser de entre el 4 al 6 %. Inclinationes mayores no son recomendables por razones de riesgo a vuelco en vehículos elevados con carga.

b) Muestreos de campo y ensayos de laboratorio mínimos a ser realizados

Sondeos Manuales: en los sitios donde el camino presente zonas inestables, es necesario realizar sondeos manuales para investigar la severidad del daño ocasionado por las corrientes superficiales o subterráneas. También es importante realizar investigaciones de fuentes de materiales que pudiesen ser necesarios para reponer material saturado que se encuentre en la superficie de rodamiento.

Ante indicios de inestabilidades causadas por filtraciones, tal como se mencionado antes, al menos se deberá realizar uno o dos sondeos a una profundidad de entre 1.50 a 2.00 m con el fin de detectar tales afluencias de agua subterránea.

c) Ensayo de calificación de material

Las muestras de los sondeos y de los bancos se analizarán en el laboratorio practicando en ellas los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, clasificación HRB, CBR y Proctor estándar.

d) Dibujo del levantamiento topográfico

Los datos topográficos levantados en el sitio de drenaje serán dibujados en el siguiente orden:

Los puntos levantados con el equipo estación total serán depurados con el fin de contar con información topográfica sin errores de mala codificación del elemento levantado, omisiones de levantado de un elemento para completar su dimensionamiento, etc.

La nube de puntos levantada, se insertará en el software correspondiente para crear, a partir de ella, la base de datos que contendrá la superficie del área levantada, el alineamiento del eje del cauce, el alineamiento del eje del camino, los datos altimétricos de todos los puntos, todo ello estará contenido en el resultado final del dibujo el cual es el plano topográfico.

e) Estudio hidrológico e hidráulico

Tomando como guía el Anexo N° 1 Guía de ejemplo de diseño y cálculo de alcantarilla, se podrá determinar la sección hidráulica en el sitio en estudio y a partir de esta información se podrá determinar la sección transversal mínima necesaria o el diámetro de la o las tuberías que sean capaces de evacuar el flujo proevisto.

4.7.5 Descripción conceptual de la solución del problema

Para el caso objeto de esta guía, las soluciones técnicas son las que se han mencionado anteriormente, a saber:

- Contracunetas: son estructuras de mampostería, concreto o sin revestir que se construyen en lo alto o cima de un talud en corte y que hace aportes de volúmenes de agua hacia el camino.
- Cunetas: son estructuras de drenaje construidas de mampostería, concreto o sin revestir y que tienen como función la evacuación de las aguas aportadas por el talud en corte y por el carril de rodamiento.
- Subdrenaje: son estructuras de drenaje que se construyen en el subsuelo para interceptar las aguas que circulan internamente producidas por vertientes antes que estas puedan alcanzar las capas inferiores del camino y evacuarlas a sitios donde no produzcan daño.

Con los detalles, que se muestran en la lámina correspondiente a Drenajes en el anexo de planos, se ha de organizar los recursos humanos y técnicos para la construcción de dicha obra.

4.7.6 Diseño de la solución de Contracuneta, Cuneta y Subdrenaje: Especificaciones Técnicas. Mediciones

El procedimiento para estas construcciones, de manera general, es el siguiente:

Limpieza general del sitio de la obra: esta actividad consiste en el retiro del sitio todos los sedimentos existentes, ramas, árboles o cualquier otro obstáculo que las corrientes de agua pudieran haber depositado en el sitio y que obstaculicen la construcción de la obra.

Apoyados con la topografía se procederá a replantear los datos planimétricos de estas estructuras de drenaje tales como: inicio de la estructura, fin de la estructura, sitio de descarga, con el fin de tener elementos para la construcción de la obra.

Dado que cada estructura de drenaje es distinta una de otra, se describe cada una de las soluciones propuestas:

Contracuneta:

- Construir la contracuneta en los lugares donde el camino se encuentra a media ladera o en zonas de corte en ambos lados. Esta obra se debe construir en la parte alta del talud en corte. El revestimiento que se construye puede ser de mampostería, concreto o solamente sin revestir.
- Dado que esta obra se construye a grandes alturas, es conveniente construir disipadores para reducir la velocidad del agua, tal como se muestra en la lámina correspondiente a drenajes.

Cuneta:

- Construir la cuneta en el pie del talud en corte procurando que la misma tenga una buena pendiente capaz de desalojar rápidamente los volúmenes de aguas que lleguen a la misma.
- El material de revestimiento de las cunetas puede ser de mampostería de piedra bolón, concreto o simplemente sin revestir.
- Para el caso de revestimiento de las cunetas con mampostería, empótrense las piedras del revestimiento en el lecho siguiendo un patrón irregular con juntas no continuas a través del cauce o paralelas a la línea de flujo. Háganse las juntas de 25 a 50 mm de ancho. Se deberá colocar las piedras con las caras planas hacia arriba y la dimensión más larga en ángulo recto con la línea central del cauce.
- Se deberá golpear cada piedra hasta que quede firme y razonablemente alineada con la superficie de la rasante, y la sección transversal correspondientes.
- Se deberá de rellenar las juntas con relleno granular hasta aproximadamente 100 mm de la superficie. Viértase y acomódese el mortero con escoba dentro de las juntas hasta que esté a 13 mm debajo de la superficie. Límpiase el exceso de mortero de la superficie.

Subdrenaje:

- Las zanjas para la instalación de la tubería de los subdrenes, serán excavadas según las dimensiones y niveles que indiquen los planos o como fuere ordenado por el Ingeniero. En todo el ancho y longitud del fondo de la zanja deberá colocarse una capa de material granular de relleno, debidamente compactada, con un espesor mínimo de 15 centímetros, para que sirva como asiento de la tubería del subdrén.
- Todas las raíces que se encuentren en las paredes o el fondo de las excavaciones deberán ser cortadas al ras. La excavación de las zanjas se comenzará por el extremo de descarga del subdrén de tal modo que se mantenga drenada durante su construcción.
- La tubería perforada deberá ser colocada con las perforaciones hacia abajo en toda su longitud, excepto los últimos tres metros del extremo de salida, que pueden ser de tubería sin perforaciones. Los tramos de tubería serán empalmados firmemente por medio de accesorios o uniones adecuados.
- La tubería no perforada se colocará con la campana aguas arriba y con las uniones abiertas, forradas con material adecuado de manera que permita el paso del agua, o sin forrar según se especifique. Las secciones finales aguas arriba de todas las tuberías de subdrén instaladas, deberán ser taponeadas para evitar la entrada de materiales del suelo.

- Luego de colocar la tubería, se deberá colocar el material de relleno granular hasta una altura de 30 centímetros encima de la corona de la tubería. Se deberá tener cuidado de no desplazar la tubería ni el material que recubre las juntas abiertas. El resto del relleno granular se seguirá colocando y compactando en capas con un espesor máximo de 15 centímetros, hasta la altura que se requiera. Cualquier parte restante de la zanja encima del relleno granular será llenada con material granular o con material impermeable, según se especifique y también será compactado completamente.
- El material pétreo graduado colocado en la zanja por encima del tubo perforado, deberá ser cubierto por una membrana de geotela del tipo no tejido con el fin de evitar que los materiales finos arrastrados por las mismas corrientes de aguas subterráneas, colmaten los intersticios o vacíos existentes en el agregado y de paso únicamente al agua a desalojar.

4.8 CAJA MAMPOSTERIA Y CONCRETO

4.8.1 Identificación del problema

En los sitios donde el camino se ve interceptado por corrientes de aguas evacuadas por cauces naturales, siempre existirá el problema de ruptura del camino por desborde de las aguas en los casos en que en dicho sitio no exista una obra de drenaje capaz de evacuar las aguas de aguas arriba hacia aguas abajo ordenadamente.

Los daños identificados en estos sitios se resumen en:

Daños a las laderas

La escorrentía superficial, cuyo curso puede ser modificado por la construcción de la carretera, tal vez socave las laderas naturales produciendo cárcavas que pongan en peligro la integridad física de la vía, por lo cual hay que disponer estructuras que eviten esos daños.

También puede ocurrir que el nivel freático sea muy superficial o resulte modificada por la construcción de la carretera, lo cual puede provocar deslizamientos potenciales durante la vida útil de la vía.

Daños a los taludes



Los taludes de los caminos son elementos muy vulnerables a la presencia de corrientes de aguas dado que son parte de la construcción de éstos y no siempre cuentan con las protecciones necesarias para resistir los efectos de socavaciones o erosiones. Los taludes en terraplenes son más susceptibles a daños la saturación de los materiales que lo conforman lo que provoca un arrastre de partículas de suelo cada vez de mayor tamaño, pudiendo provocar la inestabilidad del talud. En los terraplenes, la saturación del material produce fallas semejantes a las de un deslizamiento de tierras.

Interrupción del tráfico vehicular y peatonal por el sitio

Los daños mencionados provocan, inevitablemente, una interrupción temporal del tráfico vehicular y peatonal por el sitio donde se produjo el desborde de aguas que dañó el sitio de cruce en el camino. Esto conlleva que el tráfico que exista en la zona deberá a esperar a que el tirante de aguas disminuya para salvar el sitio y continuar con su recorrido normal, si fuese el caso que los daños permitiesen tal acción.

En sitios cuya topografía es de escasa pendiente, sitios en llanura, la evacuación de las aguas lluvia se dificulta por el hecho de no disponerse de pendientes francas, adecuadas para evacuar las aguas con velocidad suficiente. Estos problemas suelen producirse en municipios con amplias zonas planas cuya susceptibilidad a inundaciones es alta. En territorios de estas características, se ha podido comprobar que las tuberías circulares suelen absolverse rápidamente (en uno o dos inviernos consecutivos) impidiendo la libre circulación de los caudales para los cuales ha sido diseñada, con los consecuentes daños pues las aguas se dispersan incontroladamente dañando los caminos.

4.8.2 Identificación del área de influencia del proyecto para la identificación de la/s amenaza/s más habituales

c) Visita de inspección

Después de todo evento de precipitación extraordinario producido en la zona, el ingeniero evaluador deberá visitar el o los caminos e inspeccionar los sitios de cruce de escorrentías con el objetivo de identificar la ocurrencia de algún problema causado por el evento, en toda su dimensión y poder contar con los elementos técnicos necesarios para formular la solución al mismo.

La inspección deberá estar acompañada de fotografías vistas de distintos ángulos para soportar el análisis que posteriormente deberá realizar a nivel de gabinete

Es de suma importancia la entrevista con pobladores cercanos a los daños con el fin de contar con un historial de problemas que pudiesen haber ocurrido en inviernos anteriores, conocer los niveles de inundación en el sitio, la duración del tirante de aguas sobre el camino en el sitio de cruce, etc, con el objetivo de contar con mayores elementos en cuanto a las dimensiones de las causas que originan el problema.

Es importante, también, acompañar la visita técnica de un formulario en el que, de forma tabulada y ordenada, se identifique el problema en cada uno de sus elementos y la severidad del mismo, ilustrándolo con esquemas adimensionales.

d) Análisis de gabinete:

Obtenida toda la información recopilada en la visita de inspección técnica, el ingeniero evaluador procederá, sin limitarse a ello, a:

- Revisar la información recopilada y extraer de ella todos aquellos elementos que vayan a ser utilizados en la formulación de la solución al problema estudiado
 - Estudiar el caso y elaborar un programa de atención al mismo que recoja un esbozo preliminar, a nivel teórico, de la solución a implementar
 - Presentación de resultados de la inspección técnica al diseñador quien los analizará y procederá a realizar el desarrollo del estudio y diseño con un sentido técnico de mayor profundidad
-

4.8.3 Definición del Tipo de Solución al Problema Estudiado



El técnico evaluador debe de contar con los criterios técnicos necesarios para elegir el tipo de estructura que proyectará en el sitio y tomando en consideración el aspecto económico.

Para propósitos de esta Guía, la solución a plantear ante un problema como el descrito precedentemente es la construcción de una estructura de drenaje consistente en **una caja con estribos o paredes de mampostería y losa de rodamiento de concreto armado**, aplicable a aquellos caminos que cuentan con una pendiente mínima o están alojados en zonas con una topografía plana.

Esta obra es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: cuadrados o rectangulares. El diseño de este tipo de obra es similar al de la alcantarilla y consiste en determinar la sección hidráulica más económica que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

4.8.4 Trabajos preliminares mínimos a desarrollar previos a iniciar la fase de diseño

Definida la solución a implementar referida a la construcción de una obra de drenaje en el sitio, ha de coordinarse la ejecución de las actividades principales de campo:

- f) **Levantamiento Topográfico:** para efectos de contar con datos de planimetría y altimetría del sitio de drenaje, se deberá de realizar un levantamiento topográfico que cubra los siguientes aspectos:

Establecimientos de dos puntos de control de ser posible georreferenciados con un geoposicionador manual (GPS) con el objetivo de vincular a estos puntos todo el levantamiento de planimetría y altimetría a realizar.

A estos dos puntos se les asignará una elevación mediante una nivelación diferencial ida y regreso de la elevación tomada de la lectura del equipo geoposicionador para efectos de tener una referencia altimétrica.

Se procederá a levantar una poligonal del eje del camino en una longitud de 100 m a la entrada y salida del sitio de cruce. Este levantamiento de la poligonal se realizará a cada 10 m. Sobre el eje del cauce se levantará una poligonal con una longitud de 100 m aguas abajo y 100 m aguas arriba, tomando en consideración todos los puntos de inflexión del eje del cauce a cada 10 m o menos, en los casos que sea necesario contar con más detalle del eje.

Sobre estos puntos de la poligonal se deberán levantar las secciones transversales del camino, las cuales se extenderán hasta dos vistas más del cerco existente en el camino y hasta dos vistas más después del borde superior en el caso del cauce.

Se deberá de referenciar físicamente en el sitio de todos los puntos importantes que deban ser protegidos en el proceso de construcción, tales como los BM, inicio sobre el camino, fin sobre el camino, etc.

El topógrafo deberá de plasmar en su cuaderno de campo, mediante un esquema, todos los detalles del levantamiento con el fin de hacer más comprensible el levantamiento realizado.

g) Muestreos de campo y ensayos de laboratorio mínimos a ser realizados

Sondeos Manuales: En cada borde del camino, y sobre el eje del cauce como referencia de alineamiento, se deberá realizar dos sondeos manuales de 0.50 m de diámetro y 1.50 m de profundidad como mínimo para conocer la granulometría de los suelos subyacentes a la superficie o espesor del depósito aluvial en el sitio.

Se debe investigar los materiales de las fuentes de materiales cercanas al sitio de la obra. En este caso, se deberá de tomar dos muestras de material del banco a explotar ya sea por medio de calicatas de lados de 1.50 m por 1.50 m y 1.50 m de profundidad.

Las muestras tomadas de cada sondeo y calicata deberán ser almacenadas en bolsas plásticas por cada estrato distinto que se encuentre para el caso de las muestras de los

sondeos y de 25 Kg para las muestras obtenidas de los bancos. Cada una de ellas se identificará con los datos de las profundidades encontradas, el sitio donde se tomó la muestra, la fecha de obtención, el nombre del proyecto, el número de muestra, el número de sondeo o calicata, el nombre del banco de materiales, una estimación del volumen explotable del banco, dueño del banco.

Se debe ubicar los yacimientos de piedra bolón para ser utilizados en la construcción de las paredes de la caja y en las obras de protección a la misma.

h) Ensayo de calificación de material

Las muestras de los sondeos y de los bancos se analizarán en el laboratorio practicando en ellas los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, clasificación HRB, CBR y Proctor estándar.

i) Dibujo del levantamiento topográfico

Los datos topográficos levantados en el sitio de drenaje serán dibujados en el siguiente orden:

Los puntos levantados con el equipo estación total serán depurados con el fin de contar con información topográfica sin errores de mala codificación del elemento levantado, omisiones de levantado de un elemento para completar su dimensionamiento, etc.

La nube de puntos levantada, se insertará en el software correspondiente para crear, a partir de ella, la base de datos que contendrá la superficie del área levantada, el alineamiento del eje del cauce, el alineamiento del eje del camino, los datos altimétricos de todos los puntos, todo ello estará contenido en el resultado final del dibujo el cual es el plano topográfico.

A partir de este plano topográfico, se procederá a crear las curvas de nivel a cada 0.50 las menores y a cada 1.0 m las mayores, los perfiles de los ejes del terreno natural del camino y del cauce, con lo que se tendrá la información para determinar, posteriormente, la rasante proyectada del camino y del cauce. En el caso de la rasante del cauce, se utilizará para contar con la pendiente que cruza el camino, que será la pendiente del fondo de la losa inferior de la caja, y se podrá obtener los valores del invert de entrada y salida, una vez definida la longitud de dicha caja.

Obtenida la sección hidráulica de la estructura de drenaje, se procederá a elaborar el plano de proyección de esta obra con los datos relevantes tales como invert de entrada

y salida, estacionamiento de la caja con relación al eje del camino, longitud derecha e izquierda de la caja, altura de la misma, nivel de rasante del eje del camino, esviaje si fuese el caso de que el eje del cauce no fuera normal al eje del camino.

j) **Estudio hidrológico e hidráulico**

Tomando como guía el Anexo N° 1 Guía de ejemplo de diseño y cálculo de alcantarilla, se podrá determinar la sección hidráulica en el sitio en estudio y a partir de esta información se podrá determinar el caudal que cruza en el sitio y la sección hidráulica que sea capaz de evacuarlo.

4.8.5 Descripción conceptual de la solución del problema

Definido el diseño de la caja en este caso, se procederá a dibujar los detalles de la obra con las dimensiones adecuadas al ancho y alto de la sección correspondiente. El diseñador deberá conocer la altura disponible en el sitio y diseñar una caja con una altura adecuada con la altura disponible y obtener o compensar la sección necesaria del cálculo hidráulico, ensanchando lateralmente la caja; Es decir “alto de la sección” definido por las condiciones del terreno y “ancho de la sección” necesario para cumplir requerimientos hidráulicos.

Con estos detalles, que se muestran en la lámina correspondiente, se ha de organizar los recursos humanos y técnicos para la construcción de dicha obra.

4.8.6 Diseño de la solución de la caja de mampostería y concreto; Especificaciones Técnicas.

El procedimiento para esta construcción, de manera general, es el siguiente:

- a)- Limpieza general del sitio de la obra: esta actividad consiste en el retiro del sitio todos los sedimentos existentes, ramas, árboles o cualquier otro obstáculo que las corrientes de agua pudieran haber depositado en el sitio y que obstaculicen la construcción de la obra.
 - b)- Apoyados con la topografía se procederá a replantear los datos planimétricos de la caja tales como: eje de cauce, estacionado del eje de la caja y camino, niveles de invert de entrada y salida, con el fin de tener elementos para la construcción de la obra.
 - c)- Como trabajo preliminar, una vez conformado el fondo del cauce donde descansará la losa inferior, se procederá a colocar el espesor de concreto ciclópeo
-

definido que servirá para que la corriente de aguas cruce de un sentido a otro sin provocar erosión.

- d)- Se deberá colocar las dimensiones de la cja con el eje de cauce replanteado y con los niveles de invert también previamente replanteados. Este trabajo deberá de iniciarse de aguas abajo hacia aguas arriba ubicando las obras iniciales en ese sentido.

Se deberá comenzar a construir la caja siguiendo razonablemente el siguiente orden de trabajo:

- Limpieza del sitio.
- Replanteo de la información geométrica.
- Estabilización del fondo del cauce donde descansara la caja.
- Construcción de la losa inferior de la caja.
- Construcción de las paredes de mampostería de acuerdo a las dimensiones proyectadas en el diseño.
- Alistado y armado del acero de refuerzo de la losa superior.
- Encofrado de la losa superior y colocado de acero de refuerzo.
- Colocación de concreto con la resistencia definida en el diseño, generalmente de 3500 PSI.
- Construcción de aletones de mampostería.
- Relleno de las aproximaciones a la caja con material selecto y compactado a la densidad 95 % proctor estándar.
- Construcción de obras de defensa de la caja.

El tipo de mampostería a utilizar en la construcción de la caja es Mampostería Clase B, que consiste en que las piedras son formadas, acabadas dentro de 19 mm de la línea de escuadría, y colocadas sobre mortero de cemento con relación 1:3.

El concreto a utilizar deberá tener una resistencia de 4000 psi a los veintiocho días.

El acero será de grado 36, alistado, armado y colocado de acuerdo a los arreglos mostrados en los planos de esta guía.

Al colocar la piedra bolón, se ha de colocar la piedra de tal manera que se provea un patrón y color uniforme. Se debe limpiar todas la rocas cuidadosamente y humedecerla inmediatamente antes de colocarlas. Se ha de limpiar y humedecer el lugar de colocación.

El espesor de mortero a colocar entre cada hilada de concreto será entre 20 y 50 milímetros en función del tamaño de la piedra. En este espesor de mortero se ha de colocar las piedras con la cara más larga en posición horizontal y la cara expuesta paralela a la cara de la mampostería. Se ha de rellenar las juntas con mortero de forma que no se desplacen las piedras, si una piedra se desplaza después de la colocación del mortero, se debe remover al piedra, quitarle el mortero colocarla nuevamente con un mortero fresco.

Una vez que la formaleta de la losa superior se encuentre colocada y revisada topográficamente, se deberá colocar el acero cuidando de dejar los espesores de recubrimiento mediante cubos de concreto colocados por debajo de la malla de acero, posteriormente se ha de colar el concreto de una vez en toda la longitud y ancho de la losa. Se ha de vibrar el espesor de concreto con vibradores eléctricos con el fin de eliminar vacíos y conformar una masa de concreto densa y uniforme.

5. APÉNDICES

5.1 APÉNDICE 1 CÁLCULO DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL DE UNA CUENCA USANDO LA FORMULA RACIONAL

Este ejemplo representa una pequeña cuenca hipotética en una zona montañosa del centro del país.

- A) ¿Cuál es la cantidad de esorrentía (descarga) de la cuenca dibujada abajo.
- B) ¿Cuál es la descarga de esta cuenca después de cortar aproximadamente 50% del bosque?

FIGURA: Esquema de una cuenca hidrográfica.

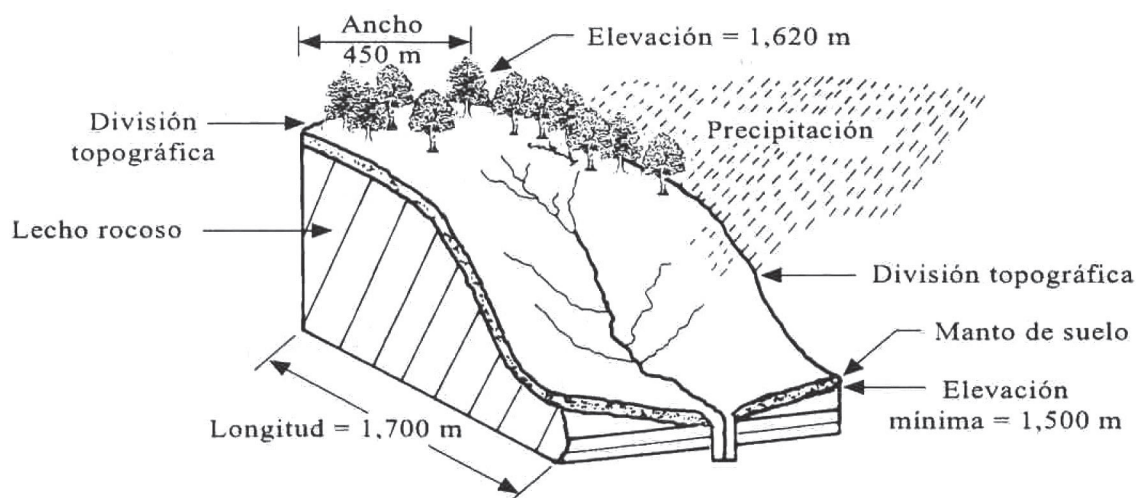


Figura N° 3 Esquema de una Cuenca Hidrográfica

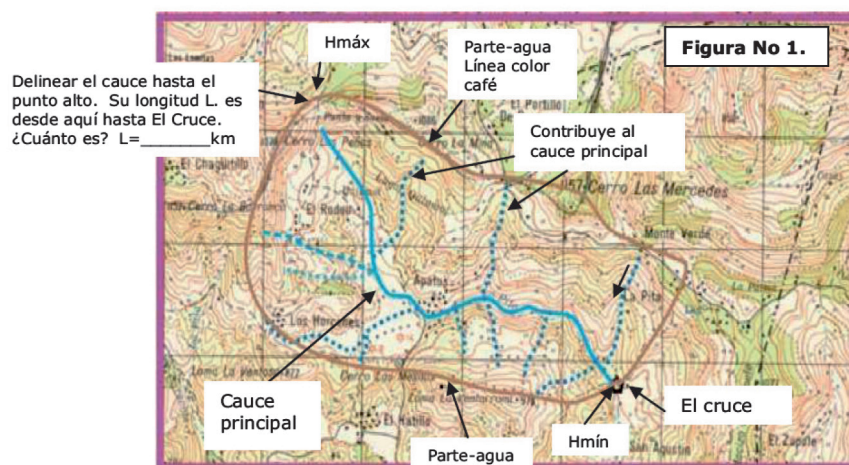


Figura N° 4 Delimitacion de una Cuenca y sus principales elementos

LOS PASOS PARA CALCULAR LA ESCORRENTIA DE UNA CUENCA:

1. Determinar el coeficiente (C) de escorrentía para un bosque de un área con pendiente moderada.
2. Determinar el área de la cuenca.
3. Determinar el cambio (D) de elevación y la longitud de vía de agua.

4. Determinar el tiempo de concentración del flujo.
5. Determinar la intensidad de lluvia para el tiempo deseado (como 2, 5, 10 o 25 años) y por el tiempo de concentración de lluvia calculado en el paso 4.
6. Determinar la carga con la Formula Racional.

***SOLUCION PARA LA PREGUNTA “A”**

Usando la tabla correspondiente, el coeficiente “C” de esorrentía para un bosque de un área con pendiente moderada es igual a 0.15.

Usando el esquema de la cuenca, el ancho es 450m y la longitud es de 1,700m, el área de la cuenca es igual a:

$$\text{area} = (450\text{m}) \times (1,700\text{m})$$

$$\text{area} = \frac{765,000\text{m}^2}{10,000} = 76.5\text{Ha}$$

Usando el esquema de la cuenca la elevación máxima es 1,620m y la elevación mínima es 1,500m pues el D de elevación es igual a:

$$\text{Delevación} = 1,620\text{m} - 1,500\text{m}$$

$$\text{Delevación} = 120\text{m}$$

Usando la figura de tiempos de concentración, para una altura de 120m y longitud de 1,700m el tiempo de concentración es igual a **17.5 minutos**.

Usando la figura de curva idf, para la frecuencia de 25 años y tiempo de concertación de 17.5 minutos la intensidad de lluvia es igual de **75 mm/hora**.

Usando la Formula racional la solución es:

$$Q = \frac{CiA}{362}$$

$$Q = \frac{(0.15)(75)(76.5)}{362}$$

$$\text{Q} = 2.38 \text{ m}^3/\text{segundo}$$

***SOLUCION PARA LA PREGUNTA “B”**

Usando la tabla correspondiente, el coeficiente “C” de escorrentía para una cuenca con mucha pendiente después de cortar aproximadamente 50% del bosque es igual a **0.40**.

Usando el esquema de la cuenca, el ancho es 450m y la longitud es de 1,700m, el área de la cuenca es igual a:

$$\text{area} = (450\text{m}) \times (1,700\text{m})$$

$$\text{area} = \frac{765,000\text{m}^2}{10,000} = 76.5\text{Ha}$$

Usando el esquema de la cuenca la elevación máxima es 1,620m y la elevación mínima es 1,500m pues el D de elevación es igual a:

$$\text{Delevación} = 1,620\text{m} - 1,500\text{m}$$

$$\text{Delevación} = 120\text{m}$$

Usando la figura correspondiente, para una altura de 120m y longitud de 1,700m el tiempo de concentración es igual a **17.5 minutos**. Como hay menos vegetación, es posible que el tiempo de concertación sea menor.

Usando la figura de curvas idf, para la frecuencia de 25 años y tiempo de concertación de 17.5 minutos la intensidad de lluvia es igual de **75 mm/hora**.

Usando la Formula racional la solución es:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

$$Q = \frac{(0.40)(75)(76.50)}{360}$$

$$\text{Q} = 6.34 \text{ m}^3/\text{segundo}$$

EJEMPLO

CALCULO DE ESCORRENTIA SUPERFICIAL DE UN AREA DE DRENAJE DE UN CAMINO RURAL USANDO LA FORMULA RACIONAL.

Para este ejemplo, se tomó una sección hipotética de la parte interna de un camino del departamento de Matagalpa.

A) ¿Cuál es la cantidad de escorrentía del tramo del camino rural en el siguiente dibujo?

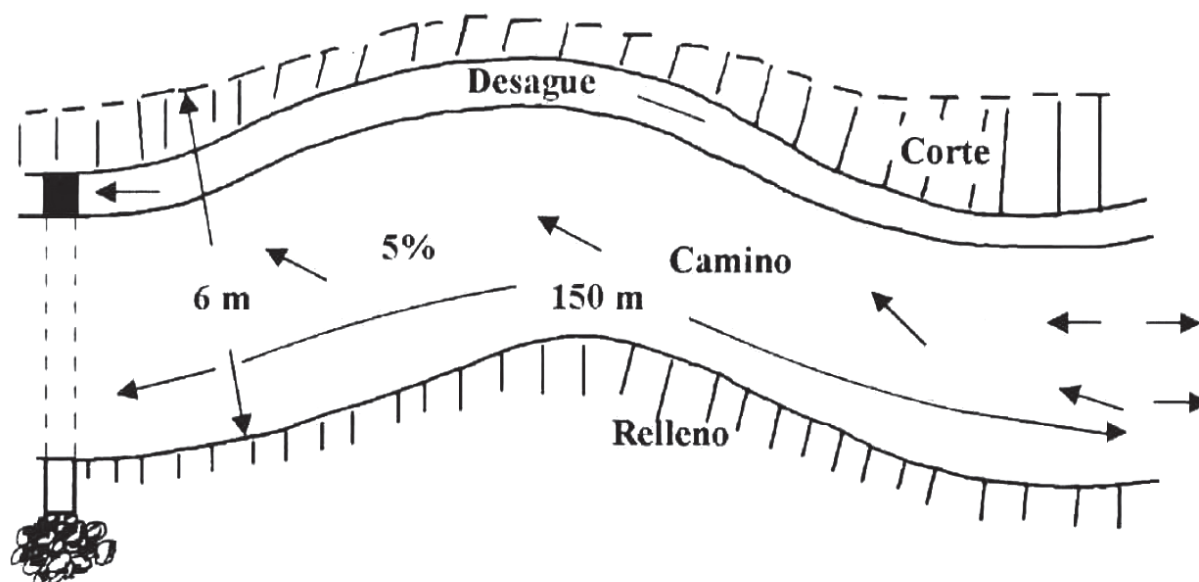


Figura N° 5 Esquema de un Camino Rural

*LOS PASOS PARA CALCULAR LA ESCORRENTIA DE UNA “CUENQUITA”.

Determinar el coeficiente (C) de escorrentía para la superficie de un camino rural con suelo compactado y duro.

Determinar el área de la “cuenquita”.

Determinar el cambio (D) de elevación y la longitud de vía del agua.

Determinar el tiempo de concentración de lluvia (Tc).

Determinar la intensidad de lluvia para el tiempo deseado (como 2, 5, 10 o 25 años) por el tiempo de concentración de lluvia (Tc).

Determinar la descarga con la Formula Racional.

***SOLUCION A LA PREGUNTA “A”**

Usando la tabla de coef. De escorrentia, el coeficiente “C” de escorrentía para un camino rural con suelo compactado y duro es igual a **0.70**

Usando el esquema del camino rural, el ancho es de 6.00m y la longitud es 150.00m, entonces el área de la cuenca es igual a:

$$\text{área} = (6\text{m}) \times (150\text{m})$$

$$\text{area} = \frac{900\text{m}^2}{10,000} = 0.09\text{Ha}$$

Usando el esquema del camino rural, el cambio de la elevación es calculado así:

$$\text{Delevación} = (150\text{m}) \times (5\% \text{ de pendiente})$$

$$\text{Delevación} = 7.5 \text{ m}$$

Usando la figura correspondiente, para la altura de 7.5m y la longitud de 150m el tiempo de concentración es igual a **3 minutos**. (típicamente se usa un tiempo de concentración mínimo de **5 minutos**).

Usando la figura curva de intensidad, para frecuencia de 25 años y tiempo de concentración de 5 minutos la intensidad de lluvia es igual a **155 mm/hora**.

Usando la Formula Racional la solución es:

$$Q = \frac{CiA}{362}$$

$$Q = \frac{(0.70)(155)(0.09)}{362}$$

$$\text{Q} = 0.027 \text{ m}^3/\text{segundo}$$

Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada

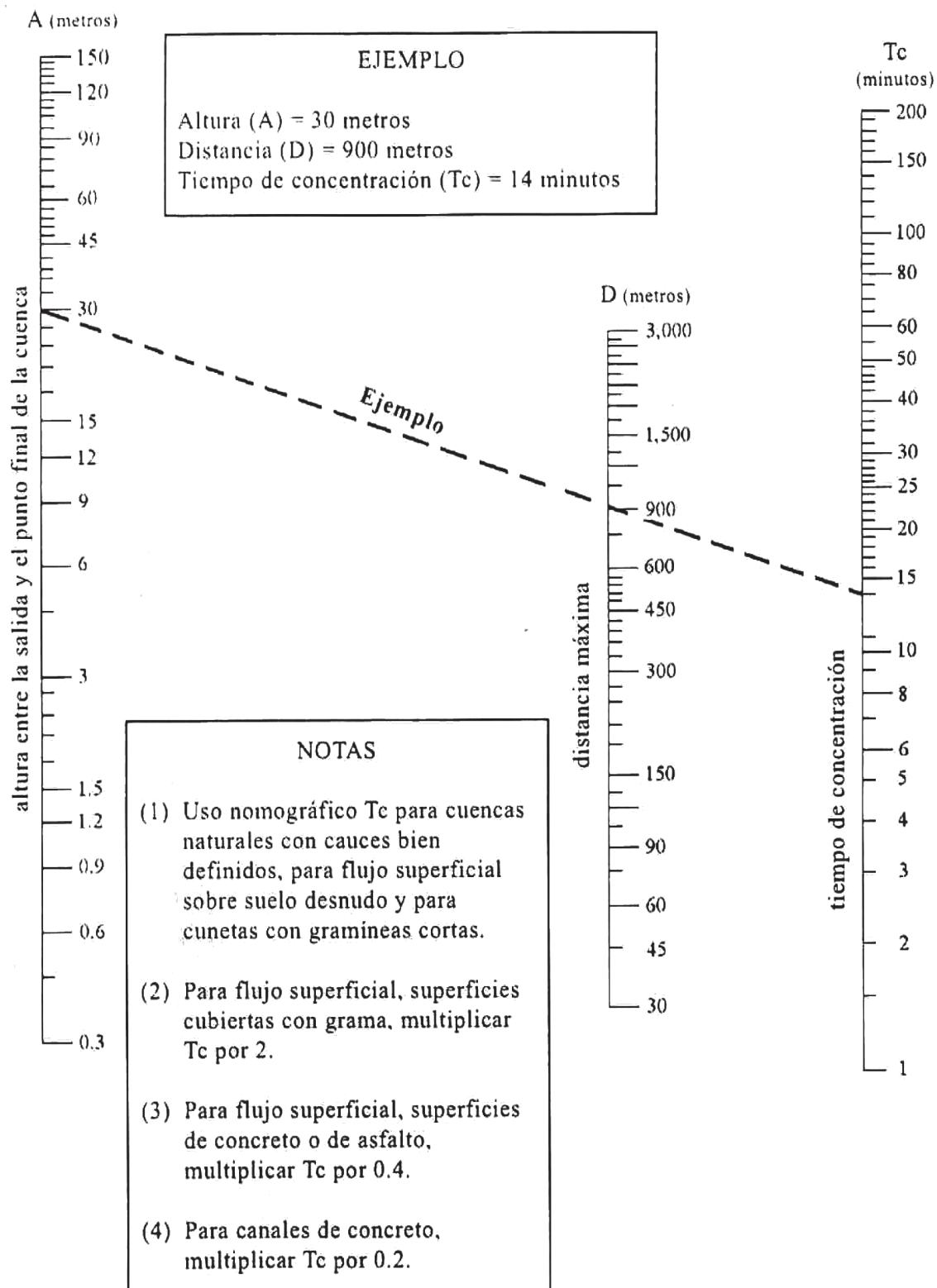
Tabla N° 3 Coeficiente de Escorrentía

Alternativa para casos no contemplados en cuadro anterior: Metodo Racional: Valores de coeficiente de Escorrentia “C”

USO DE LA TIERRA	VALOR DE C
AGRICULTURA	
- Suelo Desnudo	
- Liso	0.30 - 0.60
- Aspero	0.20 - 0.50
- Suelo Cultivado	
- Suelo Pesado sin cultivos	0.30 - 0.60
- Suelo Pesado con cultivos	0.20 - 0.50
- Suelo Arenoso sin Cultivos	0.20 - 0.40
- Suelo Arenoso con Cultivos	0.10 - 0.25
PASTO	
- Suelo Pesado	0.15 - 0.45
- Suelo Arenoso	0.05 - 0.25
BOSQUE	
- Bosques en áreas de terreno plano y praderas	0.05 - 0.25
- Bosques en áreas con mucha pendiente	0.15 - 0.40
- Suelo desnudo en áreas inclinadas y rocosas	0.70 - 0.90
CAMINOS	
- Pavimento de Asfalto	0.80 - 0.90
- Pavimento empedrado o adoquines	0.75 - 0.85
- Pavimento de Macadam	0.25 - 0.80
- Caminos de Acceso	
- Con Balasto	0.40 - 0.80
- Sin Balasto	0.20 - 0.80
AREAS DESARROLLADAS	
- Zonas Comerciales o en el centro de ciudades	0.80 - 0.95
- Zonas Residenciales	0.70 - 0.90
- Parques y Campos Deportivos	0.70 - 0.90

Tabla N° 4 Otros Valores de Coeficiente de Escorrentia

Nonograma p/cálculo tiempo de concentración Metodo Racional



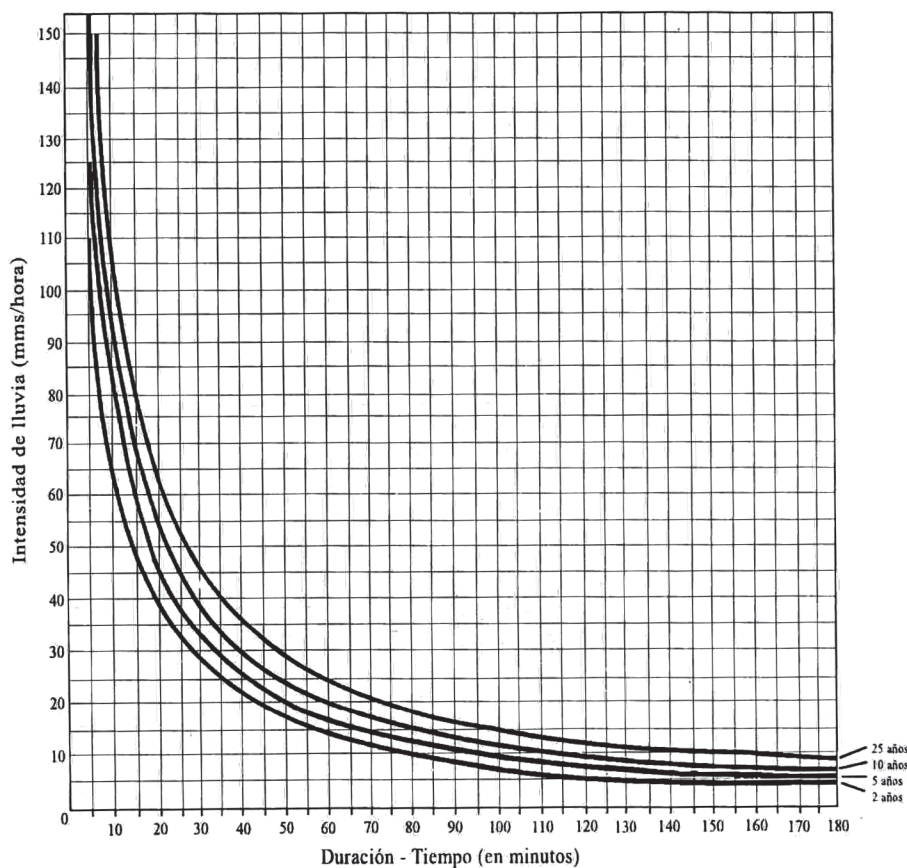
Período de Retorno recomendados en función de clasificación de la vía y tipo de obra

CLASIFICACIÓN DEL CAMINO	AÑOS DE DISEÑO (PERIODO DE RETORNO)				
	2	5	10	25	50
TRONCAL PRINCIPAL					
- Alcantarillas de paso			X	X	
- Alcantarillas de Alivio		X			
- Puentes Grandes					X
- Puente Vado					
TRONCAL SECUNDARIA					
- Alcantarillas de paso				X	
- Alcantarillas de Alivio			X		
- Puentes Pequeños				X	X
- Puente Vado					
COLECTORA PRINCIPAL.					
- Alcantarillas de paso				X	
- Alcantarillas de Alivio			X		
- Puentes Pequeños				X	X
- Puente Vado					
COLECTORA SECUNDARIA					
- Alcantarillas de paso				X	
- Alcantarillas de Alivio			X		
- Puentes Pequeños			X	X	
- Puente Vado					
CAMINO VECINAL					
- Alcantarillas de paso			X	X	
- Alcantarillas de Alivio			X		
- Puentes Pequeños				X	X
- Puente Vado	X	X			

Fuente: Manual p Revisión de Estudios Hidrotécnicos de Obras de Drenaje Menor (MTI)

Tabla N° 5 Periodo de Retorno a ser considerados

Curvas intensidad duración frecuencia



Fórmulas de Intensidad de Lluvia para 2 a 10 años

2 Años

$$i = \frac{977.7}{T + 3.80}$$

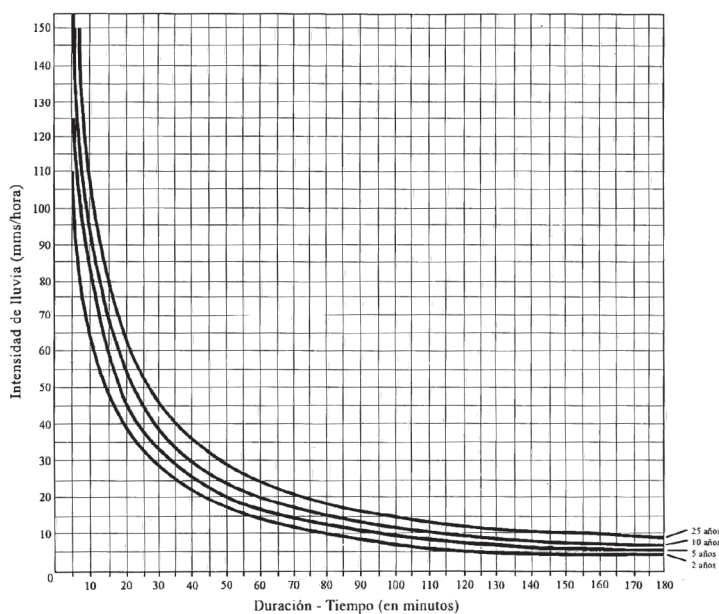
5 Años

$$i = \frac{1,128.5}{T + 3.24}$$

10 Años

$$i = \frac{1,323.5}{T + 3.48}$$

Período de Estudio
1956 - 1964 (9 años)



Fórmulas de Intensidad de Lluvia para 2 a 10 años

2 Años

$$i = \frac{977.7}{T + 3.80}$$

5 Años

$$i = \frac{1,128.5}{T + 3.24}$$

10 Años

$$i = \frac{1,323.5}{T + 3.48}$$

Período de Estudio
1956 - 1964 (9 años)

Figura N° 6 Fórmulas de Intensidad de Lluvias

5.2 APÉNDICE 2 MÉTODO DE TALBOT – FORMULA PARA ESTIMAR EL ÁREA DE DESCARGA A APLICARSE EN UNA ESTRUCTURA DE DRENAJE

El diseño hidráulico de una obra consiste en calcular el área necesaria para dar paso al volumen de agua que se concentra a su entrada, para ello se requiere e un estudio previo que abarca precipitación pluvial, área, pendiente y formación geológica de la cuenca, además del uso que tendrá el terreno aguas arriba de la alcantarilla.

Para calcular el área hidráulica necesaria en una obra de drenaje, se pueden utilizar diferentes métodos, como el Método Racional con uso de la Formula de Manning. Para hacer una estimación preliminar del tamaño de alcantarillas (drenaje menor) generalmente se usa la Formula de Talbot.

La formula de Talbot fue determinada mediante observaciones en zonas de alta precipitación pluvial (máxima 100mm/Ha), en el medio oeste de los Estados Unidos. Su expresión es:

$$a = 0.183CA^{3/4}$$

Donde:

a= área hidráulica necesaria en la obra en metros cuadrados (m²).

A= área de la cuenca en hectáreas (Ha).

C= 1.00 para terrenos montañosos con suelos de roca y pendientes pronunciadas.

C= 0.65 para terrenos quebrados con pendientes moderadas.

C= 0.50 para cuencas irregulares muy largas.

C= 0.33 para terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es de 3 a 4 veces el ancho.

C= 0.20 para terrenos llanos, sensiblemente horizontales, no afectados por inundaciones fuertes.

Nota: En terrenos permeables, estos valores de “C” deben disminuirse en 50%, por lo que además de la formación geológica del a zona se debe conocer el tipo de cubierta vegetal y el uso futuro del terreno.

1. Definir el área de la cuenca

Delimitando la participación de aguas que llegan a la cuenca al medir. Una forma clave de definir esta área consiste en marcar todos los cursos de fondos o cauces de la cuenca, luego delimitar todas las particiones de aguas o divisorias de aguas, deberán ser un circuito cerrado, partiendo desde el punto de interés para el paso por este, luego siguiendo en dirección de las agujas del reloj, por todas las divisorias hasta completar el circuito. El área hidráulica de la cuenca, se puede obtener por diferentes métodos topográficos o utilizando fotografías aéreas, que simplifican mucho los trabajos.

2. Medir el área

La medición para el calculo inmediato puede haberse aproximado; contando la cuadrícula de mercator o del mapa topográfico si se cuenta con instrumentos de mediciones, mejorara la exactitud del calculo (planímetros, curvímetros u otros), debiendo conocer la escala del mapa y las distancias entre cada cuadrícula.

3. Determinar el Coeficiente “C”

De acuerdo la clasificación de colores y simbología de vegetación del mapa se identifica el terreno si es cultivado, bosque, suelo desnudo, pasto, etc. Con las curvas de nivel se establece la forma (montañoso, ondulado, plano) y su pendiente. Usando esta información como base, se selecciona uno de los valores de “C”.

4. Calculo del área hidráulica

Use la formula de Talbot para calcular el área hidráulica.

5. Determinar el área hidráulica necesaria en la alcantarilla: Utilizando el nomograma de la figura correspondiente, en función del área drenada A y el coeficiente C, se obtiene el área hidráulica necesaria en la alcantarilla y si se trata de un tubo, se encuentra su diámetro

La figura 7 nuevamente presenta una solución grafica de la formula de Talbot en medidas americanas, donde las áreas están en acres y pies cuadrados.

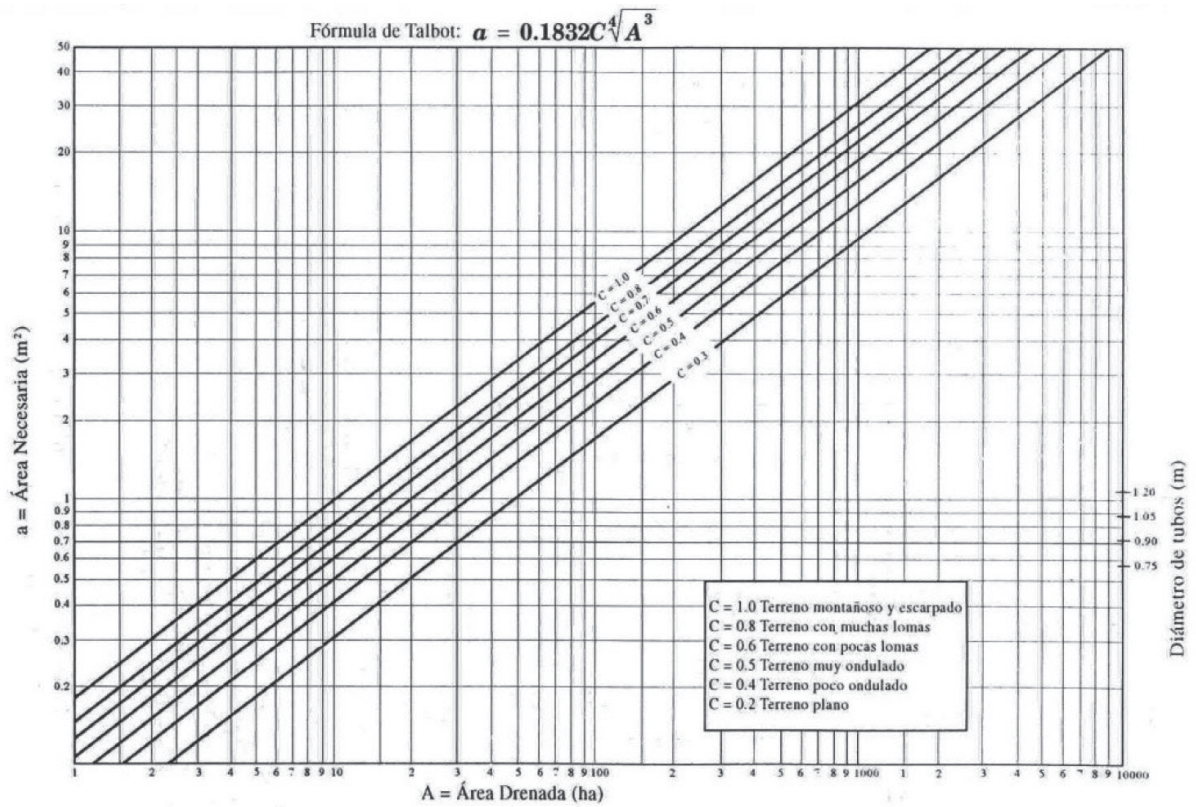


Figura N° 7 Nonograma para resolver formula de Talbot (sistema métrico)

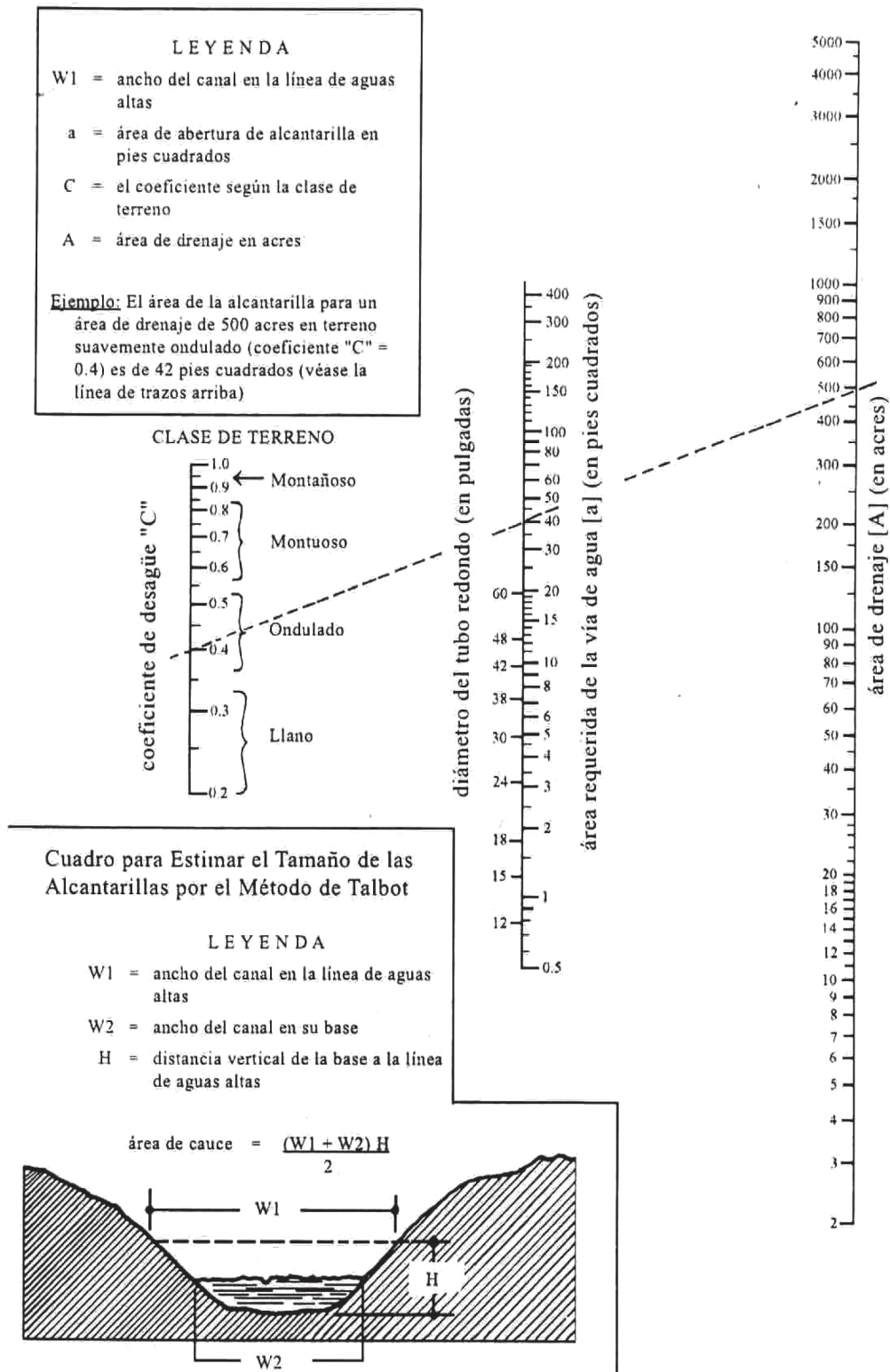


Figura N° 8 Nomograma para resolver la formula de Talbot (sistema Americano)

EJEMPLO

Para este ejemplo, se escogió un camino rural, en el que se desea colocar una estructura en el camino a mejorar sobre la confluencia de dos quebradas, (figura 9).

A) ¿Cuál es el área hidráulica de la obra, necesaria para pasar el flujo de la cuenca?

*PASOS PARA CALCULAR EL AREA HIDRÁULICA

Definir el área de la cuenca.

Medir el área de la cuenca.

Determinar el coeficiente (C) de escorrentía para el terreno de la cuenca.

Determinar el área hidráulica necesaria en la obra con la Formula de Talbot.

*SOLUCION A LA PREGUNTA “A”

Definir el área de la cuenca y marcar los cauces de agua, (figura N° 9).

Medir el área de la cuenca.

La escala del mapa es de 1:50,000 y cada cuadrícula es de 1 kilómetro por lado, contando los cuadrados es aproximadamente:

$$A = 8.20 \text{ CUADROS} = 8.20 \text{ Km}^2$$

$$A = (8.20 \text{ Km}^2) \times (100 \text{ Ha/Km}^2)$$

$$A = 820 \text{ Ha}$$

Determinación de “C”

Conforme las curvas de nivel, se establece que el terreno donde pasa la quebrada es montañoso, sin vegetación con pendientes moderadas y el suelo es predominantemente aluvial, con sedimentación, por lo que no es permeable, así conforme la clasificación de “C” este es:

C= 0.65 (terreno quebrado, pendiente moderada).

Aplicando la formula de Talbot tenemos:

$$a = 0.183CA^{3/4}$$

Datos:

A= 820 hectáreas

C= 0.65

$$a = (0.183)(0.65)(820)^{3/4}$$

$$\mathbf{a= 18.23m^2}$$

Aplicando el nomograma en la figura, se localiza en la horizontal el número de hectáreas (820Ha) y luego el valor “C” de aproximadamente el área de descarga en la coordenada vertical:

$$a= 18.5m^2$$

El área resultante denota que pasa una gran cantidad de agua por lo que la estructura a emplear deberá tener la capacidad y forma adecuada para su eficiencia (caja, bóveda, puente menor o badén).

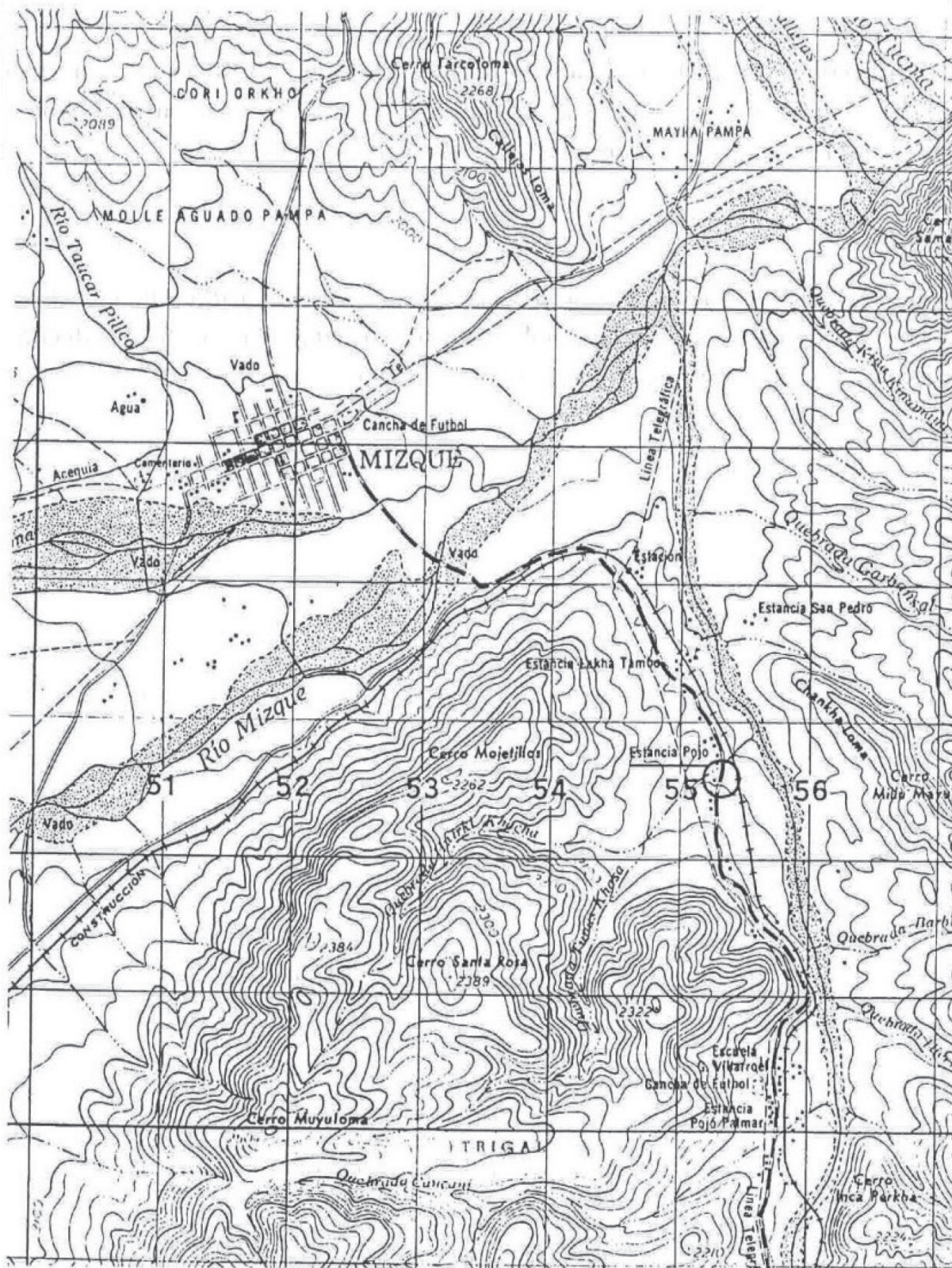


Figura N° 9 Mapa topográfico de cuenca

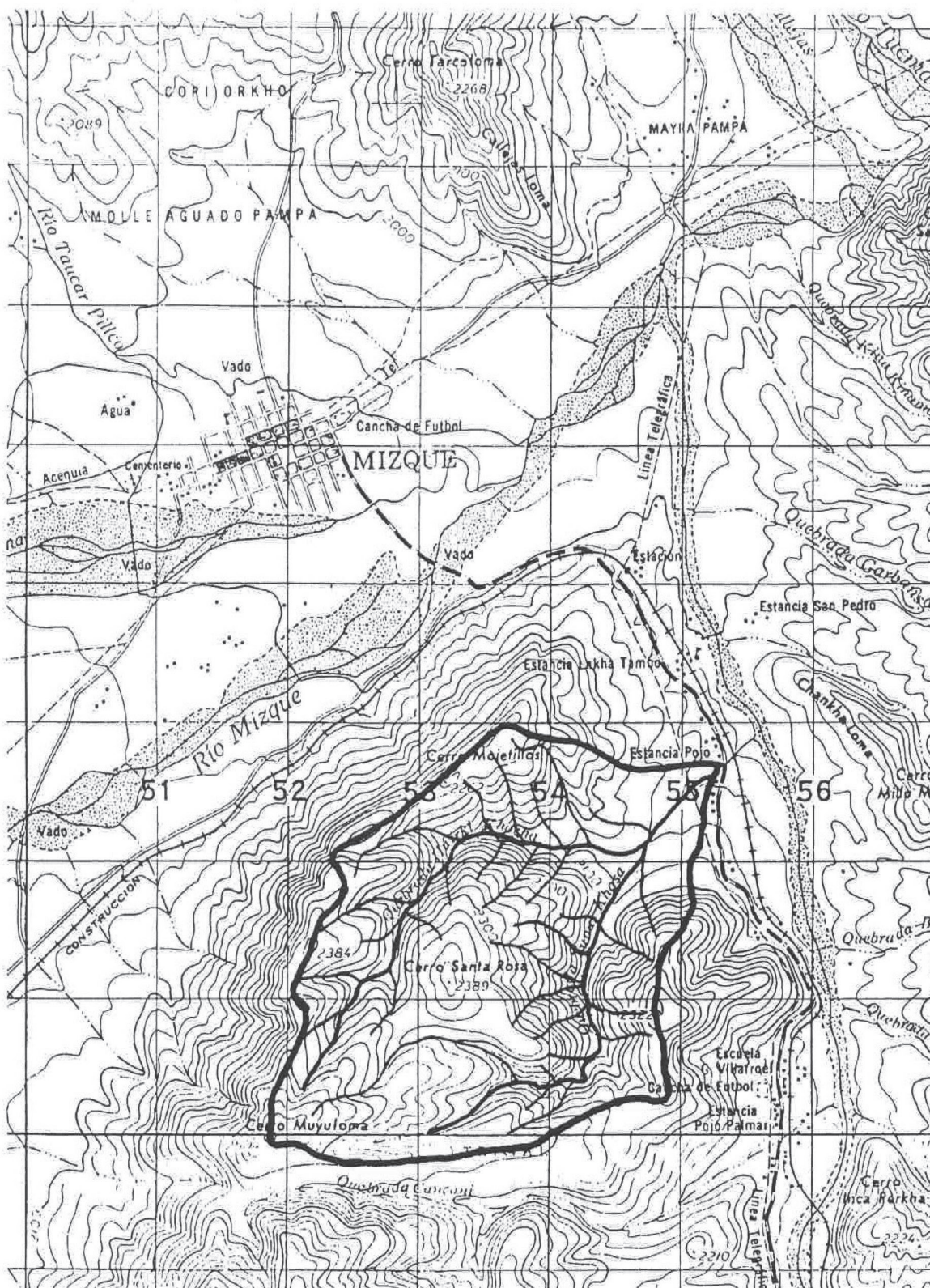


Figura N° 10 Delimitacion de cuenca del ejemplo

5.3 APÉNDICE 3. FORMULA DE MANNING PARA CALCULAR VELOCIDAD DE DESCARGA DE ALCANTARILLAS, DRENAJES NATURALES Y TUBERÍAS

La formula de Manning es una de las ecuaciones mas utilizadas en análisis hidráulico y diseño de estructuras de drenaje. Se aplica a cauces naturales, arroyos, ríos, canales, zanjas, badenes o rampas. En otras formas, se aplica la ecuación también en tubos redondos, trabajando a sección llena pero sin presión.

El agua escurre en un canal de drenaje inclinado por la fuerza de gravedad. La corriente o flujo tienen una resistencia por fricción entre el agua y la superficie mojada del canal. La cantidad de agua fluyendo (Q), la profundidad del caudal, y la velocidad de corriente (V) depende de la forma del canal, rugosidad y pendiente (S). Algunas ecuaciones tienen diversas expresiones de la escorrentía de agua en canales abiertos.

Una de las ecuaciones usuales para diseño de canales en la Formula de Manning, llamada así por Robert Manning, un ingeniero Irlandés. Esta ecuación determina la velocidad principal del flujo, en función de la forma del canal, rugosidad y pendiente.

La cantidad de descarga del canal (Q) es entonces el producto de la velocidad (V) y el área del canal (A). Para resolver la descarga (Q) de drenajes, canales, o alcantarillas se usa la siguiente fórmula:

$$\text{DESCARGA} = (\text{VELOCIDAD}) \times (\text{ÁREA})$$

O

$$Q = (V) (A)$$

Donde:

Q= la cantidad de descarga, en metros cúbicos por segundo (m³/s)

V= velocidad promedio de descarga (metros/segundo) (m/s)

A= área de la sección transversal de cauce (metro cuadrados, m²)

Para calcular la velocidad (V) del flujo en cualquier canal o cauce en la formula de descarga, se debe usar la Formula de Manning.

La Formula de Manning para calcular velocidad de descarga de canales abiertos y drenaje naturales.

Para resolver en metros por segundo:

$$V = \frac{1}{n} (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

Donde:

V= velocidad promedio de descarga (metros/segundo, m/s)

n= coeficiente de rugosidad, (normalmente es 0.04-0.07 para drenajes naturales, ver tabla correspondiente para valores mas específicos de “n”)

R= radio hidráulico (metros) = A/P, donde A y P son:

A= área de sección transversal de canal (m²)

P= perímetro mojado (m)

S= pendiente del canal (metro/metro, m/m)

Para resolver en pies por segundo (sistema americano).

$$V = \frac{1.49}{n} (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

Donde:

V= velocidad promedio de carga (pie/segundo)

n= coeficiente de rugosidad, (0.04-0.07 para drenajes naturales, ver tabla para valores mas específicos de “n”)

R= radio hidráulico (pie)= A/P, donde A y P son:

A= área de sección transversal del canal

P= perímetro mojado

S= pendiente del canal (pie/pie)

La formula de Manning para calcular la velocidad de descarga de agua en las tuberías redondas (sin presión, llenas).

$$V = \frac{0.03428}{n} (D^{2/3}) (S^{1/2})$$

Donde:

V= velocidad flujo sección llena (metros/segundos)

n=coeficiente de rugosidad (normalmente 0.015-0.03 para tubería, ver tabla correspondiente para valores mas específicos de “n”)

D= diámetro sección redonda (pulgadas)

S= pendiente de la gradiente hidráulica (metro/metro)

El Coeficiente de Rugosidad “n” varia considerablemente dependiendo de las características del canal o la superficie del mismo, tubería, etc. La tabla posee una lista de los valores de “n” de Manning, los cuales pueden calcularse para varios tipos de canales. Los valores de rugosidad típicamente aumentan cuando hay vegetación en el canal y el arrastre aumenta, así como en canales sinuosos. Note que algunas veces la profundidad de la corriente se incrementa con la relación al tamaño de los materiales del canal (rocas) y la “Rugosidad” efectiva del anal disminuye. Como la profundidad es más grande, relativamente al tamaño del material, el coeficiente se vuelve constante. La tabla presenta los valores de “n” Manning para diferentes tipos de canales y formas, zanjas y tuberías.

El Radio Hidráulico (R) esta determinado por la sección transversal del canal (área “A”) dividida entre el perímetro mojado (P). El perímetro mojado es simplemente la distancia del ancho del canal (fondo) y los lados que están bajo agua o dentro del área (a) de la corriente.

Las pendientes (S) del canal, drenaje, etc. están determinadas por el alcance local del canal siendo analizado por la división de la altura en el alcance por la distancia de este alcance. En un cauce natural, se usa el promedio de pendiente de varios cientos de meros d longitud encontrados. La pendiente de un canal es típicamente medida en el campo con instrumentos de medición o clinómetros. También la pendiente puede ser chequeada o determinada en un mapa topográfico, utilizando las diferencias en elevación entre curvas de nivel y la distancia entre el contorno cercano al sitio que está siendo analizado.

La descarga (Q) determinada por la velocidad de Manning (V) y el área (A) no tiene una precisión en el cual los cálculos pueden ser llevados. Los resultados de los cálculos de descarga son generalmente redondeados sin causar un gran error de precisión.

La fórmula de Manning puede ser resuelta por un canal dado cuando se conoce o asume la profundidad de la corriente. Muchas veces al determinar la profundidad que una descarga dada producirá en un canal, se requiere una solución de pruebas y error usando la Formula de Manning. El uso de nomogramas resuelve la ecuación de los cálculos hidráulicos.

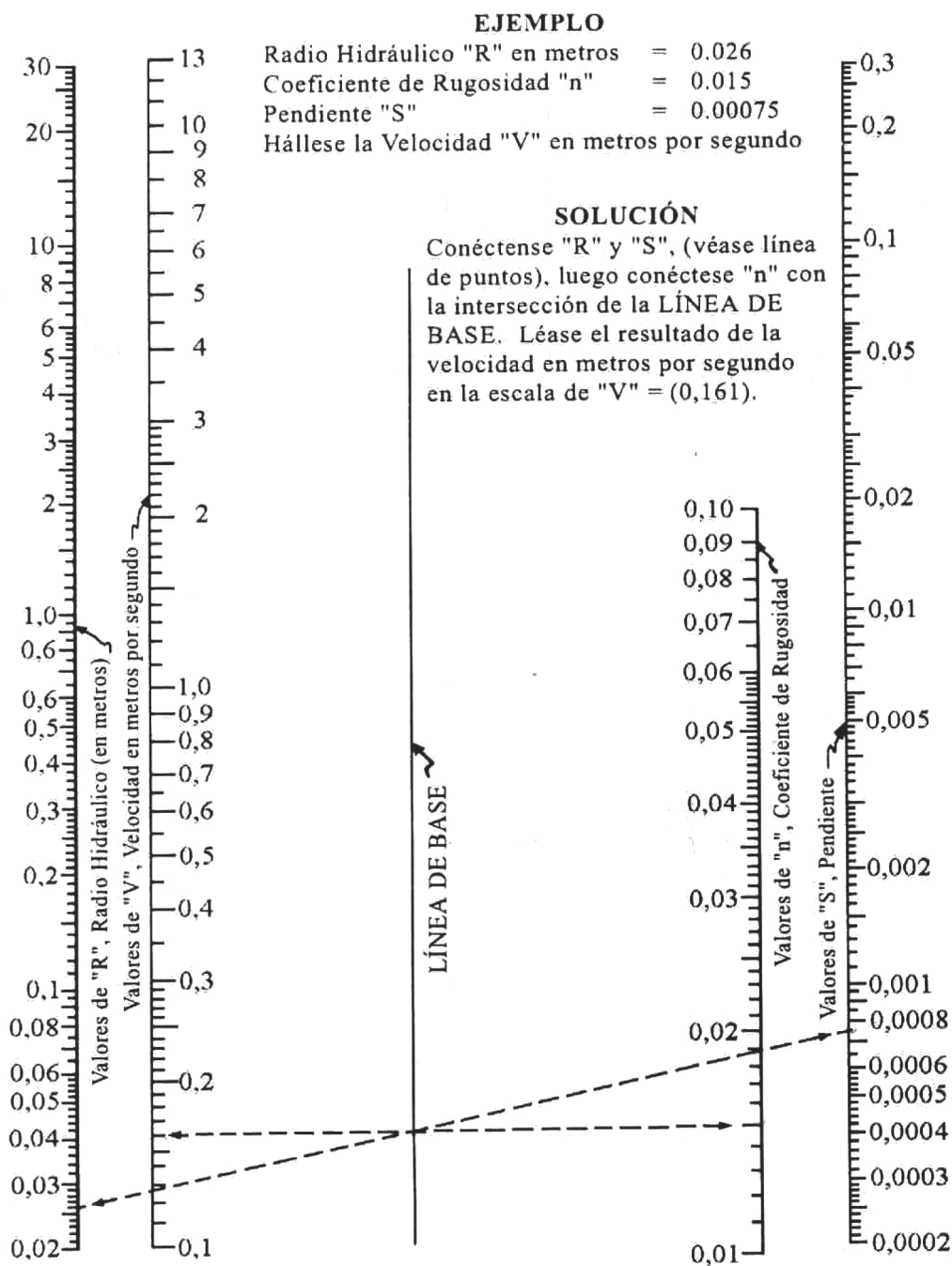
La figura presenta una solución grafica de la Formula de Manning usando las unidades métricas. La Figura también presenta una ecuación grafica de Manning usando unidades Inglesas. Además, algunos de los nomogramas presentados ofrecen soluciones basadas en la formula de Manning para velocidades de corriente y capacidad (descarga) en tipos específicos de canales.

Trabajando con canales naturales, con frecuencia un canal ancho puede variar en forma con la parte de un flujo normal comenzando en una profundidad, el canal regularmente formado y pare del flujo corriendo en las afueras a lo ancho, inundando así áreas poco profundas. En cada caso, cualquiera de los valores promedio de rugosidad “n” o valor promedio para velocidad, es insignificante o engañoso. Debe ser usado juiciosamente, pero el canal pudo ser partido en dos o mas secciones lógicas o segmentos con distintas propiedades geométricas, entonces las características del canal y la velocidad son determinadas para cada segmento. Finalmente, la capacidad de flujo del canal total está determinada como la suma de cada área y la velocidad de ésta. Esta relación puede ser expresada así:

$$Q \text{ (TOTAL)} = (V1)(A1) + (V2)(A2) + \dots$$

En la determinación de la capacidad de los canales abiertos es frecuentemente sabio permitir un área mayor o extra más allá de los cálculos mostrados usando la Formula de Manning. Esto es porque la formula no cuenta los factores del canal tales como escombros. También la selección del coeficiente de rugosidad es al mismo tiempo dificultoso, así el proceso tiene espacio para error. Frecuentemente es deseable chequear la velocidad del canal la descarga, medir nuevamente los cálculos del nivel del agua, las cantidades “pico” de nivel y observar las mareas más altas, añadiéndole confianza al análisis.

El ejemplo “D” muestra el uso de la Formula de Manning en un camino típico y la aplicación de tuberías y zanjas o cuentas. El ejemplo “E” es un problema simple de un canal natural, semejante como para la localización de un puente pequeño, el cual es inicialmente evaluado y analiza su capacidad hidráulica usando la Formula de Manning. Un tratamiento mas completo del uso del a Formula de Manning en el diseño hidráulico es presentado en “Hydraulic Design of Highway Culverts”, Hydraulic Design Series N° 5, FHWA, 1985, or “Design of Roadside Drainage Structures”, Hydraulic Design Series N° 4, FHWA, 1973.



Nota: Conéctese las 2 escalas exteriores o las 2 escalas interiores con el punto común en la LINEA DE BASE. Nunca se debe conectar cualquiera de las escalas exteriores a cualquiera de las escalas interiores.

FIGURA 1.11 Nomograma para resolver la Formula de Manning en el Sistema Métrico.

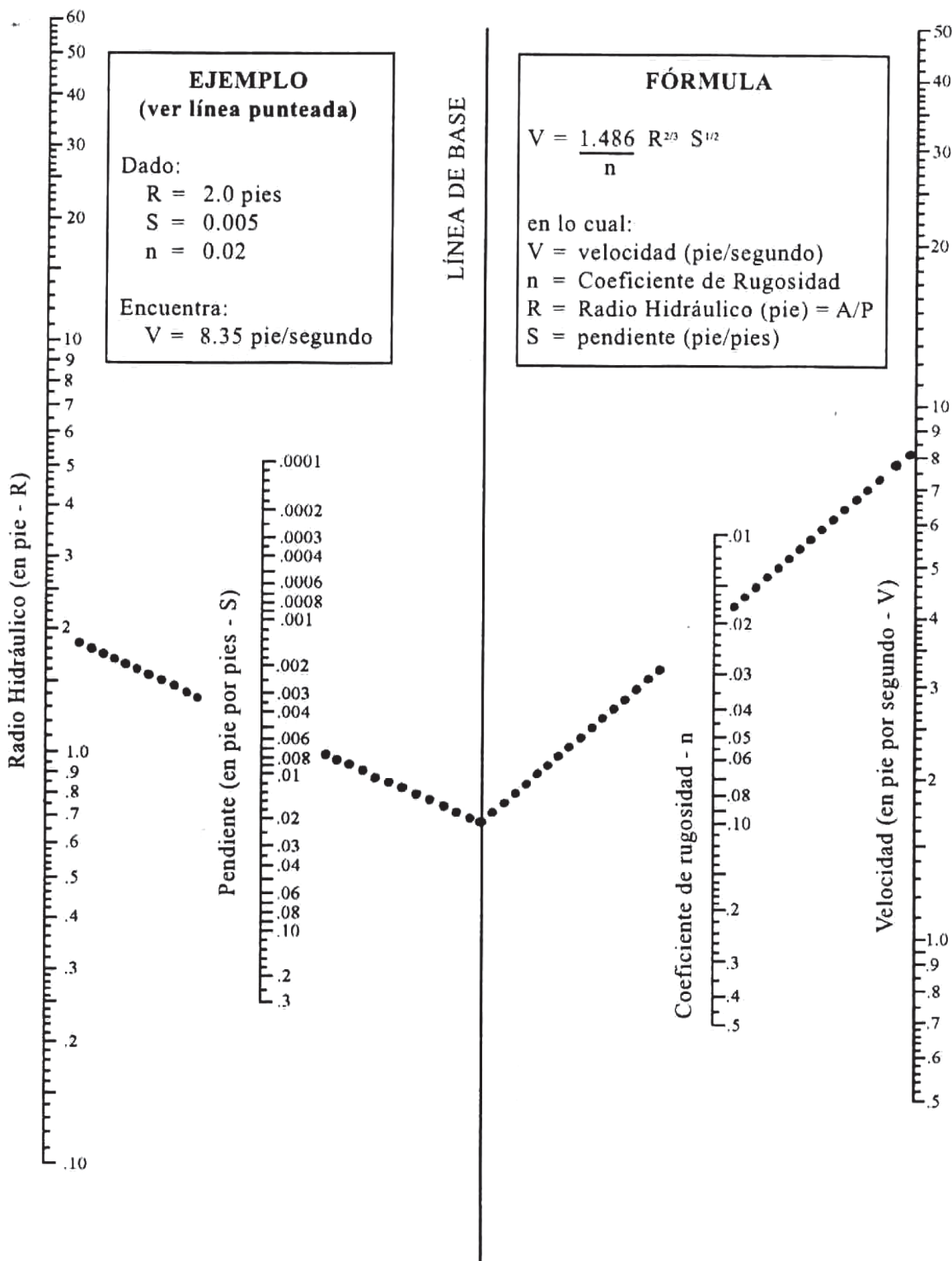


Figura N° 12 Nomograma para resolver la Formula de Manning
 en el Sistema Americano

Naturaleza del Cauce	Bueno	Regular	Malo
1. Limpio, con márgenes, rectas, tirante grande, sin bajas, ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Limpio con márgenes recatas, tirante grande, sin bajos, ni pozos profundos con algo de yerbas y piedras	0.030	0.035	0.040
3. Sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, limpio	0.033	0.040	0.045
4. Sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, limpio, tirante pequeño y secciones y pendientes menos efectivas	0.040	0.050	0.055
5. sinuoso, con algunos pozos y bancos de arena, con algo de yerbas y piedras	0.035	0.045	0.050
6. Sinuoso, con algunos pozos y bancos de aren, tirante pequeño, secciones y pendientes menos efectivas, cauce pedregoso	0.045	0.055	0.060
7. Tramos de corriente muy lenta, con mucha hierba o con pozos muy profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos demasiado llenos de yerbas, muy poca profundidad	0.075	0.125	0.150
9. Quebradas montañosas, sin vegetación en el canal, taludes con mucha pendiente, vegetación a lado del cauce sumergido durante tiempos de flujo alto			
-El fondo de la quebrada consiste en grava pequeña, mediana y pocos cantos rodados	0.03	0.04	0.05
-El fondo de la quebrada consiste en grava pequeña y cantos rodados grandes	0.04	0.05	0.07
-El fondo de la quebrada consiste en cantos rodados, desperdicios orgánicos, con flujo sinuoso	0.05	0.07	0.10
10. Llanura de inundaciones			
-Pasto, sin arbusto			
-Grama corta	0.025	0.030	0.035
-Grama alta	0.030	0.035	0.05
-Área cultivada			
-Sin siembra	0.020	0.030	0.040
-Cultivos sembrado en líneas (como maíz y frijoles)	0.025	0.035	0.045
-Cultivos sembrado en pareja (como trigo y avena).	0.030	0.040	0.050

Naturaleza del Cauce	Bueno	Regular	Malo
1.Limpio, con márgenes, rectas, tirante grande, sin bajas, ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
-Cultivos sembrados en pareja (como trigo, y avena)	0.030	0.040	0.050
1. Canals limpios, con márgenes, rectas, tirante grande sin bajos ni pozos profundos.	0.025	0.030	0.033
2. Canales de placas con remaches embutidos, juntas perfectas y aguas limpias. Tubos de cemento y fundición, en perfectas condiciones.	-	0.011	-
3. Canales de concreto muy liso de dimensiones limitadas, de madera lijada, en ambos casos, tramos rectilíneos y curvas de gran radio y agua limpia.	-	0.012	-
4. Canales con aplanado de cemento liso, peor con madera lisa y con curvas de radio moderado.	-	0.013	-
5. Canales con aplanado de cemento no completamente liso, de madera como en el N° 2 peor con trazado sinuoso y curvas de pequeño radio y juntas imperfectas.	-	0.014	-
6. Canales con paredes de cemento no completadamente lisas con curvas estrechas y aguas con detritos, contruidos de madera no lijada de chapas remachadas.	-	0.015	-
7. Canales aplanado de cemento no muy alisado y pequeños depósitos en el fondo, revestidos con madera, no lijada y de mampostería construida con esmero, de tierra, sin vegetación.	-	0.016	-
8. Canales con aplanado de cemento incompleto, juntas irregulares, trazado sinuoso y depósitos en el fondo de mampostería revestido taludes no bien perfilados.	-	0.017	-
9. Canales con aplanado de cemento rugoso, depósitos en el fondo, musgo en las paredes y trazado tortuoso.	-	0.018	-
10. Canales de mampostería en malas condiciones de conservación y fondo con barro, o de mampostería de pedrusco de tierra, bien construidas, sin vegetación y con curvas de gran radio.	-	0.020	-
11. Canales con placas remachadas y juntas irregulares, de tierra, bien construidas con pequeños depósitos en el fondo y vegetación rasante en los taludes.	-	0.022	-
12. Canales de tierra; con vegetación rasante en el fondo y en los taludes.	-	0.025	-

Naturaleza del Cauce	Bueno	Regular	Malo
1. Limpio, con márgenes, rectas, tirante grande, sin bajas, ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
13. Canales de tierra, con vegetación normal, fondo con escombros o irregular a causa de las erosiones; revestidos de pedruscos y vegetación	-	0.030	-
14. Canales revestidos con zampeado	-	0.030	-
▪ Pequeña, promedio 8 cm	-	0.035	-
▪ Pequeña, promedio 20 cm	-	0.040	-
▪ Grande, promedio 45 cm	-	0.045	-
▪ Grande, promedio 90 cm	-	0.035	-
15. Excavaciones naturales, cubiertas de escombros y vegetación.	-	0.035	-
16. Excavaciones naturales, trazado sinuoso.	-	0.040	-
17. Tuberías de concreto prefabricado.	0.011	0.015	0.017
18. Caja de concreto.	0.014	0.016	0.018
19. Tubería metal corrugado			
▪ ondulaciones pequeñas 68mm x 13 mm, sin revestir	-	0.024	-
▪ ondulaciones pequeñas 68mm x 13 mm, 25 % revestido	-	0.021	-
▪ ondulaciones grandes 152mm x 51 mm, sin revestir	-	0.033	-
▪ ondulaciones grandes 152mm x 51 mm, 25 % revestido.	-	0.026	-
20. Concreto, construido en sitio, suave.	-	0.013	-
21. Cemento asbesto, hasta 60cm diámetro	-	0.010	-

EJEMPLO

CÁLCULOS HIDRÁULICOS PARA CUNETAS Y TUBERÍAS**USANDO LA FÓRMULA DE MANNING**

Tenemos un sitio en donde se necesita pasar la descarga de $2.38 \text{ m}^3/\text{segundo}$ (determinada en el ejemplo).

- A) ¿Cuál es el tamaño de tubería necesaria para pasar la descarga?
- B) ¿Puede pasar la descarga por arriba de un cajón de concreto de 1.5 m de ancho y 0.5m de alto?
- C) ¿Cuál es la velocidad máxima de este canal con flujo de un metro de profundidad?
¿Cuál es la capacidad?
- D) ¿Cuál es el tamaño de roca que puede resistir deslazamiento usando los criterios de la figura (para roca estable con pendientes de 2; 1 y velocidad = 2.89metros/segundo?

Pregunta A: ¿Cuál es el tamaño de tubería necesaria para pasar $2.38 \text{ m}^3/\text{seg.}$?

Solución para Pregunta A :

Se recomienda utilizar los nomogramas basados en la fórmula de Manning para determina el tamaño y la capacidad de tubería. Al contrario, utilizando la Fórmula de Manning directamente resultará en un proceso de aproximaciones sucesivas, seleccionando el tamaño de tubería, calculando la velocidad, y determinando la capacidad como el producto de la velocidad y el área.

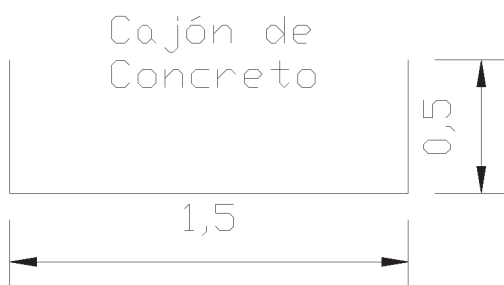
Seleccionar la Figura, asumiendo el uso de tubería de CMP (tubería de metal corrugado), con $H_e/D = 1$, tipo de entrada (2), cortado a Bisel.

Trazar una línea de la escala $H_e/D = 1$ (Entrada 2) hacia la escala de gasto (Q) en el punto donde $Q = 2.38 \text{ m}^3/\text{segundos}$ y extendiendo la línea hasta la escala de diámetro de tubería.

La línea proyectada intercepta la escala de diámetro de tubería en el punto que corresponde a 1.3 metros. Como tal, se necesita tubería de metal corrugado de 1.3 metros, o 54 pulgadas (utilizando el próximo tamaño estándar más grande disponible).

Pregunta B: ¿Un cajón de 1.5 metro por 0.5 metros tendrá la capacidad de pasar una descarga de 2.38 m³ / seg. ?

Solución para Pregunta B:



Supuesto: Pendiente Mínima (S) = 2%;

Coeficiente de Rugosidad (n) = 0.018 (ver Tabla 5.1.2.)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Determinar el área

$$A = 1.5 \text{ m} * 0.5 \text{ m} = 0.75 \text{ m}^2$$

Determinar el Perímetro Mojado

$$P = 1.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} + 0.5 \text{ m} = 2.5 \text{ m}$$

Determinar el Radio Hidráulico

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.75 \text{ m}^2}{2.5 \text{ m}} = 0.30 \text{ m}$$

Calcular la Fórmula de Manning para Velocidad

$$V = \frac{1}{0.018} (0.30)^{2/3} (0.02)^{1/2}$$

$$V = 55.5(0.446)(0.141)$$

$$V = 3.49 \text{ m/seg}$$

Determinar el la capacidad del canal

$$Q = V * A$$

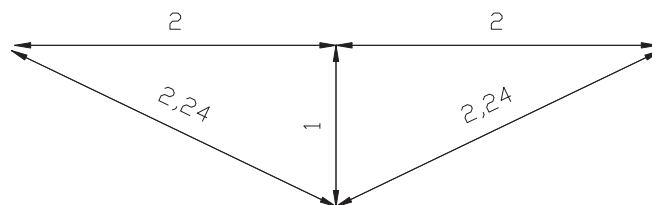
$$Q = 3.49 \text{ m/seg} * 0.75 \text{ m}^2$$

$$Q = 2.62 \text{ m}^3/\text{seg}$$

La capacidad Q de 2.62 m³/seg es más de la descarga de 2.38 m³/seg. Entonces este cajón o cuneta de concreto con una pendiente de 2 % es adecuado para pasar el flujo de diseño.

Pregunta C: ¿Cuál es la velocidad máxima y la capacidad de una cuneta de forma de “V” con taludes enrocados a 2:1 con un flujo de 1.0 metro de profundidad (ver abajo)?

Solución para Pregunta C:



$$\text{Supuesto : Pendiente } (S) = \frac{4.5 \text{ m}}{150 \text{ m}} = 0.03 \text{ o } 3\%$$

Determinar el Coeficiente de Rugosidad (n) de la cuneta enrocada. Utilizando la Tabla, n = 0.035

Determinar el Área (A) del flujo.

$$A = 2 * \frac{1}{2} * Profundidad * Ancho$$

$$A = 2 * \frac{1}{2} * 1 * 2$$

$$A = 2.0 \text{ m}^2$$

Determinar el Perímetro Mojado (P)

$$P = \sqrt{1^2 + 2^2} + \sqrt{1^2 + 2^2}$$

$$P = \sqrt{5} + \sqrt{5}$$

$$P = 2.24 + 2.24$$

$$P = 4.48 \text{ m}$$

Determinar el Radio Hidráulico (R)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{2.0 \text{ m}^2}{4.48 \text{ m}}$$

$$R = 0.446 \text{ m}$$

Calcular la Fórmula de Manning para velocidad.

$$V = \frac{1}{n} (R)^{2/3} (S)^{1/2}$$

$$V = \frac{1}{0.035} (0.446)^{2/3} (0.03)^{1/2}$$

$$V = 28.6 (0.584) (0.173)$$

$$V = 2.89 \text{ m/seg}$$

Verificar la solución utilizando la Figura 5.1.1. Para:

$$S = 0.03, n = 0.035, R = 0.45, V = 2.9 \text{ m/seg}$$

2.9 es aproximadamente 2.89, pues está bien

Determinar la capacidad (Q) de la cuneta

$$Q = V * A$$

$$Q = 2.89 \text{ m/seg} * 2.0 \text{ m}^2$$

$$Q = 5.8 \text{ m}^3/\text{seg flujo}$$

Pregunta D: ¿Cuál es el tamaño de roca (zampeado) que puede resistir desplazamiento de un flujo con una velocidad de 2.89 m/seg. ?

Solución para Pregunta D:

Ver la figura 5.2.1, y seleccionar la curva para una pendiente de talud de 2:1.

Desde el punto de velocidad de agua de 2.9, metros/segundo, trazar una línea horizontal para interceptar la curva de pendiente de talud de 2; 1. Desde este punto trazar una línea vertical hacia abajo a la escala de “Diámetro de roca redonda”. En este caso el diámetro

indicado es de 24 centímetros. Nótese que este debe ser el tamaño de la mayoría de las rocas, sin embargo el zampeado graduado de varios tamaños debe usarse compuesto de roca más pequeña, tal como zampeado de Clase II.

Una cuenta revestida con concreto o mampostería tendrá un coeficiente de rugosidad más bajo, una velocidad más alta, y entonces una capacidad de flujo más alta.

5.4 APÉNDICE 4 Cuenca Hidrográfica

Definición: Es una unidad de territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la escorrentía hasta un punto de salida en el cauce principal (Brooks, 1985 citado por Hernández, 1987). 1987).

Las cuencas hidrográficas son unidades de terreno superficiales, donde sus límites quedan establecidos por la divisoria topográfica principal de las aguas provenientes de las precipitaciones, también conocido como parteaguas.



Figura N° 13 Divisiones de una Cuenca

Clasificación hidrológica: Se clasifican de la siguiente manera.

- *Clasificación de cuencas según la altitud:*
Altas, medias y bajas.

- *Clasificación de cuencas según su área:*

Hoya hidrográfica > 3000 km²

Cuencas 600 - 3000 km²

Subcuenca 100 – 600 km²

Microcuencas < 100 km² 11

Elementos constitutivos de una cuenca hidrográfica

Divisoria de aguas: es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos.

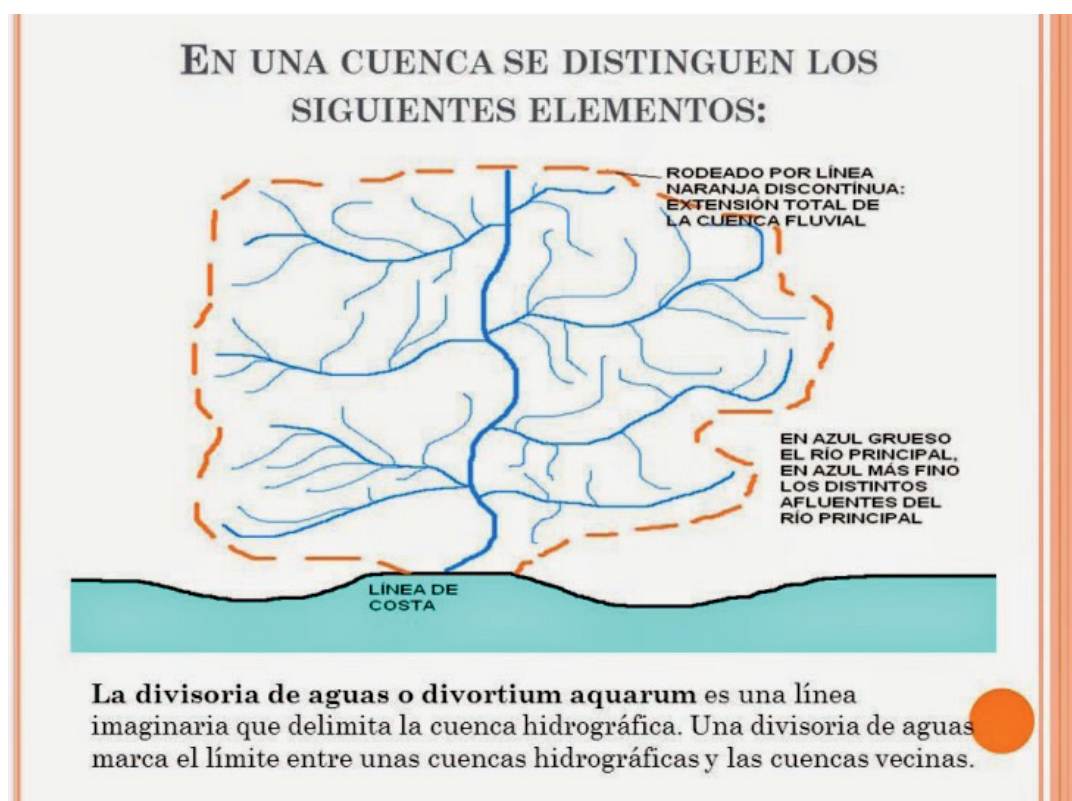


Figura N° 14 Elementos de la Cuenca

El río principal: suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) o bien con mayor longitud o mayor área de drenaje. Sin embargo, la mayoría de cuencas de drenaje presentan un río principal bien definido desde la desembocadura hasta cerca de la divisoria de aguas. El río principal tiene un curso, que es la distancia entre su nacimiento y su desembocadura.



Figura N° 15 Zonas de un Río y Procesos Dominantes

Afluentes: son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub-cuenca.

Clima: es el elemento que actúa en la cuenca y define el nivel de temperatura, precipitación, nubosidad entre otros.

El relieve de la cuenca: el relieve de una cuenca consta de los valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma una cuenca. Está formado por las montañas y sus flancos; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.

Las obras humanas: Algunas obras construidas por el ser humano, también denominadas intervenciones antropogénicas. El factor humano es siempre el causante de muchos desastres dentro de la cuenca, ya que se sobreexplota la cuenca quitándole recursos o «desnudándola» de vegetación y trayendo inundaciones en las partes bajas. No obstante, los seres humanos también realizan obras muy positivas en la conservación y mejoramiento de las cuencas hidrográficas para minimizar o eliminar los efectos destructivos de las crecidas e inundaciones.

Tipos de cuencas hidrográficas

Existen tres tipos de cuencas:

Exorreicas: drenan sus aguas al mar o al océano. Un ejemplo es la cuenca del Plata, en Sudamérica.

Endorreicas: desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar. Por ejemplo, la cuenca del río Desaguadero, en Bolivia.

Arreicas: las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia. También son frecuentes en áreas del desierto del Sahara y en muchas otras partes.

Partes de una cuenca hidrográfica

Una cuenca tiene tres partes:

Cuenca alta, que corresponde a la zona donde nace el río, el cual se desplaza por una gran pendiente.

Cuenca media, la parte de la cuenca en la cual hay un equilibrio entre el material sólido que llega traído por la corriente y el material que sale. Visiblemente no hay erosión.

Cuenca baja, la parte de la cuenca en la cual el material extraído de la parte alta se deposita en lo que se llama cono de deyección.

División de una cuenca hidrográfica

Subcuenca: es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca. Varias subcuentas pueden conformar una cuenca.

Micro cuenca: es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una subcuenca. Varios micro cuencas pueden conformar una subcuenca.

Quebradas: es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de un micro cuenca. Varias quebradas pueden conformar un micro cuenca.

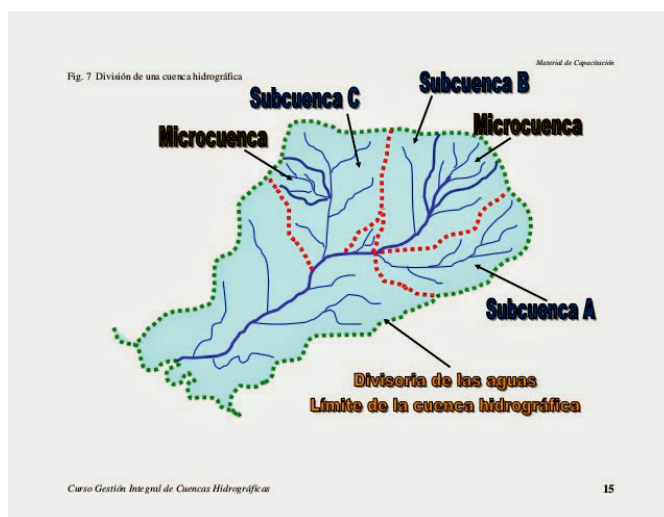


Figura N° 16 Cuenca de gran tamaño dividida en subcuencas

5.5 APÉNDICE 5 PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE LOS VADOS

1. Se determina el caudal de diseño Q_d mediante el estudio hidrológico del Apéndice 1. El caudal total, Q_T , que drenará el vado será el caudal evacuados por las alcantarillas, Q_{Aic} , más el caudal del vertedero, Q_{Vert} .

(1)

2. El caudal que drena por medio de la tubería se determina por medio de los nomogramas explicados en el Apéndice 1. Se estima la carga H_e (Ver Figura 1) que corresponde al diámetro del a tubería de la alcantarilla (D), más la altura sobre la corona hasta el borde la losa de rodamiento más la lámina que se inundará en la losa (h), que se ha definido en 30 cm. Este valor se puede asumir como primera aproximación.

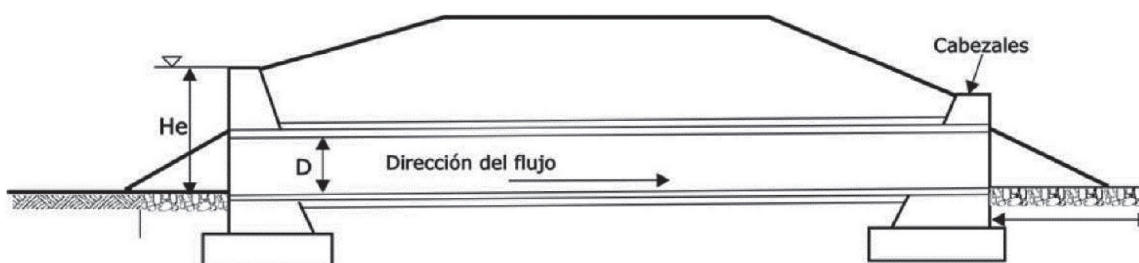


Figura N° 17 Altura de Carga en una alcantarilla

3. Con el valor estimado de H_e se calcula el valor H_e/D .
4. Dependiendo del tipo de entrada, se ubica el valor de H_e/D en la escala correspondiente titulada "Carga del agua en diámetro"; de este punto se traza una línea recta hasta la escala del lado izquierdo que aparece el "Diámetro Q en m³/s, corresponde al caudal en m³/s para un tubo.
5. El valor de este caudal se multiplica por la cantidad de elementos si fuese el caso que sean más de uno y el valor encontrado corresponde al caudal de las alcantarillas (Q_{alc}).
6. El caudal sobre la losa se obtiene mediante la ecuación del vertedero de cresta ancha, el cual está definido por:

(2)

Donde:

C :Coeficiente de descarga estimado en 1.7 para el sistema métrico.

L :Longitud del agua de la losa a inundarse que para simplificar se asume como la sección con pendiente longitudinal igual a cero. Ver Figura 2.

H : Profundidad de la lámina de agua sobre la losa.

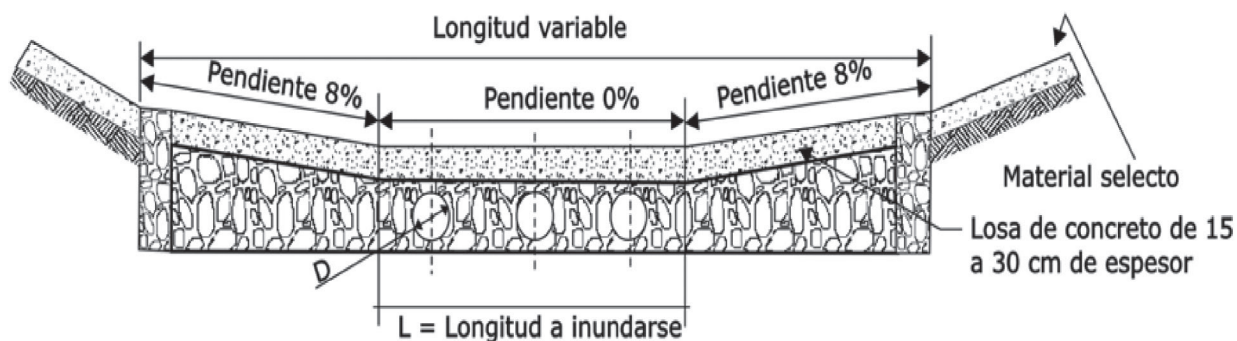


Figura N° 18 Zona Inundable en un vado sin alcantarilla

7. Se obtiene el caudal mediante la fórmula (1), si este valor es semejante al valor Q_d , entonces las asunciones de diámetros y cantidad de tubos es adecuada, caso contrario pueden suceder tres situaciones:
 - a. Si Q_d es un poco menor que Q_r , se asume una lámina inundada menor con el fin de determinar la profundidad de la lámina exacta. Se repite el proceso a partir de 2.
 - b. Si Q_d es menor que Q_r , se compara la diferencia entre ambos con el caudal de un tubo, a fin de determinar si es necesario aumentar la batería de tubos. Con estos nuevos elementos se ajusta el valor del a longitud del vado (L) y se repite el cálculo a partir de 2.

5.6 APÉNDICE 6 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE ALCANTARILLAS POR MEDIO DE NOMOGRAMAS

1. Se determina el caudal de diseño Q_d mediante el estudio hidrológico descrito en el Apéndice 1.
2. Se propone el tipo y diámetro del a tubería, D , y el número de tubos.
3. Se estima la carga H_e (ver figura 3-4), que corresponde a la altura de la alcantarilla, D , más cierta altura sobre la corona. En el caso de la alcantarilla podría llegar hasta la altura del cabezal, lo que correspondería a $H_e = D + 0.45$ m.
4. Con el valor estimado de H_e se calcula H_e/D .
5. En el grafico que corresponde al tipo de material al usar (ver sección 3.3.5).
6. El valor de este caudal se multiplica por el número de conductos, si fuesen más de uno, y el valor encontrado corresponde al Caudal final que conduce .
7. Si el caudal final es semejante al Q_d , entonces la elección del diámetro y número de la tubería fue correcta, caso contrario se debe probar un nuevo tamaño y/o cantidad de tubos.

Nota: En el caso de la tubería semicircular de mampostería (Gráfico No 3-6), el valor de D que se suma para obtener la carga H_e , es realmente el radio del círculo es decir Diámetro/2.

5.7 APENDICE 7 GLOSARIO

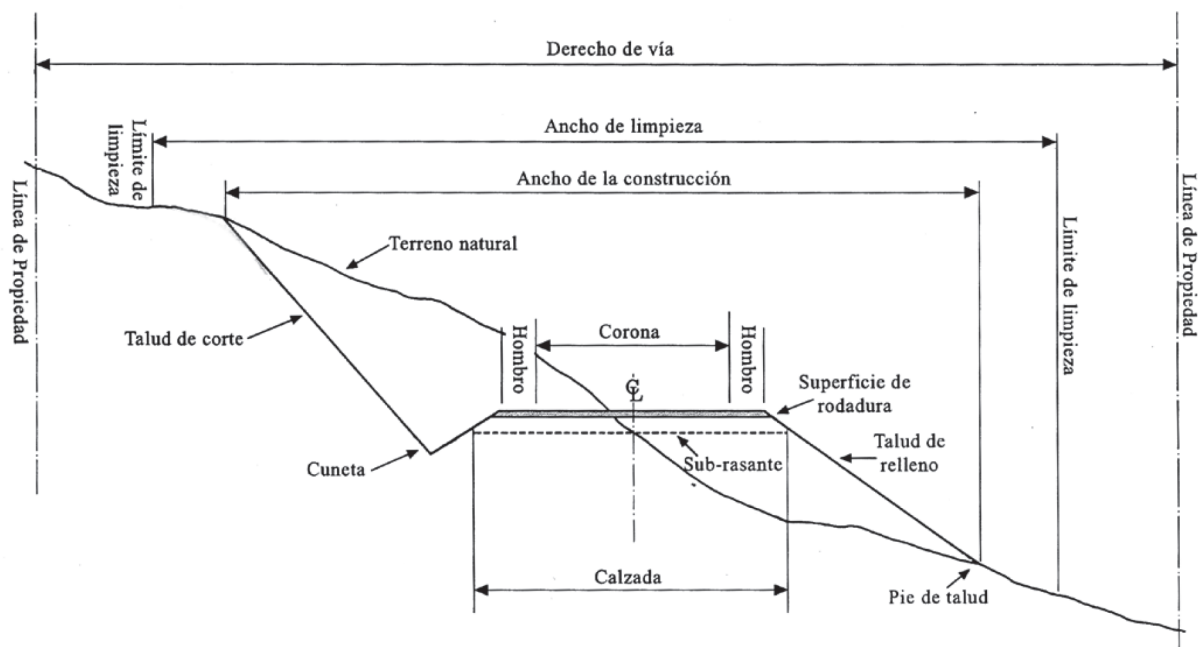


Figura N° 19 Elementos de la Sección Típica de un Camino Vecinal

Hombro: Franja pavimentada o no pavimentada a lo largo del borde de los carriles de circulación del camino. Un hombro interior está junto al corte en talud. Un hombro exterior está junto al talud de un terraplén.

Ancho del terraplén: Ancho de la calzada recorrida por los vehículos incluidos los hombros, medido en la parte superior de la subrasante.

Ancho total del camino: Ancho horizontal total del terreno afectado por la construcción del camino, desde la parte superior del corte en talud hasta el pie del relleno o de la zona con pendientes uniformes.

Berma: Camellón de roca, suelo o asfalto generalmente a lo largo del borde exterior del hombro del camino, usado para controlar el agua superficial. Encauza el escurrimiento superficial a lugares específicos donde el agua se puede eliminar de la superficie de rodadura sin producir erosión.

Camino a través de corte: Camino cortado a través del talud de una ladera o, más frecuentemente, de una loma, en la cual existe un talud en corte a ambos lados del camino.

- **Camino vecinal:** Un tipo de sistema de transportación que se construye generalmente para manejar o explotar recursos de zonas rurales o no desarrolladas. Estos sistemas únicos en su género han sido diseñados para soportar volúmenes bajos de tránsito con cargas por eje potencialmente extremas. Se les define comúnmente dentro del rango de menos de 100 TPDA (Tránsito Promedio Diario Anual).

Camino sobre terraplén: A diferencia de un corte, un relleno es un segmento de camino formado por material de relleno, con taludes de terraplén a ambos lados de la calzada.

Capa de base: Es el espesor de pavimento formado por material selecto y el cual, en casi todos los casos de los caminos vecinales, sirve como superficie de rodamiento.

Carriles de circulación: Parte del camino construida para la circulación de vehículos en movimiento, incluidos los carriles de tránsito y los apartaderos de paso (se excluyen los acotamientos).

- **Contrafuerte o machón** – Estructura diseñada para resistir empujes laterales. Generalmente se construye a base de enrocamiento de protección, gaviones o suelo drenado, para soportar el pie de un talud en una zona inestable.

Corte en balcón y transporte al sitio final Método de construcción de caminos en el cual se construye el camino recortando todo el talud y acarreando todo el material sobrante (transporte longitudinal) hasta un basurero fuera del sitio de la obra.

- **Corte y relleno** Método para construir caminos en el cual los caminos se construyen al cortar una ladera y extender los materiales excavados en lugares adyacentes bajos y como material compactado o a volteo para rellenos en talud a lo largo de la ruta. En un “corte y relleno balanceado” (“balanced cut-and-fill”) se utiliza todo el material “cortado” para construir el “relleno”. En un diseño de corte y relleno balanceado no se tiene material sobrante en exceso y no hay necesidad de acarrear material de relleno adicional. Con esto se minimiza el costo.
- **Cuneta** (Dren lateral) Canal o zanja poco profunda a lo largo del camino para coleccionar el agua del camino y del terreno vecino y transportarla hasta un punto adecuado para eliminarla. Generalmente se ubica a lo largo del borde interior del camino. Puede localizarse a lo largo del borde exterior o a lo largo de ambos lados del camino.

- **Derecho de vía** Franja de terreno sobre la cual se construyen obras tales como caminos, vías de ferrocarril o líneas de energía eléctrica. Legalmente constituye una servidumbre que otorga el derecho de paso sobre el terreno de otra persona.

Eje del camino Línea imaginaria que corre longitudinalmente a lo largo del centro del camino.

- **Estructura de retención o de contención** Estructura diseñada para resistir desplazamientos laterales del suelo, agua, u otro tipo de material. Se emplea comunmente como apoyo de la calzada o para ganar anchura del camino en terrenos escarpados. Con frecuencia se construyen usando gaviones, concreto reforzado, encofrados de madera o tierra estabilizada mecánicamente.
- **Pendiente** (Gradiente) Inclinação de la rasante del camino a lo largo de su alineamiento. Este talud se expresa en porcentaje –la relación entre el cambio en elevación y la distancia recorrida. Por ejemplo, una pendiente de +4% indica una ganancia de 4 unidades de medición en elevación por cada 100 unidades de distancia recorrida medida.
- **Relación de talud** (Talud) Una forma de expresar los taludes contruidos en función de la relación entre la distancia horizontal y el ascenso vertical, como por ejemplo 3:1 (3 m horizontales por cada 1 m de ascenso o descenso vertical).
- **Relleno de Hendiduras** [Relleno de Astillas] Una pequeña cuña de material de relleno que se encuentra casi paralela a la pendiente de la montaña, típicamente sobre pendientes superficiales de más de 60%. Se establecen en forma de una cuña delgada cuando el material suelto cae al pie de taludes inclinados, y no como las masas de relleno más gruesas ubicadas en pendientes más planas,. Son muy difíciles de compactar en pendientes que exceden un 45%. Los rellenos de astillas deben evitarse ya que frecuentemente son inestables.
- **Relleno lateral a volteo** (*Side-Cast Fill*) – Material excavado vaciado sobre un talud preparado o natural junto a la excavación para construir el cuerpo del terraplén. El material generalmente no se compacta.
- **Relleno reforzado** (*Reinforced Fill*) – Relleno en el que se ha colocado refuerzo trabajando a tensión mediante el contacto por fricción con el suelo circundante con la finalidad de mejorar la estabilidad y la capacidad de carga. Los rellenos reforzados están formados por suelo o por materiales rocosos colocados en capas con elementos de refuerzo para formar taludes, muros de contención, terraplenes,

presas y otro tipo de estructuras. Los elementos de refuerzo varían desde una simple vegetación hasta productos especializados tales como tiras metálicas, emparrillados de acero, geomallas de polímeros y geotextiles.

- **Sección transversal** (*Cross-Section*) – Dibujo en el que se muestra una sección del camino cortada a todo lo ancho del camino (véase la Figura i.2 anterior). También se puede aplicar a un arroyo, a un talud, a un deslizamiento, etcétera.

Subrasante (*Subgrade*) – Véase la Sección II más adelante.

Superficie de Rodadura (Rodamiento, Revestimiento superficial) [*Surface Course (Surfacing)*] – Véase la Sección II más adelante.

Talud de corte (talud exterior o corte marginal) [*Cut Slope (Back Slope or Cut Bank)*] – La cara artificial o el talud cortado en suelo o en roca a lo largo del borde interior del camino.

Talud del relleno (Talud del terraplén) [*Fill Slope (Embankment Slope)*] – Talud inclinado que abarca desde el borde exterior del acotamiento del camino hasta el pie (parte inferior) del relleno. Esta es la superficie que se forma donde se deposita el material para la construcción del camino.

- **Terraplén (Relleno)** [*Embankment (Fill)*] – Material excavado que se coloca sobre la superficie de un terreno preparado para construir la subrasante del camino y la plantilla de base del camino.

Terreno natural (Nivel del terreno natural) [*Natural Ground (Original Ground Level)*] – La superficie del terreno natural que existía antes de la afectación y/o de la construcción del camino.

Tierra Estabilizada Mecánicamente (Suelo Reforzado, Tierra Armada) [*Mechanically Stabilized Earth (MSE), Reinforced Soil, Geosynthetically Reinforced Soil (GRS)*] – Los suelos reforzados o estabilizados mecánicamente son un tipo de estructura de retención formada con material de reforzamiento ubicado en capas entre suelo compactado o agregado. Entre los materiales reforzados usados comúnmente se encuentran geotextiles, geomallas, mallas soldadas y tejidas, franjas de metal, etc. Las estructuras o materiales de muro de fachada usados incluyen bloques de concreto y paneles, madera, gaviones, malla soldada, el geotextil mismo, etc.

- **Transporte al sitio final (End Haul)** – La remoción y acarreo del material excavado fuera del sitio de la obra hasta una zona estable de desecho (en vez de colocar el material de relleno cerca del lugar de excavación).

Vista en planta (Levantamiento cartográfico) [*Plan View (Map View)*] – Vista tomada desde el cielo hacia el terreno. Un plano con esta vista es semejante a lo que podría ver un ave al volar sobre el camino.

- **Banco de préstamo (Sitio de préstamo)** [*Borrow Pit (Borrow Site)*] – Zona en la que se ejecutan excavaciones para producir materiales para obras térreas, tales como material de relleno para terraplenes. Generalmente es una zona pequeña que se usa para explotar arena, grava, roca o suelo sin ningún procesamiento posterior.
- **Camino de Troncos (Camino Esterillado, Camino Empuentado)** [*Corduroy Road*] – Una sección estructural del camino soportada por troncos de diámetro pequeño a grande, usualmente ubicados perpendiculares a la dirección del camino, cruzando pantanos, humedales o áreas de suelo blando. Los troncos son cubiertos con suelo o agregado para formar la superficie de la vía. Es comúnmente utilizado en caminos temporarios o de bajo uso y tiene una vida útil relativamente corta (5 a 20 años).
- **Cantera (Quarry)** – Sitio donde se explota piedra, enrocamiento de protección, agregados, y otros materiales de construcción. Con frecuencia el material debe ser excavado mediante escarificado o con explosivos, y el material es generalmente procesado mediante trituración o cribado para producir la granulometría especificada para el agregado.
- **Capa de base (Base)** [*Base Course (Base)*] – Ésta es la capa principal de transmisión de cargas en los carriles de circulación. El material de la capa de base está constituido normalmente por piedra triturada, o grava, o suelos con grava, roca intemperizada, arenas y arcillas arenosas estabilizadas con cemento, cal o asfalto.

Capa de rodadura (Superficie de rodadura, Rodamiento) [*Wearing Course (Wearing Surface)*] – Es la capa superior de la superficie del camino sobre la cual circulan los vehículos. Deberá ser durable, podrá tener una alta resistencia al resbalamiento y, en general, deberá ser impermeable al agua superficial. Las superficies de rodadura podrán ser construidas con el material local, agregados, capas selladoras o asfalto.

- **Capa superficial (Revestimiento superficial)** [*Surface Course (Surfacing)*] – Es la capa superior de la superficie del camino, llamada también superficie de rodadura. Entre los materiales de revestimiento usados para mejorar el confort del conductor, para proporcionar apoyo estructural y para impermeabilizar la superficie del camino a fin de usarse en la temporada de lluvias, está la roca, cantos rodados, agregados triturados y pavimentos, tales como tratamientos superficiales bituminosos y concreto asfáltico.
- **Desmoronamiento** (*Raveling*) – Proceso en el cual el material grueso de la superficie del camino se suelta y se separa de la base del camino debido a falta de ligante o a una granulometría pobre del material. El término también se aplica a un talud en el cual la roca o el material grueso se afloja y rueda por el talud del corte o del relleno.
- **Ondulaciones (Corrugaciones)** [*Washboarding (Corrugations)*] – Una serie de lomos y depresiones a través del camino causados en caminos con superficies de suelo y de agregados como resultado de la falta de cohesión superficial. Éste es generalmente el resultado de la pérdida de finos en la superficie del camino debida a condiciones secas o a materiales pobremente graduados. Estas condiciones empeoran con las velocidades excesivas de los vehículos y con los altos volúmenes de tránsito.
- **Subbase** (*Sub-Base*) – Esta es la capa secundaria de distribución de la carga y que subyace a la capa de base. Normalmente está constituida por un material que tiene una menor resistencia y durabilidad que la del material usado en la base, por ejemplo, grava natural sin procesar, grava y arena o una mezcla de grava, arena y arcilla.
- **Subrasante** (*Subgrade*) – La superficie del cuerpo del terraplén sobre la cual se colocan las capas de sub- base, base o superficie de rodadura. En el caso de caminos sin una capa de base o sin capa superficial, esta parte del cuerpo de terraplén se convierte en la superficie final de rodadura. La subrasante está generalmente al nivel del material *in situ*.
- **Valor Relativo de Soporte (CBR) (California Bearing Ratio)** [*CBR (California Bearing Ratio)*] – Es un método usado ampliamente para determinar el valor relativo de carga o fortaleza de los materiales de la subrasante. Es una medida de la resistencia del suelo a la penetración, comparada con aquella de la piedra triturada. El CBR es función de la textura, contenido de agua y densidad compactada del suelo. Fue desarrollado originalmente por la División de Carreteras de California (California Division of Highways), de los Estados Unidos de América, y es actualmente usado a nivel mundial para diseño de pavimentos.

- **Caballón desviador (Camellón)** [*Waterbar*] – Dispositivo artificial de drenaje frecuentemente colocado a ciertas distancias entre sí dejando montículos de suelo sobre la superficie del camino que interrumpen el flujo de agua y que la desvían fuera de la superficie de la calzada. Se puede circular sobre ellos con vehículos de rodada alta o de lo contrario constituirán un paso infranqueable.
- **Coraza (Enrocada, Revestimiento)** [*Armor*] – Rocas u otro tipo de material que se colocan en muros cabeceros, en suelos, o en cunetas para evitar que el agua erosione y socave o arrastre el suelo.
- **Corona** (*Crown*) – Una superficie coronada tiene la mayor elevación al centro de línea (convexa) y tiene pendientes descendentes a ambos lados. La corona se usa para facilitar el drenaje del agua en una superficie de camino amplia.

Cuneta de Captación de Agua o Cuneta de Coronamiento (Dren de intercepción) [*Catch Water Ditch (Intercept Drain)*] – Excavación o zanja de fondo plano o cuneta ubicada por arriba de un talud del corte que se diseña para interceptar, captar y drenar el agua que escurre superficialmente antes de que pase sobre el talud del corte, cuyo objetivo es proteger el talud del corte y la calzada contra la erosión.

Cunetas de salida (Desvíos, Cuneta exterior o Drenes de inglete) [*Lead-Off Ditches (Turnouts, Outside Ditch, or Mitre Drains)*] – Excavaciones diseñadas para desviar el agua fuera de la cuneta y de la calzada (en un punto donde esto no ocurra naturalmente) con el fin de disminuir el volumen y la velocidad del agua que escurre por las cunetas a lo largo del camino.

Desagüe de piedra en zanja (subdren) [*French Drain (Underdrain)*] – Zanja enterrada rellena con agregado grueso y usualmente colocada en la línea de la cuneta a lo largo del camino, que tiene la función de drenar el agua subterránea de una zona húmeda y de descargarla en un lugar seguro y estable. Para la construcción de estos desagües se podrá usar roca de diversos tamaños pero no cuentan con una tubería de drenaje en el fondo de la zanja. Véase Figura (III.2) en siguiente página.

Dren Transversal (de Alcantarilla) [*Cross-Drain (X-Drain)*] – Estructuras instaladas o construidas como pueden ser las alcantarillas y los drenes transversales empedrados, que conducen el agua de un lado del camino al lado contrario.

- **Enrocamiento de protección (Zampeado)** (*Riprap*) – Fragmentos grandes y durables de roca bien graduada idealmente con superficies fracturadas, con tamaños adecuados para resistir la socavación o el movimiento por el agua, los cuales se colocan para evitar la erosión del suelo nativo en el sitio.

- **Escombro (Arrastre)** (*Debris*) – Materia orgánica, rocas y sedimentos (hojas, maleza, madera, rocas, escombros, etc.) con frecuencia entremezclados, que se considera indeseable (en un canal o en una estructura de drenaje).

Estructura de detención (Dique o Control de Socavación) [*Check Dam (Scour Check, or Gully Control Structure)*] – Presa pequeña construida en una garganta o zanja para disminuir la velocidad del flujo, para minimizar la socavación en el canal y para atrapar sedimentos.

- **Estructura de drenaje** (*Drainage Structure*) – Estructura instalada para controlar, desviar o conducir el agua hacia fuera o a través de un camino, incluyendo pero no limitándose a alcantarillas, puentes, zanjas de drenaje, vados y drenes transversales empedrados.
- **Interior/Exterior** (*Inside/Outside*) – Referencia a un elemento en la parte interna de un camino, que es generalmente el lado del corte en talud (talud posterior) / Referencia a un elemento en la parte externa de un camino, que es generalmente el lado del talud del relleno.
- **Peralte hacia adentro** (*Inslope*) – La pendiente transversal hacia adentro de la subrasante o superficie de un camino que generalmente se expresa como un porcentaje. La pendiente transversal hacia adentro se usa para facilitar el drenaje del agua de la superficie hacia una cuneta interior. Un camino con taludes interiores tiene su punto más alto en el borde exterior de la calzada y su pendiente es descendente hacia la cuneta al pie del talud del corte, a lo largo del borde interno del camino.
- **Peralte hacia afuera** (*Outslope*) – La pendiente transversal exterior de la subrasante o superficie de un camino, generalmente expresado en porcentaje. La pendiente transversal externa se usa para facilitar el drenaje del agua del camino directamente fuera del borde exterior del camino. Un camino con taludes exteriores tiene su punto más alto en el lado del cerro o en el lado interior del camino y descien de hacia el borde exterior del camino y hacia el talud del terraplén.
- **Subdrenaje (Dren subterráneo)** [*Underdrain (Subsurface Drain)*] – Zanja enterrada rellena con agregado grueso, arena gruesa o grava, que generalmente se coloca en la línea de cunetas a lo largo del camino y cuya función es la de drenar el agua subterránea de una zona húmeda y descargarla en un lugar seguro y estable. Los subdrenes se pueden construir con un tamaño uniforme de roca, pueden envolverse en un geotextil y pueden tener un tubo perforado de drenaje en el fondo de la zanja.

Vado ondulante superficial (Vado, Vado de Base Ancha, Baden) [*Rolling Dip (Dip, Broad-Based Dip)*].

- Estructura para drenaje superficial, con un quiebre integrado a la pendiente del camino, diseñado específicamente para drenar el agua desde una cuneta interior o a través de la superficie del camino, mientras que la velocidad de desplazamiento de los vehículos se reduce en cierta forma (véase la foto inferior de la portada de esta guía).
- **Alcantarilla (Culvert)**- Tubería de drenaje hecha generalmente de metal, concreto o plástico, e instalada por debajo de la superficie del camino, para desalojar el agua desde el interior del camino hasta el exterior del mismo, o por debajo del camino. Las alcantarillas se usan para drenar las cunetas, los manantiales y los arroyos que cruzan el camino. La cubeta es el piso o el fondo de la estructura en su punto de entrada.
- **Alcantarilla tipo “Humboldt (Alcantarilla de Troncos)** [*Humboldt Culvert, Log Crossing*] – Una estructura de drenaje hecha de troncos puestos de forma paralela en un canal de flujo y cubierto con suelo para formar la superficie de la vía. Puede haber una o varias capas de troncos superpuestos, paralelos al flujo, o pueden ser hechos de varias capas cruzándose entre ellas para formar una pila de troncos más fuerte. Los cruces de troncos son altamente susceptibles a la obstrucción y con arrastre durante corrientes tormentosas dado que éstos tienen pequeños vacíos y una capacidad de flujo relativamente baja. Los cruces de troncos son usados solo para cruces de corriente temporales que deben ser removidas antes de los periodos de invierno.

Ancho total de la margen (Ancho en el nivel de aguas máximo ordinario) [*Bank Full Width (Ordinary High Water Width)*] – Ancho de la superficie del arroyo medido en la época de caudal máximo. Este flujo, en promedio, tiene un periodo de recurrencia del orden de 1,5 años. La etapa de caudal máximo es el flujo dominante de formación del canal y se identifica generalmente como el límite superior normal de la socavación del canal del arroyo por debajo del cual no puede crecer vegetación perenne.

- **Arrastre de fondo (Bedload)** – Sedimentos u otro tipo de materiales que se deslizan, giran o rebotan a lo largo del lecho del cauce o fondo del canal debido al flujo del agua.

Arroyo perenne (Perennial Stream) – Arroyo que normalmente tiene agua corriente durante todo el año.

- **Boca de caída (*Drop Inlet*)** – Cuenca de mampostería o de concreto, o pozo vertical a la entrada de una alcantarilla metálica, usualmente del mismo diámetro que el de la alcantarilla, y con frecuencia ranurado, para permitir que el agua fluya hacia la alcantarilla a medida que el nivel del agua asciende alrededor de la parte exterior. Con frecuencia se colocan las bocas de caída en alcantarillas de alivio de cunetas en donde los sedimentos o escombros podrían obturar la tubería. Una boca de caída también ayuda a controlar la elevación de la cuneta.

Bocatoma (Entrada) [*Inlet*] – La abertura en una estructura de drenaje o de una tubería donde el agua ingresa por primera vez a la estructura.

- **Borde libre (*Freeboard*)** – La altura adicional de una estructura por arriba del nivel de aguas máximo de diseño para evitar derrames y desbordamientos. Además, el borde libre, en cualquier momento, es la distancia vertical entre el nivel del agua y la parte inferior de la losa, las vigas o la estructura de un puente.
- **Cuenca de captación (*Catch Basin*)** – Cuenca excavada o construida a la entrada del tubo de drenaje transversal de la alcantarilla, la cual se usa para almacenar agua y para dirigirla hacia el tubo de la alcantarilla.

Espolón de arroyo (espigón) [*Stream Barb (Jetty)*] – Usualmente son dentellones de roca de baja altura que sobresalen de las márgenes de un arroyo extendiéndose hasta el canal del arroyo para reencauzar el flujo y alejarlo de una margen propensa a la erosión.

- **Llanura de inundación (*Flood Plain*)** – Zona nivelada o con ligera pendiente a cualquiera de los lados del canal activo (principal) que se encuentra sumergido a veces durante niveles altos de agua o durante periodos de inundación. El limo y la arena se depositan y se acumulan en esta zona a lo largo del canal principal.
- **Muro de cabeza o de remate (*Headwall*)** – Muro construido de concreto, gaviones, mampostería, troncos o madera, alrededor de la entrada o de la salida de una tubería o estructura de drenaje para aumentar la capacidad de flujo de entrada, reducir el riesgo de daños por escombros, retener el material de relleno y minimizar la socavación alrededor de la estructura.
- **Muros alero (*Wing Walls*)** – Estructuras de mampostería o de concreto construidas a los lados de los muros de cabeza a la entrada y a la salida una alcantarilla y que han sido diseñadas para retener el relleno de la calzada y para conducir el agua hacia la estructura de drenaje y fuera de ésta mientras que al mismo tiempo se protege el camino y el relleno contra la erosión.

- **Nivel de aguas máximas (*High Water Mark*)** – La línea sobre una margen o en la orilla establecida por el nivel máximo de agua. Generalmente se identifica por evidencias físicas tal como una impresión natural (berma pequeña) sobre la margen, por cambios en el tipo de suelo, por destrucción de la mayor parte de la vegetación, o por la presencia de basura y de escombros.
- **Protección de salida (*Outlet Protection*)** – Dispositivos o materiales, tales como un muro de cabeza o el enrocamiento de protección, colocado a la salida de las tuberías o de las estructuras de drenaje para disipar la energía del agua que fluye, reducir su velocidad de flujo, y prevenir la socavación del canal o de las márgenes.
- **Puente Movil (**Puente Temporal**) [*Portable, Temporary Bridge*]** – Son puentes cruzando estructuras que son típicamente modulares y relativamente cortas. Estos puentes pueden ser colocados en áreas de cruce temporales y pueden ser reusados. Marcas específicas de puentes modulares o portátiles incluyen Hamilton EZ, Puente Bailey, ACROW, Puente modular grande R, Rapid-Span Structures, Ltd. y otros puentes manufacturados. Planchas de ferrocarril también se utilizan para este propósito.
- **Rejilla contra Escombros/Arrastre (*Trash Rack*)** – Barrera construida sobre o justo aguas arriba de la bocatoma de una alcantarilla para atrapar escombros flotantes, troncos, maleza, y sedimentos para prevenir el taponamiento de la alcantarilla. Estas generalmente se hacen de hierro angular, barras riel, tubos, o madera con piezas paralelas entre con una separación de aproximadamente 15 a 30 cm. Estas rejillas requieren de limpieza periódica cuando están llenas de escombros.
- **Salida (**Outlet**)** – La abertura en una estructura o tubería de drenaje donde el agua abandona la estructura. La salida es generalmente más baja que la entrada para garantizar que el agua fluye a través de la estructura.

Sección terminal metálica (*Metal End Section*) – Muro artificial de cabeza o de alero, fabricado generalmente con el mismo tipo de metal que el de la alcantarilla, para mejorar la capacidad de entrada del caudal.

- **Socavación (*Scour*)** – Erosión o arrastre de suelo en el fondo de un arroyo, en las márgenes de un río, en un canal o por detrás de una estructura, causado en general por un aumento en la velocidad del agua o debido a la falta de protección.

- **Tocón (*Rootwad*)** – La bola de raíces de árbol y de tierra que se extrae del suelo al desenterrarse un árbol.
- **Tubificación (*Piping*)** - El arrastre de suelo fino por debajo de una tubería, terraplén o estructura, causado por fuerzas de filtración y por el agua en movimiento, que puede hacer que una estructura sea socavada y llegue a fallar.
- **Vado con alcantarillas (*Vented Ford*)** – Estructura diseñada para dejar pasar el flujo de agua normal o bajo en el canal de un arroyo o de una corriente de manera segura a través de la estructura (por ejemplo, alcantarillas) que subyace a una superficie de rodadura endurecida o reforzada. Durante periodos de altos niveles del agua o de avenidas, el flujo pasa por encima de la estructura y generalmente impide el paso de vehículos.

Vado Mejorado, Badén (Cruce en estiaje) [*Improved Ford (Low-Water Crossing) (Drift)*] – Estructura de mampostería, concreto, gabiones u otro tipo de estructura con su superficie endurecida construida a través del fondo de un arroyo intermitente o permanente para mejorar el paso de vehículos durante periodos de estiaje y para minimizar la alteración del canal o la producción de sedimentos. Vado o cruces mejorados tienen la misma interpretación.

Vado Simple, Badén (Cruce en estiaje) [*Simple Ford (Low-Water Crossing) (Drift)*] – Estructura de roca o de otro material endurecido que se construye a través del fondo de un bajío, barranca o lecho de un arroyo que está generalmente seco, para poder mejorar el paso de vehículos durante periodos de estiaje o de sequía.

Vertedero de Cresta Ancha (Cimacio de Cresta Ancha, Cimacio de Herradura) [*Broad Crested Weir*]

- Una forma específica de vertedero que es relativamente amplia comparada con la elevación de la superficie del agua. Generalmente se usan en vados o presas vertedoras como un lugar para medir flujos o modelar su comportamiento. Véase Figura (V.2) en siguiente página.

Barrera contra Azolves (Cerca contra limos, Trampa de Sedimentos) (*Silt Fence*) – Barrera temporal usada para interceptar los escurrimientos cargados de sedimentos que bajan por los taludes. Está hecha generalmente de materiales geotextiles porosos.

- **Barrera de maleza (*Brush Barrier*)** – Estructura para el control de sedimentos formada por vegetación del tipo maleza o por desperdicio vegetal acopiado al pie de un talud de relleno, siguiendo el contorno de un talud, a lo largo de un camino,

o a la salida de alcantarillas, de cunetas de desalojo, de drenes empedrados o de caballetes desviadores para atrapar los sedimentos.

- **Bultos de Ramas [*Wattles (Live Fascine)*]** – Haces largos de maleza o de ramas cortadas amarrados entre sí en forma de estructuras alargadas, las cuales se entierran o se colocan como estacas siguiendo el contorno de un talud, preferiblemente para que retoñen y formen una trampa para sedimentos o para desviar el flujo laminar que baja por el talud.
- **Camellón (*Windrow*)** – Hileras de desechos de tala de árboles y de vegetación leñosa que se han apilado para atrapar a los sedimentos, así como para que se descomponga por sí sola o para su eventual incineración; la acción de colocar camellones.

Capas de maleza (*Brush Layers*) – La práctica biotécnica de excavar terrazas de poca altura en la superficie de un talud, colocar en capas cortes de la vegetación que volverán a crecer, y tapar (enterrar) los cortes con suelo. Los recortes se colocan en dirección perpendicular al contorno del talud. Véase Figura (VI.1) en siguiente página.

- **Control Biotécnico de Erosión (*Biotechnical Erosion Control Methods*)** – Combinación de medidas de vegetación y estructurales empleadas para prevenir la erosión o para estabilizar taludes y márgenes de arroyos. Dentro del término “biotécnico” se describen varios métodos para colocar una cubierta vegetal al sembrar una combinación de plantas vivas, latentes y/o en descomposición en las márgenes y en las orillas de manera que actúen estructuralmente, o en combinación con enrocamiento de protección o con estructuras físicas tales como encofrados o gaviones.
- **Control de Erosión (*Erosion Control*)** – Es la acción de disminuir o eliminar la erosión en progreso producida por el impacto de las gotas de lluvia, la formación de surcos, la formación de barrancas, el desmoronamiento de los bordos, y otros procesos superficiales.

Cubierta Retenedora de Humedad (Cobertura Vegetal) [*Mulch*] - Material ubicado o esparcido sobre la superficie del terreno para retener humedad, promover la germinación de semillas, y proteger el suelo de la lluvia y la erosión de arroyos (barranquillas/ quebradas).

Cuenca de captación de sedimentos (*Sediment Catchment Basin*) – Cuenca artificial diseñada para disminuir la velocidad del agua y para atrapar sedimentos a medida que se van depositando en el agua.

- **Desperdicio maderero (*Slash*)** – Todas las copas de árboles, ramas, corteza y productos forestales de desecho, ramas tiradas por el viento, u otros tipo de escombros dejados en el terreno como resultado del corte de madera o de otros productos forestales.
- **Erosión (*Erosion*)** – Proceso mediante el cual la superficie del terreno es arrastrada y las partículas de suelo son desplazadas por la acción del viento o del agua en forma de gotas de lluvia, escurrimientos superficiales y oleaje.
- **Escarificación (*Scarification*)** – Acción de escarificación o de desmonte de la superficie del bosque o de la superficie de un camino y de mezclado de esos materiales con un suelo mineral, generalmente mediante equipo mecánico, para aflojar el suelo, disminuir la compactación y preparar la zona para sembrar pastos o árboles.

Especies nativas (*Native Species*) – Especies que se encuentran o viven naturalmente en una cierta zona (nativas), como pueden ser las plantas nativas que crecen localmente.

- **Estacas vivas (*Live Stakes*)** – Secciones de plantas leñosas que se cortan en tramos (estacas) y se colocan o se hincan en el talud. La materia vegetal se coloca durante el otoño o en la primavera cuando la planta original (y en consecuencia los cortes que se hagan de ella) está latente. El material vegetal usado para estacas es generalmente de las especies resistentes que se enraizarán fácilmente a partir de las estacas y con el tiempo crecerán hasta convertirse en matorrales leñosos que refuerzan la estructura del suelo que recubre al talud.

Estructura de Detención (Dique) [*Check Structure, Dike, Gully Control Structure*] -Una pequeña presa construida en un arroyo (Barranquilla) o canal para minimizar la velocidad del flujo, detener sedimentos, minimizar la erosión de canales, y promover la vegetación del área. Las estructuras son hechas normalmente de fardos, roca, barandillas, troncos, costales de agregado, concreto o mampostería.

Medidas de control de erosión usando Vegetación (*Vegetative Erosion Control Measures*) – Uso de cortes o estacas vivas, semillas, césped y trasplantes para generar vegetación (pasto, maleza, árboles) para el control de la erosión y para trabajos de protección de taludes.

- **Medidas Físicas de control de la erosión (*Physical Erosion Control Measures*)** – Medidas que no son de origen vegetal usadas para controlar la erosión, tales como el blindaje del suelo con enrocamiento de protección, barreras contra azolves,

esteras tejidas, gaviones, extendido o colocación de hileras de desperdicio vegetal de explotaciones forestales o de materiales leñosos, etc., así como para controlar el agua mediante estanques de sedimentación, cunetas de drenaje revestidas, etcétera.

- **Pasto Vetiver (*Vetiver Grass*)** – Una de las muchas variedades de pasto no agresivo de grandes atados que se usa ampliamente para control de erosión y conservación de humedad. Cuando se siembra en hileras hace más lento el escurrimiento y sirve de filtro para los sedimentos. Su sistema de raíces en forma de cortina ayuda a anclar al suelo y compite mínimamente con raíces de cultivos vecinos.

Prevención de la erosión (*Erosion Prevention*) – Se trata de evitar la erosión antes de que ésta ocurra. La prevención de la erosión es generalmente menos costosa y más efectiva que el control de la erosión. El objetivo de la prevención de la erosión es la protección de un camino, incluidas sus estructuras de drenaje, los taludes de corte y terraplén y las zonas afectadas, así como la protección de la calidad del agua.

- **Quebrada (Cárcava, Barranquilla) [*Gully*]** - Un canal de erosión formado por el escurrimiento superficial concentrado que es generalmente mayor que un metro cuadrado en área de sección transversal (1 m de profundidad por 1 m de ancho). Las quebradillas generalmente se forman en donde la superficie del camino o dique de escurrimiento se desvía hacia pendientes erosivas, sin protección, o rellenos sueltos.
- **Sedimentación (Sedimento) [*Sedimentation (Sediment)*]** – Suelo, generalmente arcilla, limo y arena, que es erosionado del terreno o de caminos pobremente construidos y llega a un arroyo o a una corriente de agua, disminuyendo por lo general la calidad del agua en los ríos, arroyos y lagos.
- **Setos vivos de árboles (*Vegetative Contour Hedgerow*)** – Hileras de árboles y de arbustos que generalmente se plantan en los contornos a través de los taludes que conforman una frontera y que pueden proporcionar control de protección contra la erosión inducida por flujo laminar, y al mismo tiempo producir alimento y refugio para la vida silvestre.
- **Suelos erosionables (*Erosive Soils*)** – Suelos que son relativamente susceptibles a la erosión y al movimiento ocasionado por el impacto de las gotas de lluvia al caer y por los escurrimientos superficiales. Es de todos conocido que los suelos finos granulares sin cohesión tales como arenas finas derivadas de la descomposición del granito, limos o arenas finas, son conocidos por ser muy propensos a la erosión.

Ángulo de reposo (*Angle of Repose*) – El talud o ángulo máximo al cual un material granular, tal como roca suelta o suelo permanece estable.

- **Área amortiguadora, Zona de Amortiguación (*Buffer Zone*)** – Zona designada a lo largo de un arroyo o alrededor de un cuerpo de agua o de una zona con ancho suficiente como para minimizar la entrada de sustancias químicas forestales, sedimentos u otro tipo de contaminantes en el cuerpo de agua o para proteger la zona.

Camino de arrastre (Arrastre) [*Skid Trail (Skidding)*] – Sendero temporal no estructural sobre el piso del bosque que se usa para arrastrar los árboles talados o los troncos hasta un embarcadero de troncos.

- **Cancelación del camino (*Road Obliteration*)** – Una forma de cerrar el camino en la que se rellenan de nuevo las zonas excavadas, se retiran los rellenos y las estructuras de drenaje, se restauran los contornos a su condición natural, se reforesta el área, y a final de cuentas se intenta restaurar la configuración y la condición natural del terreno. De esta manera se eliminan los impactos ambientales más desfavorables producidos por el camino.
- **Cierre del camino (Temporal) [*Road Closure (Temporary)*]** – Cierre del acceso vehicular a un camino mediante el uso de barricadas tales como puertas, barreras de troncos, montones de tierra, u otro tipo de estructuras provisionales. El resultado final es la restricción en el uso del camino durante un cierto tiempo.
- **Curvas de nivel (*Contours*)** – Líneas dibujadas en un plano que conecta puntos con la misma elevación. Las curvas de nivel representan números pares y el intervalo de elevaciones debe seleccionarse de manera que sea congruente con el terreno, la escala y el uso previsto para el plano. Las curvas representan niveles.

Explotación forestal (Tala de madera) [*Logging (Harvesting)*] – La explotación forestal es el proceso de tala de árboles para sacar madera. Éste incluye el derribo, el arrastre, la carga y el transporte de los productos forestales, en particular de troncos.

- **Gaviones (*Gabions*)** – Jaulas (generalmente de alambre) rellenas con roca (o de fragmentos de concreto triturado) de entre 10 y 20 cm de tamaño que se usan para la construcción de estructuras de control de la erosión, vertederos, protección de márgenes o estructuras de contención.

- **Geotextil (Tela de filtro)** [*Geotextile (Filter Fabric)*] – Textil fabricado con fibras sintéticas de “plástico”, que generalmente no son biodegradables, para formar un producto semejante a un delantal. Los geotextiles pueden ser tejidos o no tejidos y pueden tener diferentes grados de porosidad, área abierta y propiedades de resistencia. Se usan como barreras contra la humedad, para separación o refuerzo de suelos, para filtración y para drenaje.
- **Hábitat** (*Habitat*) – El medio ambiente natural que forma el hogar de plantas y animales nativos. Por ejemplo, los márgenes de los ríos constituyen el hábitat para insectos que son la principal fuente de alimentación de muchos peces.
- **Impacto ambiental** (*Environmental Impact*) – Acción o serie de acciones que tienen un efecto sobre el medio ambiente. Una Evaluación de Impacto Ambiental predece y evalúa estos efectos, tanto positivos como negativos, y las conclusiones se usan como una herramienta para la planificación y para la toma de decisiones.
- **Mejoramiento** (*Upgrading*) – El proceso mediante el cual se mejora el estándar de un camino existente o se altera para permitir una mayor capacidad y un recorrido más seguro por parte de un mayor volumen de tránsito.
- **Mejores Prácticas de Gestión (MPG)** [*(Best Management Practices (BMP))*] – Lineamientos prácticos que se pueden aplicar para disminuir el impacto ambiental de los caminos y de las actividades de gestión de bosques (tales como la construcción de caminos, vías de arrastre y desembarcaderos de troncos) y para proteger la calidad del agua. En las prácticas BMP se incluyen los aspectos clave de planificación, ubicación, diseño, construcción y mantenimiento de caminos u otras actividades que pueden ser causa de impactos ambientales adversos, así como métodos sugeridos para prevenir esos impactos.

Mitigación (*Mitigation*) – La acción o elemento específico usado para disminuir o eliminar un impacto ambiental adverso.

- **Objetivos de la Gestión de Caminos** (*Road Management Objectives*) – Son los objetivos que establecen la finalidad de un camino en particular con base en lineamientos directivos y en los objetivos de administración de acceso. Entre los objetivos de administración de caminos se incluyen los criterios de diseño, los criterios de operación y los criterios de mantenimiento.
-

Plataforma de carga (Plataforma de troncos) [*Landing (Log Deck)*] – Cualquier lugar en el sitio de la explotación o junto a éste, donde se apilan los troncos después de ser encerrados, en espera de su manejo subsecuente, carga y transporte. Ésta es un área relativamente plana, comúnmente con un diámetro entre 20 y 50 metros.

- **Poner fuera de servicio un camino (*Road Decommissioning*)** – Cierre permanente de un camino mediante técnicas que incluyen el bloqueo de la entrada, la colocación de ramas y de matorrales sobre la carpeta de rodadura, el crecimiento de vegetación, ubicación de caballones desviadores, eliminación de rellenos y las alcantarillas, o reestablecimiento de los patrones naturales de drenaje. Sin embargo, la configuración básica del camino, o la plantilla sigue estando en el lugar. El resultado final es dar por terminada la función del camino y mitigar los impactos adversos ambientales producidos por el mismo.

Rehabilitación (Recuperación, Restauración) [*Reclamation (Rehabilitation)*] – Actividades en las que se recicla, repara o mejora una parte o todo un camino existente, banco de préstamo o zona alterada y se restaura a su condición original o a alguna condición final deseada.

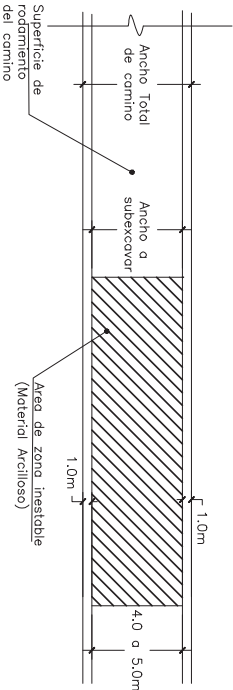
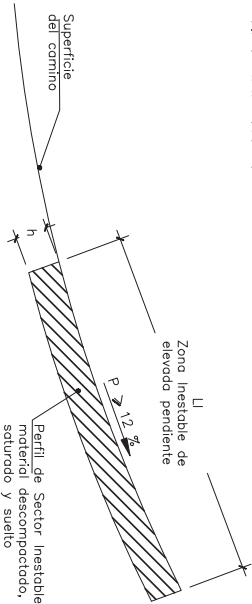
Suelo nativo (*Native Soil*) – Suelo natural, en el lugar o *in situ* que se ha formado en el sitio y que no ha sido importado artificialmente al sitio.

- **Zonas Protectoras de Aguas (ZPA) [*Streamside Management Zone (SMZ)*]**
 - El terreno, junto con la vegetación que ha crecido dentro de él, inmediatamente en contacto con el arroyo y suficientemente cercana a éste como para tener una influencia importante sobre el carácter ecológico total y sobre la función del arroyo. Constituye una zona de amortiguamiento a lo largo de un arroyo en la cual las actividades están limitadas o prohibidas.

6. Anexo: PLANOS

RAMPA. REPARACIÓN DE ZONAS INESTABLES EN SECTORES DE ALTA PENDIENTE

A- Problema a Resolver

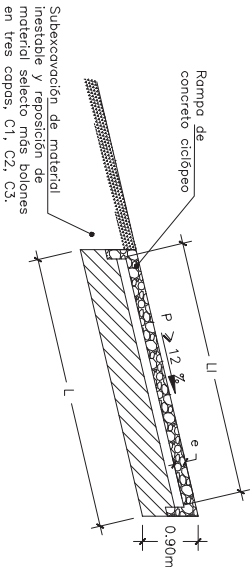
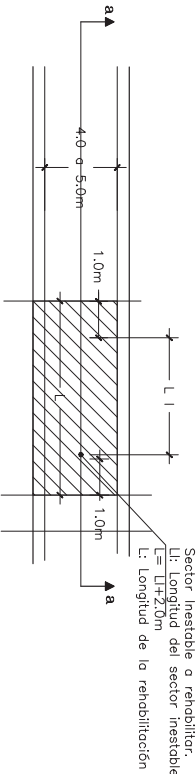


Sector inestable: Descompactado, material suelto con matriz (limo arcilloso que en presencia del agua se torna inestable).

Los caminos vecinales están emplazados generalmente sobre una topografía de ondulada a montañosa con "fuerter" pendientes con secciones que oscilan de 12 % a más. Su superficie de rodamiento está formada parcialmente por material selecto y muchas veces no hay buena calidad, lo que deviene en tener resultados desfavorables ante la presencia de las precipitaciones y tráfico vehicular, pesado y menor espesor.

Dado que el camino emplazará un reducido porcentaje de longitud sobre pendientes "fuerter", los mayores daños se ocasionan en las pendientes positivas y negativas (baldados). Estos diseños están considerados para sectores de fuerte pendiente (12% de pendiente a mayores)

B-Solución Técnica
Rampa de Concreto Ciclópeo con Estructura de bolón

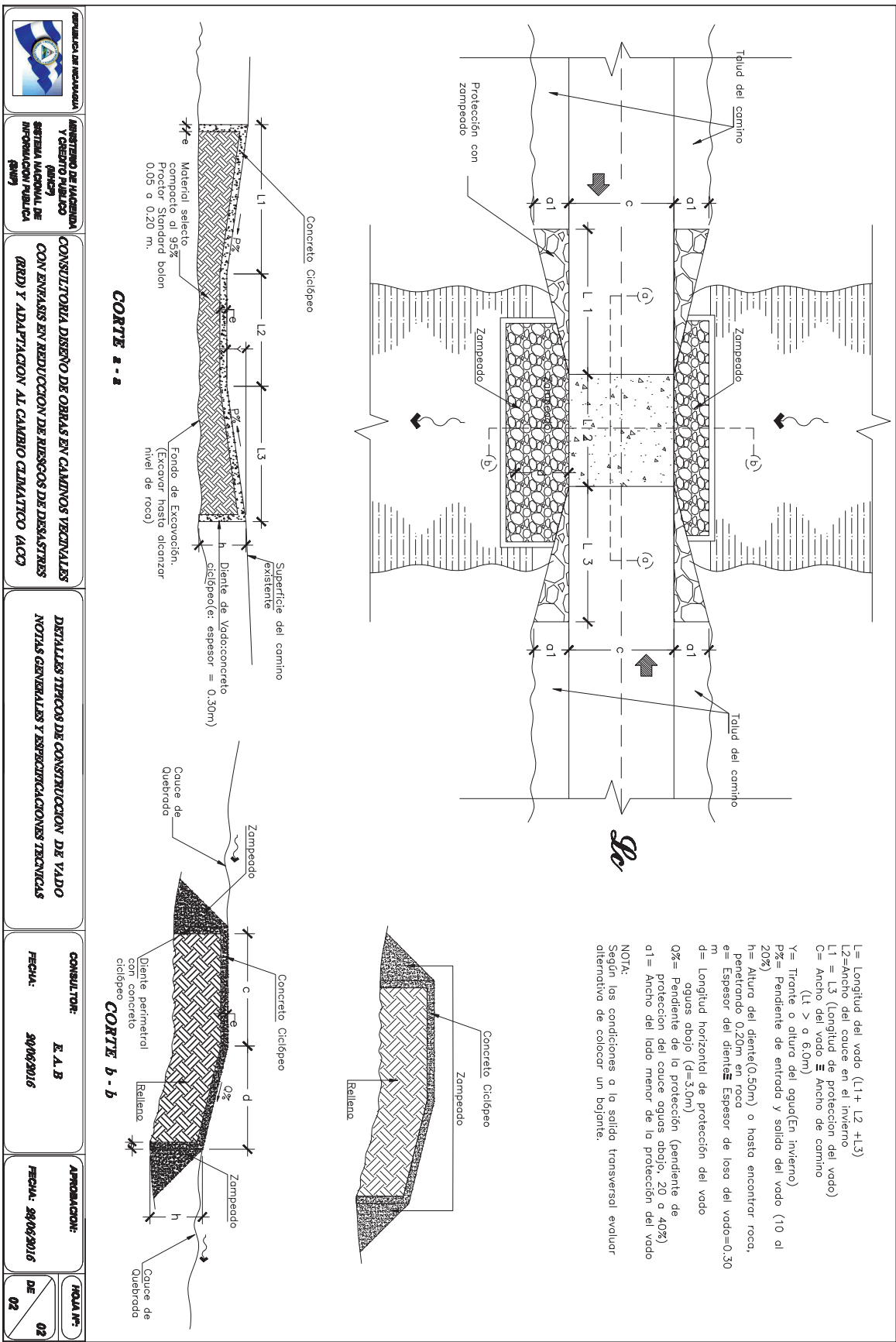


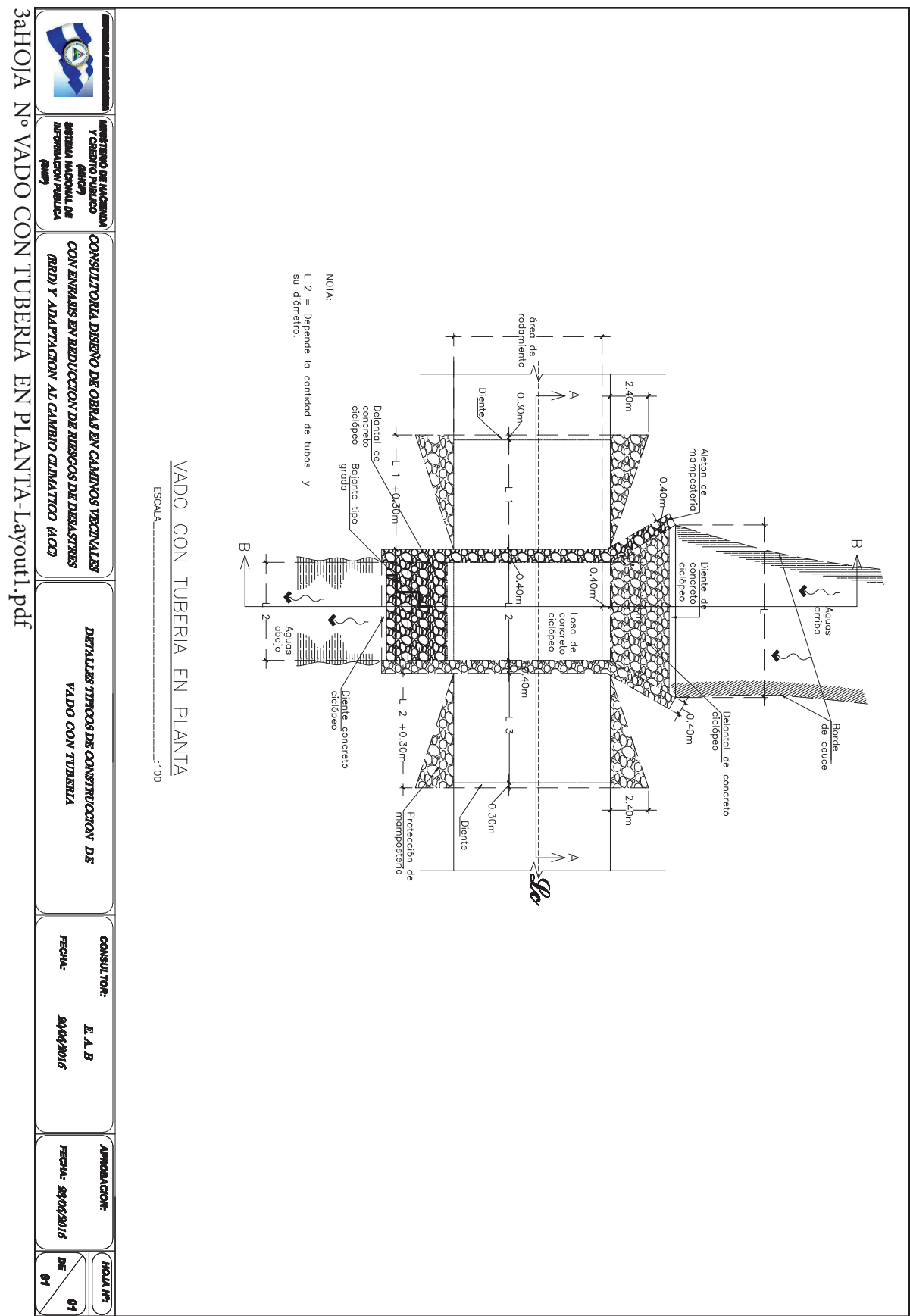
Sección a - a

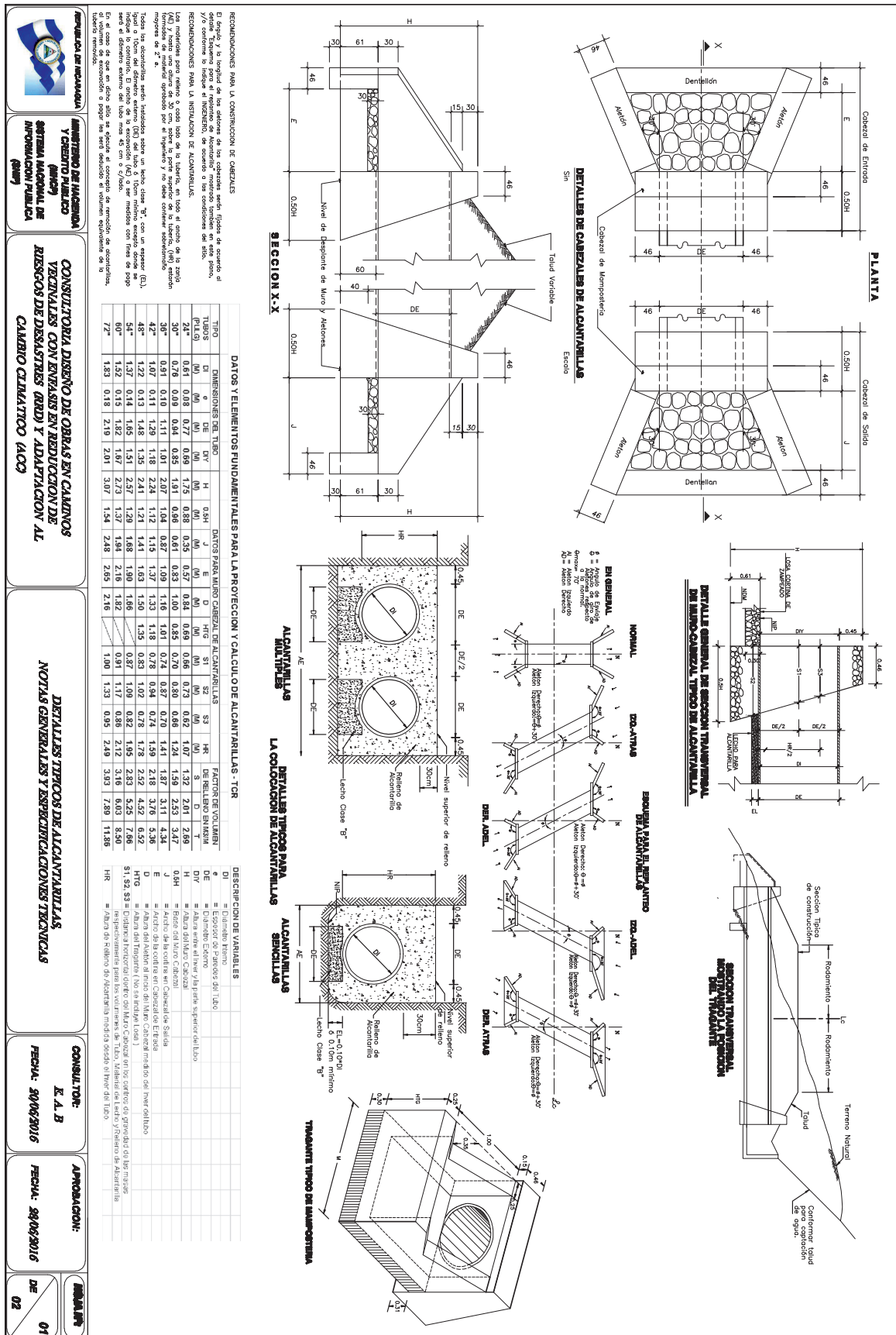
Proceso de diseño se formará de las siguientes actividades

1. Identificación de la zona inestable
2. Delimitación del área inestable (Un metro hacia adentro del borde lateral del camino) Eliminación del material inestable, retiro del material inestable.
3. Sub-excavación del área inestable entre 0.40 y 0.60m.
4. Retirar y depositar material subexcavado en los botaderos autorizados
5. Reposición de zona excavada con las siguientes capas de bolones indicados en plano N° 02/02

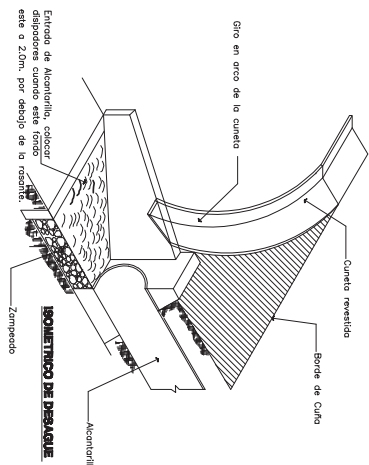
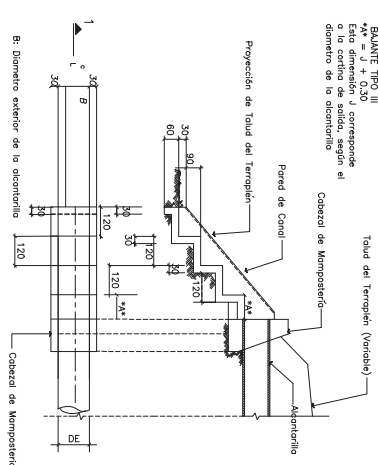
	MINISTERIO DE VIVIENDA Y OBRAS PÚBLICAS SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN PÚBLICA (SINAP)	CONSULTORIA DISEÑO DE OBRAS EN CAMINOS VECINALES CON ENFASIS EN REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (ARD) Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (ACC)	DETALLES TÍPICOS DE CONSTRUCCIÓN RAMPA DE CONCRETO CICLOPEO CON ESTRUCTURA DE BOLON NOTAS GENERALES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	CONSULTOR: E. A. B	FECHA: 20/06/2016	APROBACIÓN: FECHA: 28/06/2016	HOJA N°: DE 01
---	--	---	--	-------------------------------------	------------------------------------	--	---------------------------------







HCUA N°:
 DE
 02

BAJANTE TIPO III
A = 1 + 0.30



MINISTERIO DE VIVIENDA Y OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

CONSULTORIA DISEÑO DE OBRAS EN CAMINOS VEGETALES CON ENFASIS EN REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES (ARD) Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO (ACC)

DETALLES TÍPICOS DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES, NOTAS GENERALES Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

CONSULTOR: E. A. B.

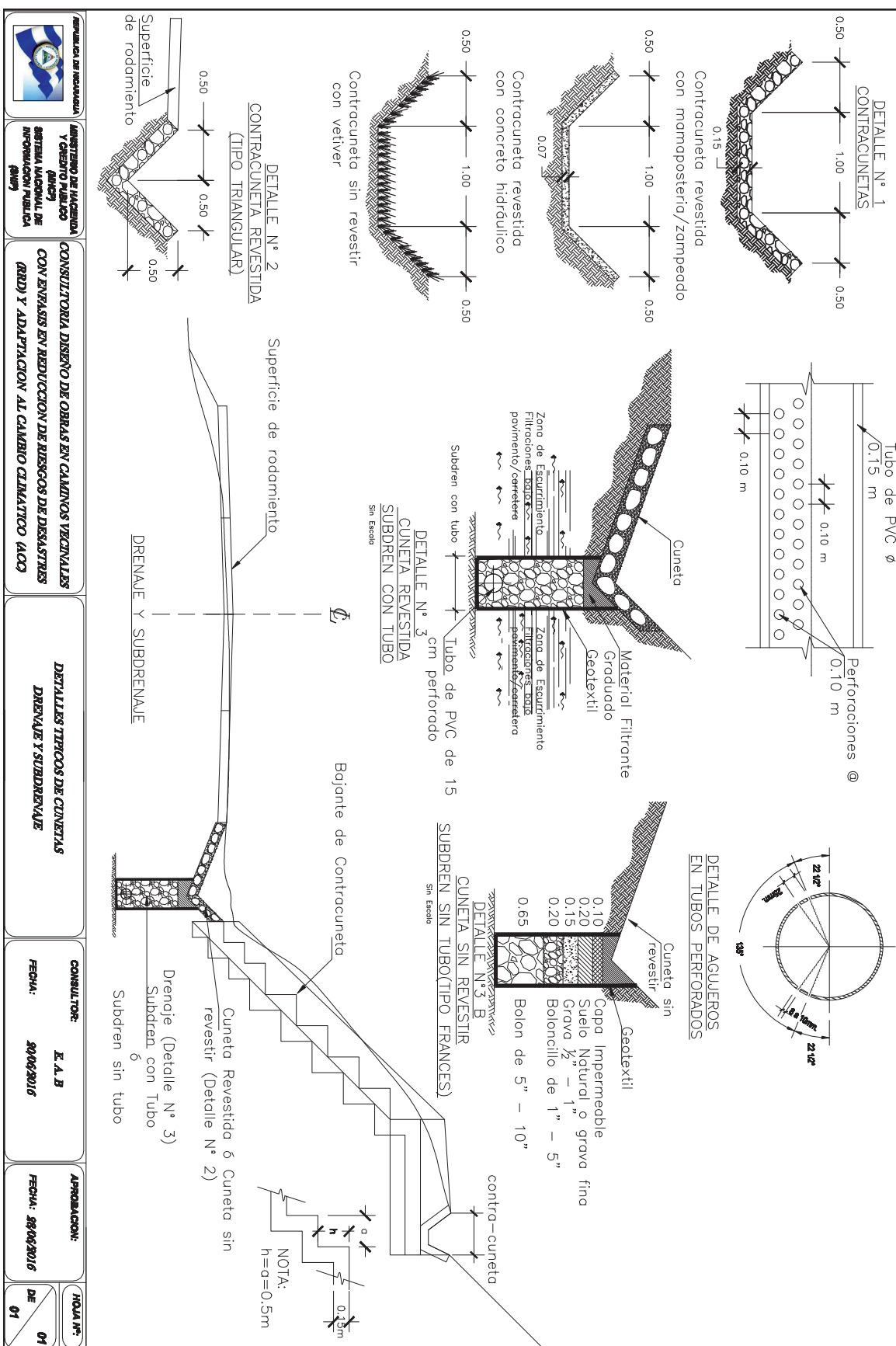
FECHA: 24/06/2016

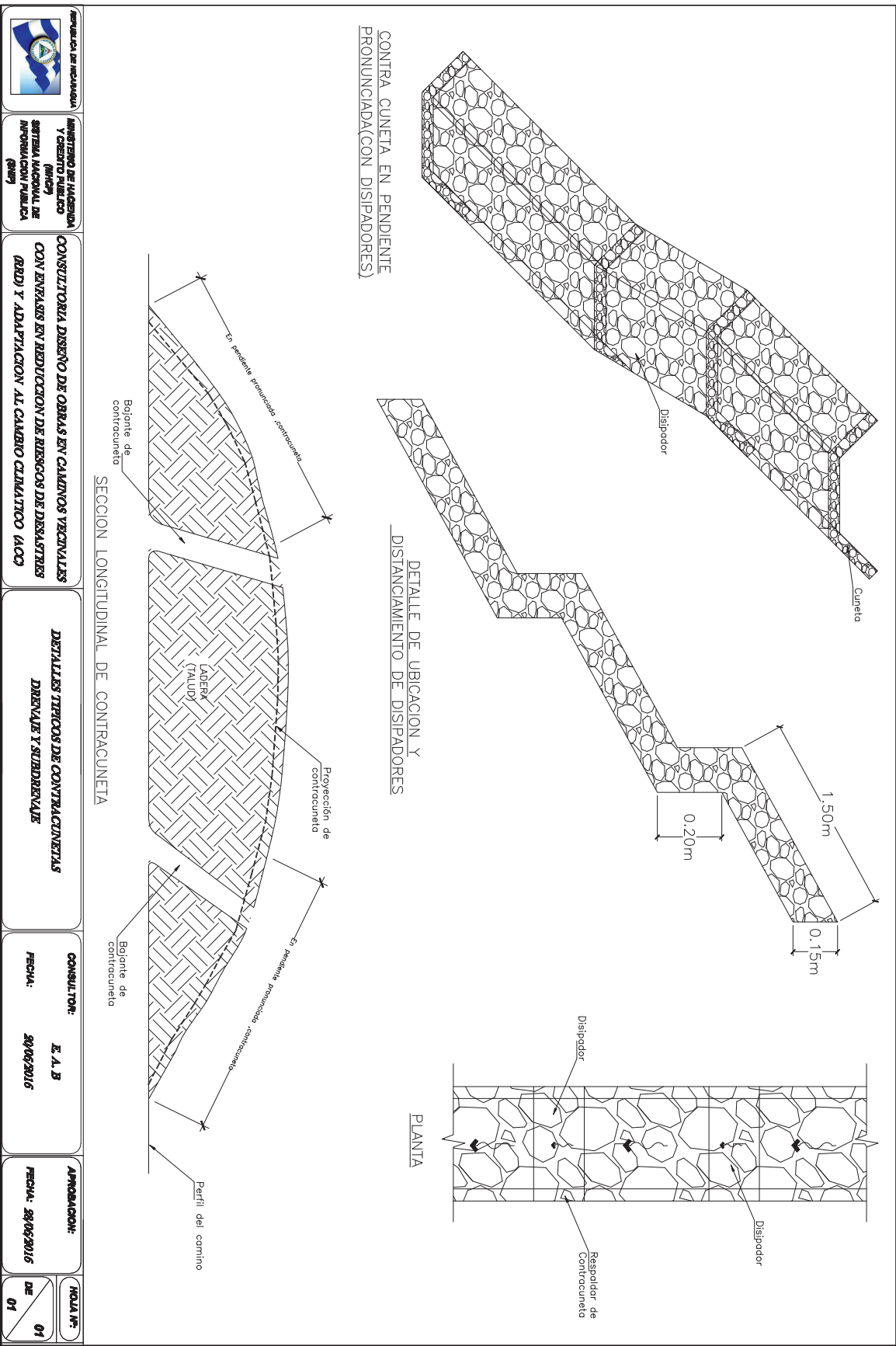
APROBACIÓN:

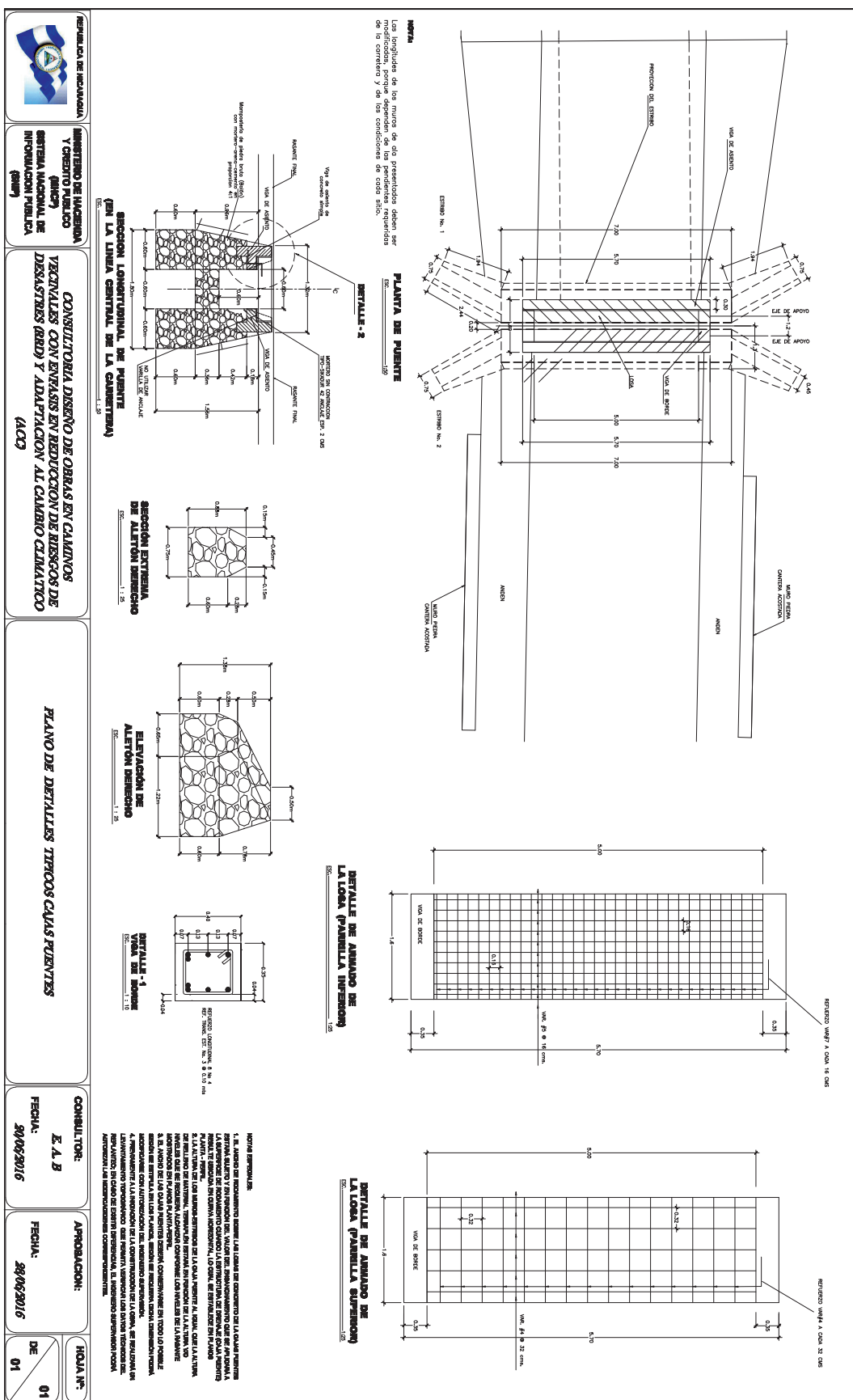
FECHA: 24/06/2016

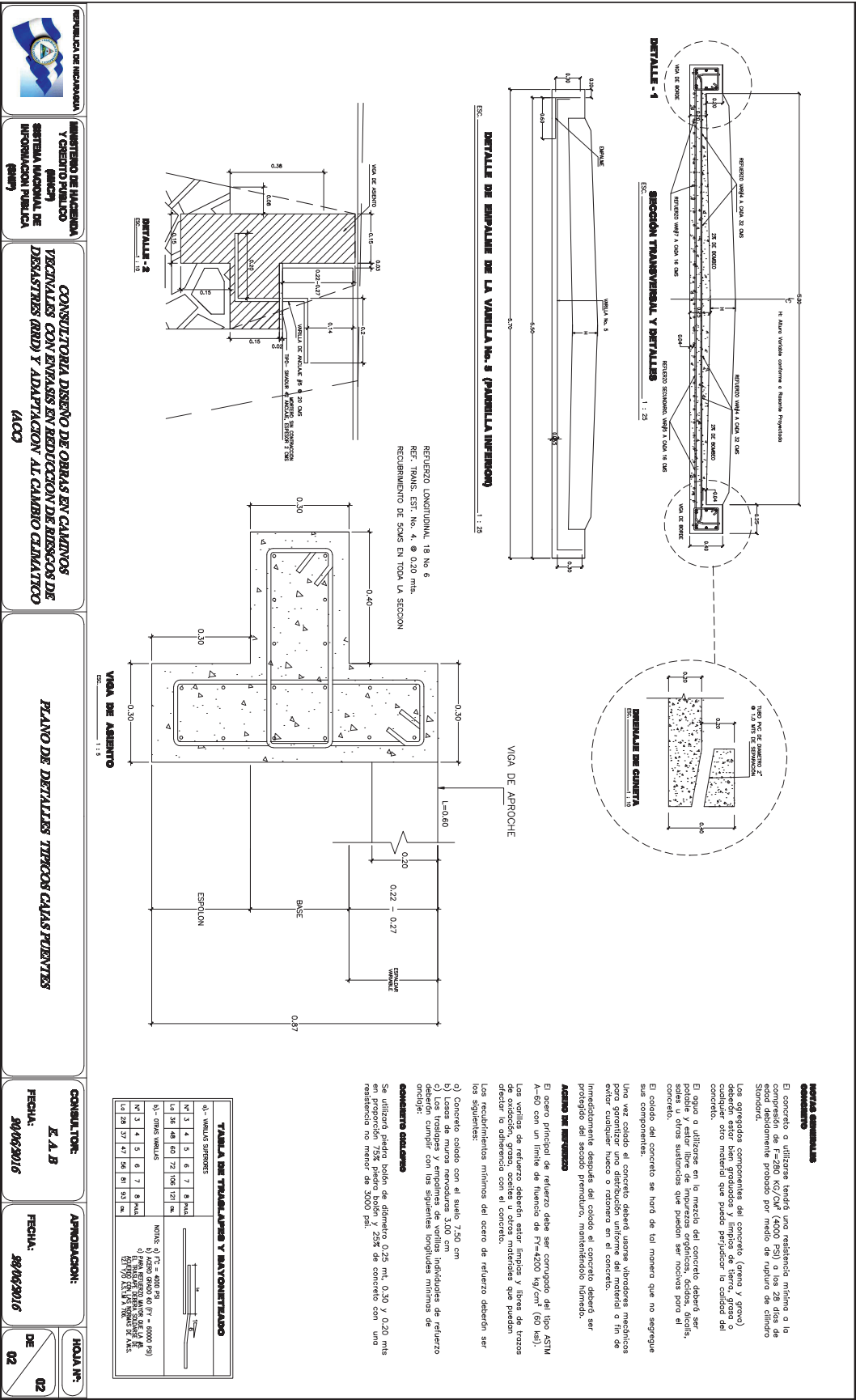
HOJA Nº:

DE 01









DETALLE - 14

1 : 25



DETALLE - 15

1 : 25



DETALLE - 16

1 : 25



DETALLE - 17

1 : 25



DETALLE - 18

1 : 25

DETALLE - 19

1 : 25

DETALLE - 20

1 : 25

DETALLE - 21

1 : 25

DETALLE - 22

1 : 25

DETALLE - 23

1 : 25

DETALLE - 24

1 : 25

DETALLE - 25

1 : 25

DETALLE - 26

1 : 25

DETALLE - 27

1 : 25

DETALLE - 28

1 : 25

DETALLE - 29

1 : 25

DETALLE - 30

1 : 25

DETALLE - 31

1 : 25

DETALLE - 32

1 : 25

DETALLE - 33

1 : 25

DETALLE - 34

1 : 25

DETALLE - 35

1 : 25

DETALLE - 36

1 : 25

DETALLE - 37

1 : 25

DETALLE - 38

1 : 25

DETALLE - 39

1 : 25

DETALLE - 40

1 : 25

DETALLE - 41

1 : 25

DETALLE - 42

1 : 25

DETALLE - 43

1 : 25

DETALLE - 44

1 : 25

DETALLE - 45

1 : 25

DETALLE - 46

1 : 25

DETALLE - 47

1 : 25

DETALLE - 48

1 : 25

DETALLE - 49

1 : 25

DETALLE - 50

1 : 25

DETALLE - 51

1 : 25

DETALLE - 52

1 : 25

DETALLE - 53

1 : 25

DETALLE - 54

1 : 25

DETALLE - 55

1 : 25

DETALLE - 56

1 : 25

DETALLE - 57

1 : 25

DETALLE - 58

1 : 25

DETALLE - 59

1 : 25

DETALLE - 60

1 : 25

DETALLE - 61

1 : 25

DETALLE - 62

1 : 25

DETALLE - 63

1 : 25

DETALLE - 64

1 : 25

DETALLE - 65

1 : 25

DETALLE - 66

1 : 25

DETALLE - 67

1 : 25

DETALLE - 68

1 : 25

DETALLE - 69

1 : 25

DETALLE - 70

1 : 25

DETALLE - 71

1 : 25

DETALLE - 72

1 : 25

DETALLE - 73

1 : 25

DETALLE - 74

1 : 25

DETALLE - 75

1 : 25

DETALLE - 76

1 : 25

DETALLE - 77

1 : 25

DETALLE - 78

1 : 25

DETALLE - 79

1 : 25

DETALLE - 80

1 : 25

DETALLE - 81

1 : 25

DETALLE - 82

1 : 25

DETALLE - 83

1 : 25

DETALLE - 84

1 : 25

DETALLE - 85

1 : 25

DETALLE - 86

1 : 25

DETALLE - 87

1 : 25

DETALLE - 88

1 : 25

DETALLE - 89

1 : 25

DETALLE - 90

1 : 25

DETALLE - 91

1 : 25

DETALLE - 92

1 : 25

DETALLE - 93

1 : 25

DETALLE - 94

1 : 25

DETALLE - 95

1 : 25

DETALLE - 96

1 : 25

DETALLE - 97

1 : 25

DETALLE - 98

1 : 25

DETALLE - 99

1 : 25

DETALLE - 100

1 : 25

DETALLE - 101

1 : 25

DETALLE - 102

1 : 25

DETALLE - 103

1 : 25

DETALLE - 104

1 : 25

DETALLE - 105

1 : 25

DETALLE - 106

1 : 25

DETALLE - 107

1 : 25

DETALLE - 108

1 : 25

DETALLE - 109

1 : 25

DETALLE - 110

1 : 25

DETALLE - 111

1 : 25

DETALLE - 112

1 : 25

DETALLE - 113

1 : 25

DETALLE - 114

1 : 25

DETALLE - 115

1 : 25

DETALLE - 116

1 : 25

DETALLE - 117

1 : 25

DETALLE - 118

1 : 25

DETALLE - 119

1 : 25

DETALLE - 120

1 : 25

DETALLE - 121

1 : 25

DETALLE - 122

1 : 25

DETALLE - 123

1 : 25

DETALLE - 124

1 : 25

DETALLE - 125

1 : 25

DETALLE - 126

1 : 25

DETALLE - 127

1 : 25

DETALLE - 128

1 : 25

DETALLE - 129

1 : 25

DETALLE - 130

1 : 25

DETALLE - 131

1 : 25

DETALLE - 132

1 : 25

DETALLE - 133

1 : 25

DETALLE - 134

1 : 25

DETALLE - 135

1 : 25

DETALLE - 136

1 : 25

DETALLE - 137

1 : 25

DETALLE - 138

1 : 25

DETALLE - 139

1 : 25

DETALLE - 140

1 : 25

DETALLE - 141

1 : 25

DETALLE - 142

1 : 25

DETALLE - 143

1 : 25

DETALLE - 144

1 : 25

DETALLE - 145

1 : 25

DETALLE - 146

1 : 25

DETALLE - 147

1 : 25

DETALLE - 148

1 : 25

DETALLE - 149

1 : 25

DETALLE - 150

1 : 25

DETALLE - 151

1 : 25

DETALLE - 152

1 : 25

DETALLE - 153

1 : 25

DETALLE - 154

1 : 25

DETALLE - 155

1 : 25

DETALLE - 156

1 : 25

DETALLE - 157

1 : 25

DETALLE - 158

1 : 25

DETALLE - 159

1 : 25

DETALLE - 160

1 : 25

DETALLE - 161

1 : 25

DETALLE - 162

1 : 25

DETALLE - 163

1 : 25

DETALLE - 164

1 : 25

DETALLE - 165

1 : 25

DETALLE - 166

1 : 25

DETALLE - 167

1 : 25

DETALLE - 168

1 : 25

DETALLE - 169

1 : 25

DETALLE - 170

1 : 25

DETALLE - 171

1 : 25

DETALLE - 172

1 : 25

DETALLE - 173

1 : 25

DETALLE - 174

1 : 25

DETALLE - 175

1 : 25

DETALLE - 176

1 : 25

DETALLE - 177

1 : 25

DETALLE - 178

1 : 25

DETALLE - 179

1 : 25

DETALLE - 180

1 : 25

DETALLE - 181

1 : 25



COSUDE

Esta es una publicación de la Dirección de Preinversión de la Dirección General de Inversiones Públicas. Su reproducción ha sido financiado por la Agencia de Cooperación Suiza (COSUDE), a través del proyecto Fortalecimiento al SNIP para Reducción de Riesgo a Desastres y Adaptación al Cambio Climático en el ciclo de proyectos de inversión pública.