

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS DEL Km. 89+000 AL Km. 94+000**

ESTUDIO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

JORGE FARFAN CASAVARDE

Lima - Perú

2010

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres Antonio y Edelmira que desde el inicio de mi carrera me apoyaron en todo momento para ser un profesional, gracias por sus sacrificios, a mis hermanos Carlos y Rocío, y por último al amor de mi vida, Flor de María que me alentó en el último tramo de este proceso.

INDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I: PERFIL DEL PROYECTO	8
1.1. ASPECTOS GENERALES	8
1.1.1. Nombre del Proyecto	8
1.1.2. Ubicación	8
1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	8
1.2.1. Diagnóstico de la situación actual	8
1.2.2. Marco de referencia	8
1.3. DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS	10
1.3.1. Objetivo del proyecto	10
1.4. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN	12
1.4.1. Horizonte del proyecto	12
1.4.2. Área de influencia	12
1.4.3. Estudio de tráfico	12
1.4.4. Análisis de la demanda	13
1.4.5. Análisis de la oferta	14
1.4.6. Balance oferta – demanda	15
1.5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	15
1.5.1. Costos	16
1.6. EVALUACION ECONÓMICA	17
1.7. CONCLUSIONES	18
CAPITULO II: DRENAJE SUPERFICIAL	20
2.1. SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE	20
2.1.1. Inventario de pases de agua	20
2.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO	21
2.2.1. Introducción	21
2.2.2. Recopilación de la información básica	21
2.2.3. Caudal de diseño para obras de drenaje	24

2.3.	SISTEMAS DE DRENAJE	31
2.3.1.	Importancia del drenaje en carreteras	31
2.3.2.	Clasificación del sistema de drenaje	31
2.3.3.	Drenaje de flujo superficial	32
2.3.4.	Sistema de drenaje longitudinal	32
2.3.5.	Sistema de drenaje transversal	37
2.4.	DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS	48
2.4.1.	Criterios de diseño	48
2.4.2.	Cálculo de las dimensiones de la cuneta	48
2.4.3.	Cálculo de las dimensiones de la alcantarilla de paso	50
2.4.4.	Cálculo de las dimensiones de la alcantarilla de alivio	51
	CAPITULO III: CONSERVACION Y MANTENIMIENTO	53
3.1.	MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE	53
3.2.	METODOLOGIA	53
3.3.	MANTENIMIENTO RUTINARIO	53
3.4.	MANTENIMIENTO PERIODICO	54
3.5.	OBRA DE CONSERVACION PUNTUAL	54
3.6.	TRABAJOS DE EMERGENCIA	54
3.7.	ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	55
	CAPITULO IV: EXPEDIENTE TÉCNICO	57
4.1.	MEMORIA DESCRIPTIVA	57
4.1.1.	Antecedentes	57
4.1.2.	Objetivos	57
4.1.3.	Ubicación y acceso a la zona de estudio	57
4.1.4.	Estudio de hidrología	57
4.1.5.	Diseño hidráulico	58
4.2.	ESPECIFICACIONES TECNICAS	58
4.3.	PRESUPUESTO	59
	CONCLUSIONES	60
	RECOMENDACIONES	61
	BIBLIOGRAFIA	62
	ANEXOS	

RESUMEN

El drenaje superficial es muy importante en el momento de planificar una carretera: sin un buen sistema de drenaje, el agua afectaría la estructura de la carretera y serían muy elevados los costos de conservación y mantenimiento. El presente informe trata específicamente el tema del drenaje superficial de la carretera entre los km. 89+000 al km. 94+000, concluyendo como alternativas de solución la construcción de cunetas para el drenaje longitudinal y para el drenaje transversal, alcantarillas de alivio que colecten el agua de las cunetas, y una alcantarilla de paso para el agua de la quebradas Chaucalla y Chichicay.

Para hallar la intensidad de la lluvia se realiza un análisis estadístico de precipitaciones y mediante el uso de la fórmula racional se obtiene el caudal de escorrentía. Para el diseño hidráulico de la cuenta se utiliza la fórmula de Manning y para la alcantarilla se diseña por control en la entrada.

Se realizó un trabajo de campo donde se evaluaron las condiciones actuales de la carretera y se hizo un inventario de las obras de drenaje, viendo la falta de obras que permitan eliminar el agua de la superficie de rodadura.

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1.01	Tramificación de la vía	10
Cuadro N° 1.02	Estudio de tráfico año 2005	12
Cuadro N° 1.03	VARIABLES macroeconómicas 2005 y 2009	13
Cuadro N° 1.04	Proyección del tráfico del año 2005 al 2009	13
Cuadro N° 1.05	Proyección del tráfico del año 2010 al 2016	14
Cuadro N° 1.06	Costos financieros de inversión	16
Cuadro N° 1.07	Costos financieros de mantenimiento	17
Cuadro N° 1.08	Costos de inversión y mantenimiento	17
Cuadro N° 1.09	Cálculo del VAN y TIR para cada alternativa	17
Cuadro N° 2.01	Resumen de oferta de drenaje longitudinal existente	20
Cuadro N° 2.02	Pases de agua existentes	20
Cuadro N° 2.03	Información cartográfica	21
Cuadro N° 2.04	Información pluviométrica	21
Cuadro N° 2.05	Valores de Precipitación máxima probables (mm)	24
Cuadro N° 2.06	Métodos utilizados para la determinación del caudal	24
Cuadro N° 2.07	Períodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito	25
Cuadro N° 2.08	Áreas de aporte a las estructuras	25
Cuadro N° 2.09	Coefficientes de escorrentía	26
Cuadro N° 2.10	Tiempo de concentración para las cunetas	27
Cuadro N° 2.11	Tiempo de concentración para la alcantarilla de paso	28
Cuadro N° 2.12	Caudales para las cunetas	30
Cuadro N° 2.13	Caudal para la alcantarilla de paso	31
Cuadro N° 2.14	Dimensiones mínimas de las cunetas	35
Cuadro N° 2.15	Velocidad máxima del agua	36
Cuadro N° 2.16	Valores del coeficiente de Manning	36
Cuadro N° 2.17	Tirantes para diferentes taludes	49
Cuadro N° 2.18	Caudal para cada alcantarilla de alivio	52
Cuadro N° 3.01	Actividades y frecuencias de mantenimiento	55
Cuadro N° 3.02	Programa de conservación rutinaria (Periodo de 7 años)	56
Cuadro N° 3.03	Programa de conservación periódica (Periodo de 7 años)	56
Cuadro N° 4.01	Presupuesto de obra	59

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1.01	Ubicación del proyecto	9
Figura N° 1.02	Tramo de estudio y área de influencia	10
Figura N° 1.03	Árbol de Causas – Efectos	11
Figura N° 1.04	Árbol de Medios y Fines	11
Figura N° 1.05	Composición vehicular IMD 2009	14
Figura N° 1.06	Alternativa de cambio de estándar elegida	19
Figura N° 2.01	Polígonos de Thiessen	22
Figura N° 2.02	Modelo de distribución Normal y datos actuales	23
Figura N° 2.03	Gráfico de las curvas IDF	30
Figura N° 2.04	Esquema de elementos de un camino	32
Figura N° 2.05	Bombeo de la carretera	35
Figura N° 2.06	Sección típica de una cuneta	35
Figura N° 2.07	Alcantarilla de paso y protección de piedra	39
Figura N° 2.08	Alcantarilla de alivio	40
Figura N° 2.09	Cauces con fuerte esviaje respecto del eje del camino	44
Figura N° 2.10	Flujo con control de entrada	46
Figura N° 2.11	Tipos de entrada	47
Figura N° 2.12	Sección mínima de la cuneta	49
Figura N° 2.13	Sección final de la cuneta	50
Figura N° 2.14	Esquema final de la alcantarilla	51
Figura N° 2.15	Sección final de la alcantarilla de alivio	51

LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

SIMBOLOS

A:	Área
C:	Coeficiente de escorrentía
D:	Duración de la tormenta
I:	Intensidad de lluvia
L:	Longitud del cauce
n:	Coeficiente de Manning
P24h:	Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno T_r
PD:	Precipitación para una tormenta de duración D
Q:	Caudal
R:	Radio hidráulico
S:	Pendiente
Tc:	Tiempo de concentración
Tr:	Tiempo de retorno
V:	Velocidad

SIGLAS

CAC:	Carpeta Asfáltica en Caliente
COV:	Costos de Operación Vehicular
IDF:	Intensidad-Duración-Frecuencia
IGN:	Instituto Geográfico Nacional
INEI:	Instituto Nacional de Estadística e Información
IMD:	Índice medio Diario
MEF:	Ministerio de Economía y Finanzas
MTC:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PBI:	Producto Bruto Interno
SENAMHI:	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Tc:	Tiempo de concentración
TIR:	Tasa de Interés de retorno
TMC:	Tubería Metálica Corrugada
TSM:	Tratamiento Superficial Monocapa
VAN:	Valor Actual Neto

INTRODUCCION

La Carretera Central es una de las vías más importantes del Perú, que comunica Lima con la sierra central, sin embargo se encuentra saturada y para dar solución a este problema se ha desarrollado lo que se conoce como el Proyecto Perú. El objetivo del Proyecto Perú es mejorar y habilitar las carreteras en zonas rurales de la Red Vial Nacional y la Red Vial Departamental para que sirvan de opciones a la Carretera Central, todo bajo supervisión del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El objetivo del proyecto es asegurar la serviciabilidad de la carretera, para lograrlo no solo se debe tomar en cuenta una adecuada planeación económica y la selección más conveniente de la ruta y materiales de construcción a emplear, sino también el diseño racional de las estructuras de drenaje que sean capaces de desalojar en todo momento y en forma eficiente el exceso de agua superficial en cualquier tramo de la carretera, así como evitar que el agua subterránea pueda comprometer la estabilidad de la base, de los terraplenes o cortes del camino. También es conocido desde muchos años atrás que el agua acelera el deterioro y destrucción de pavimentos, es por eso que es necesario un buen sistema de drenaje.

El agua de lluvia que cae sobre la carretera (o sobre las laderas adyacentes si el camino es en corte) debe recolectarse y evacuarse sin inundar o destruir la misma y sus zonas adyacentes.

En el presente Informe de Suficiencia, se propone como alternativa de solución al problema del drenaje de la carretera identificado en el estudio del perfil, desarrollado en forma grupal durante el Proceso de Titulación.

El desarrollo del presente Informe tiene como objetivo específico diseñar estructuras hidráulicas que permitan un óptimo drenaje superficial mejorando la serviciabilidad de la carretera para una vida útil de 7 años.

CAPITULO I: PERFIL DEL PROYECTO

1.1. ASPECTOS GENERALES

1.1.1. Nombre del proyecto

Estudio de Pre Inversión a Nivel de Perfil para el “MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE-YAUYOS DEL KM 89+000 AL KM 94+000”.

1.1.2. Ubicación

La carretera Cañete - Yauyos - Huancayo es denominada Corredor Vial N° 13 del Proyecto Perú y forma parte de la Ruta N° PE-22 de la Red Vial Nacional, está ubicada al sureste centro del país que conecta las regiones de Lima y Junín con sus diversas capitales provinciales, distritales y centros poblados localizados en el área de influencia directa de la vía (ver Cuadro N° 1.01).

Por fines de estudio, el tramo comprende desde el Km 89+000 hasta el Km 94+000 (ver Figura 1.01).

1.2. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Diagnóstico de la situación actual

Al proyectarse la carretera Cañete – Yauyos - Huancayo como ruta alterna a la Carretera Central, se quiere lograr como objetivo principal una mejora en la transitabilidad para atender la demanda futura debido a que con el mejoramiento la vía se convertirá en un corredor económico de gran importancia, es por esta razón que es competencia del Estado realizar los trabajos proyectados.

1.2.2. Marco de referencia

La problemática del servicio actual del servicio de transporte se centra en las dificultades de transitabilidad de la vía, tiene un solo carril a nivel de afirmado, ancho de calzada variable y estrecho en zonas de mayor pendiente, causados por la erosión del río Cañete.

Las condiciones de la vía, origina altos costos de operación vehicular. El drenaje y la señalización vial es deficiente a lo largo de la vía, y en muchos casos no posee ningún tipo de señalización.

Figura N° 1.01 Ubicación del proyecto

LEYENDA	
 Carretera Mala - Calango - La Capilla	 Carretera Cañete - Chupaca: Tramo Cañete - Zuñiga
 Panamericana Sur	 Carretera Cañete - Chupaca: Tramo Zuñiga - Ronchas

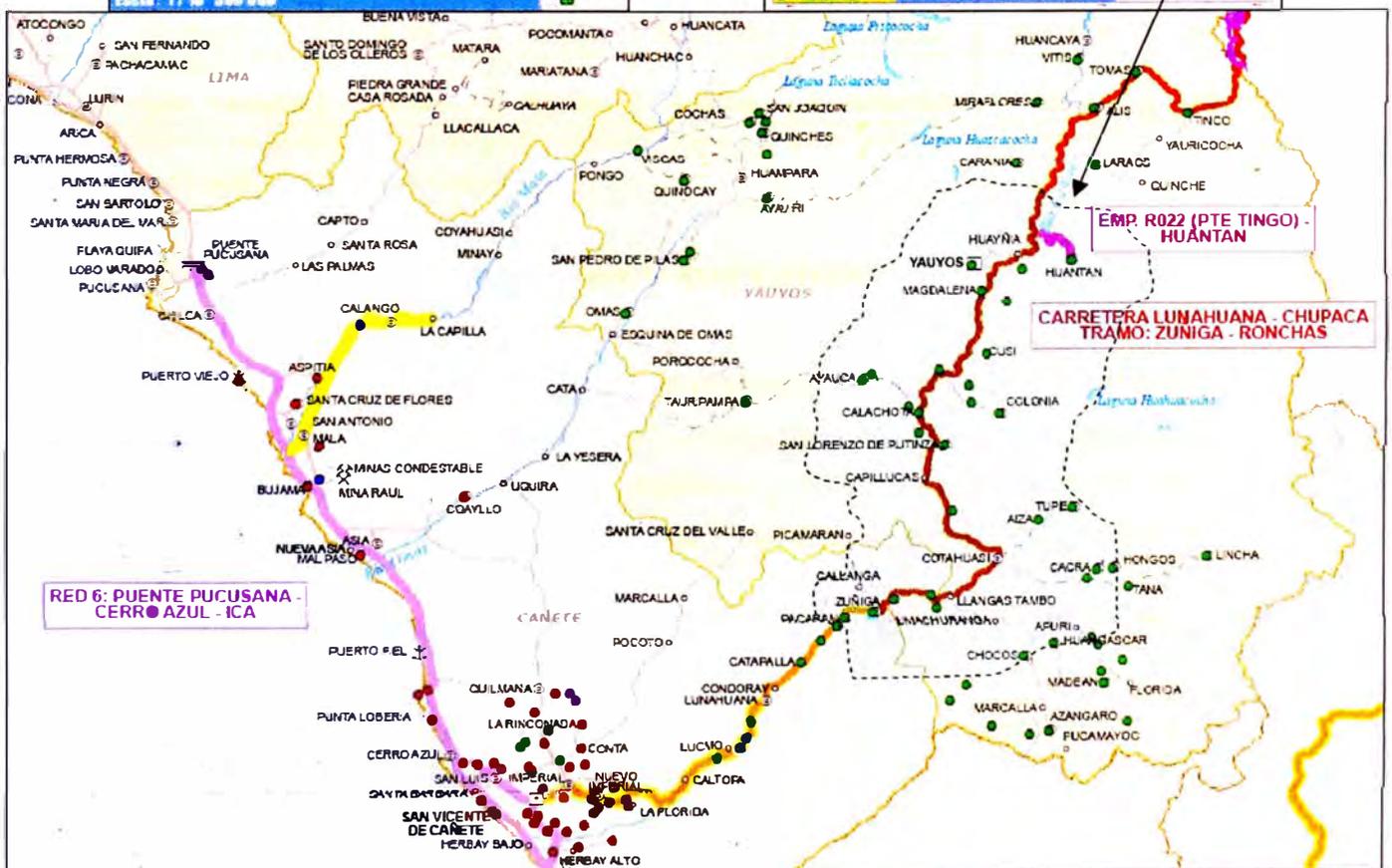
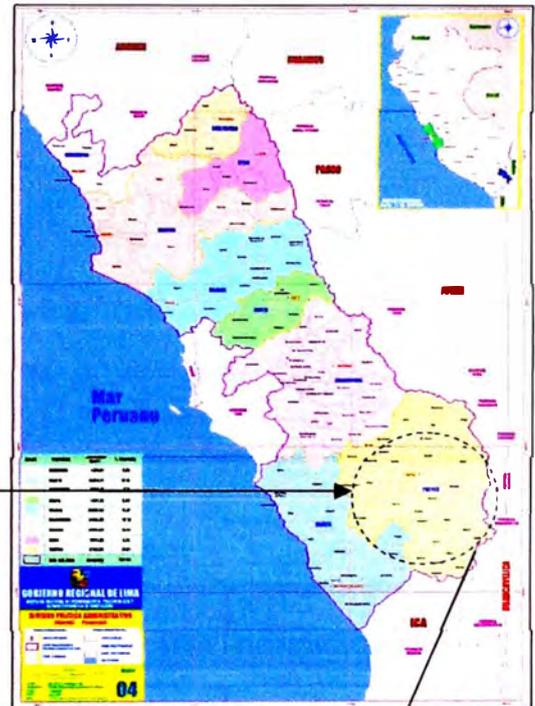
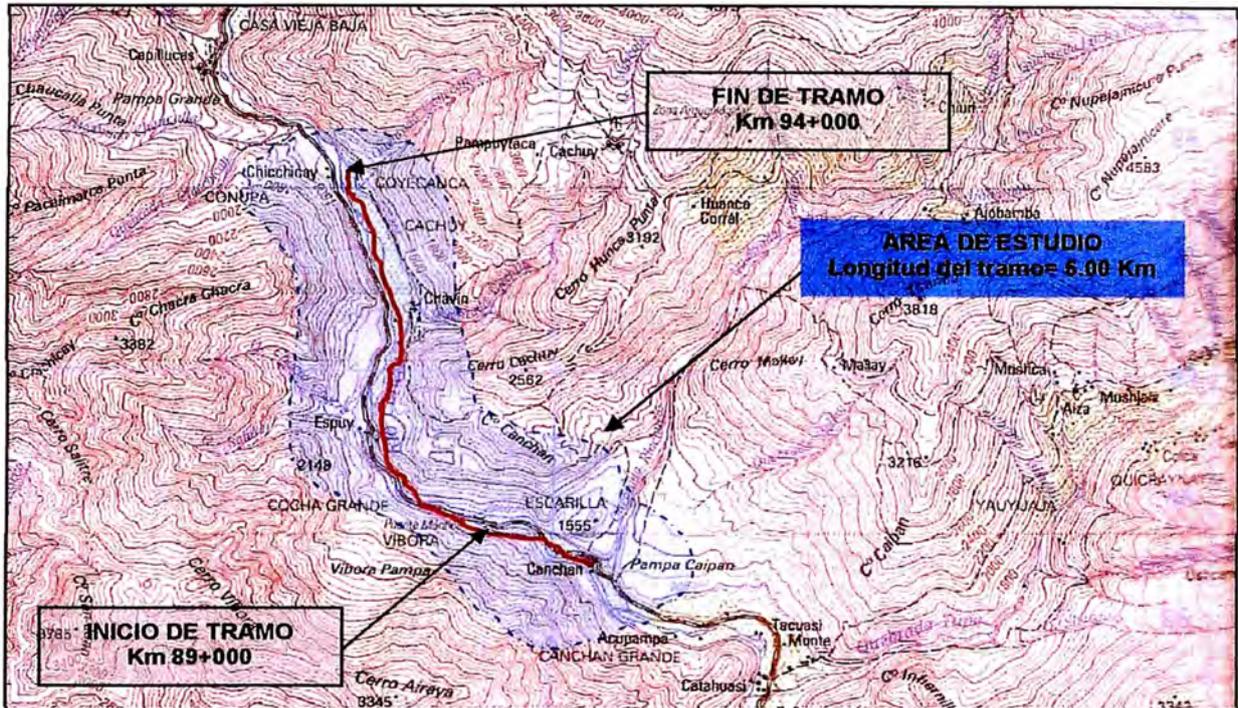


Figura N° 1.02 Tramo de estudio y área de influencia



Cuadro N° 1.01 Tramificación de la vía

TRAMO	ITINERARIO	LONGITUD	REGION	SUPERF.	OROGRAFIA	CONDICION	IMD
		(Km)					2005
I	Pacarán – Zuñiga	4.15	Costa	Afirmado	Ondulada	Regular	266
II	Zuñiga – Dv. Yauyos	72.60	Sierra	Trocha	Accidentada	Malo	35

Fuente: Informe de factibilidad del proyecto "Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Ruta 22: Tramo Lunahuana - Dv. Yauyos - Chupaca"

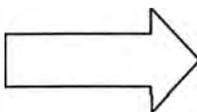
1.3. DESCRIPCION DEL PROBLEMA Y SUS CAUSAS

1.3.1. Objetivo del proyecto

En los ítems anteriores se ha determinado la problemática principal así como sus causas y efectos; por lo tanto, estamos en condiciones de precisar la estructura requerida expresada en el Árbol de Medios y Fines que conlleve al logro del objetivo principal y como consecuencia de ello alcanzar la solución al problema central.

PROBLEMA CENTRAL

“DEFICIENTE ESTADO DE TRANSITABILIDAD DE LA VÍA”



OBJETIVO PRINCIPAL

“ADECUADO NIVEL DE TRANSITABILIDAD DE LA VÍA”

Figura N° 1.03 Árbol de Causas - Efectos

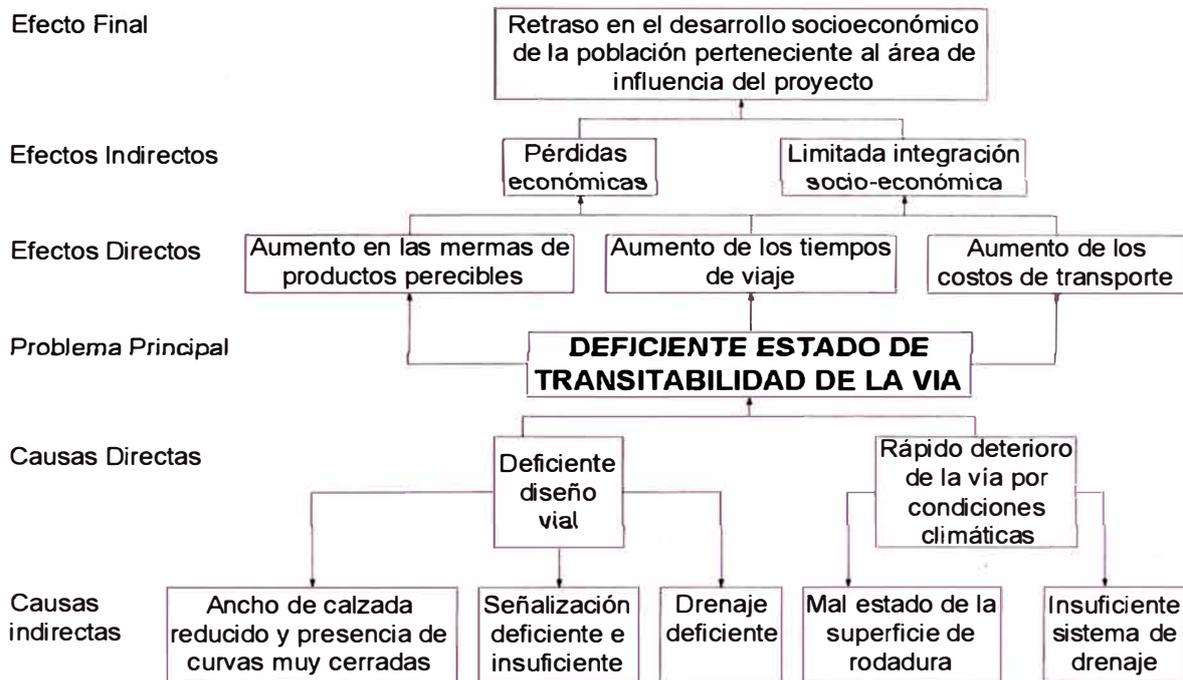
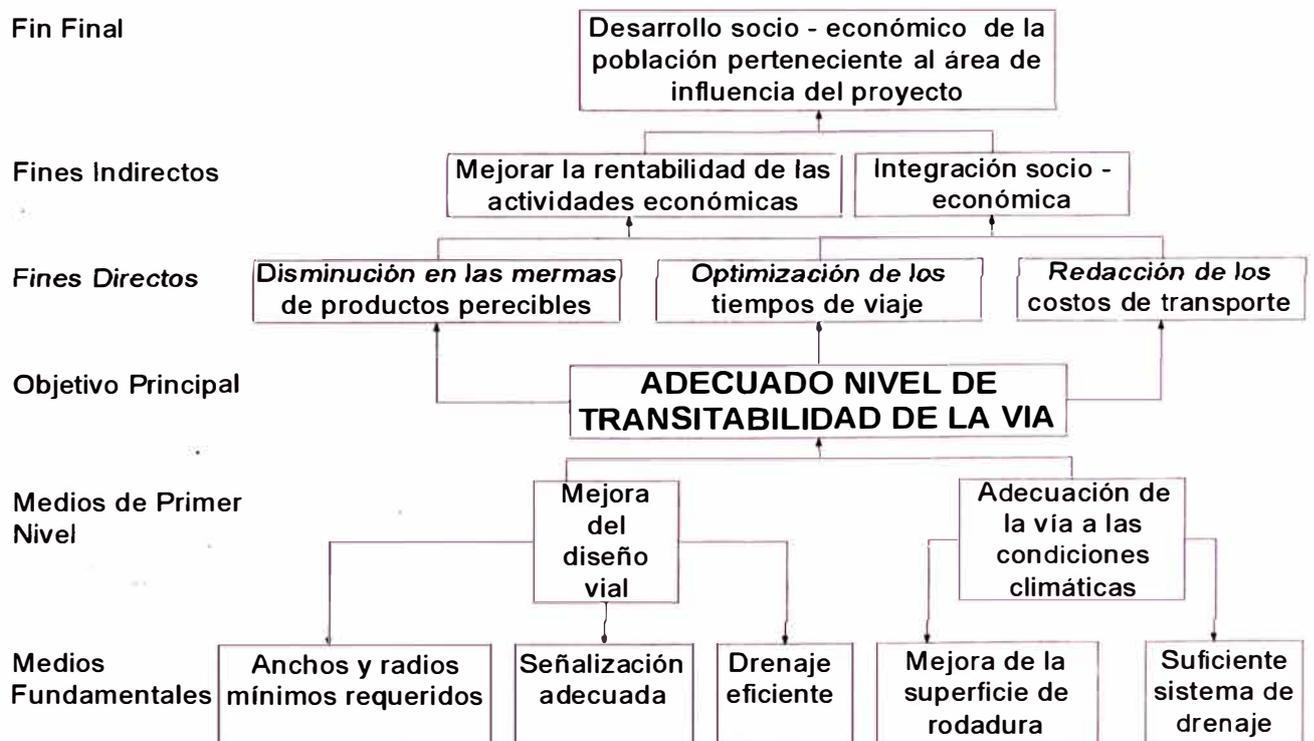


Figura N° 1.04 Árbol de Medios y Fines



1.4. FORMULACION Y EVALUACION

1.4.1. Horizonte del proyecto

Según los términos de referencia del “Curso de Titulación 2009-II”, para la presente evaluación se considera que las alternativas de solución del proyecto tendrán un horizonte de 7 años.

1.4.2. Área de Influencia

Se considera que el área de influencia está constituida por una faja de 400 m de ancho (200 m a cada lado del eje) a lo largo de la carretera. Esta área se extiende hasta donde se encuentran los depósitos de materiales excedentes, las fuentes de agua (río Cañete, Huangascar, Cacara y el río Yauyos), los campamentos.

1.4.3. Estudio de tráfico

Los datos del conteo de tráfico fueron extraídos del cuadro de Índice Medio diario anual por tipo de vehículo según tramos viales del estudio de Pre-inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto “Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos - Chupaca” realizado en el mes de Marzo del año 2005. Los conteos fueron realizados en una semana completa (7 días).

Cuadro N° 1.02 Estudio de tráfico año 2005

IMD 2005 (Según Estudio de Tráfico)		
Auto	1.40%	1
Camioneta	1.40%	7
Camioneta Rural	2.20%	1
Micro	2.20%	-
Omnibus	2.20%	13
Camión 2E	3.80%	7
Camión 3E	3.80%	5
Articulados	3.80%	1
IMD 2005		35

Fuente: MTC – Provias Nacional, Estudio de Pre-inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto “Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Ruta 22, Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos - Chupaca”, Marzo 2005

1.4.4. Análisis de la demanda

Tasas de proyección de tráfico

Las tasas de proyección del tráfico fueron determinadas en función de parámetros socioeconómicos (PBI, índice de población, ingreso per cápita, etc.), considerando las regiones Lima y Junín, obteniéndose los siguientes resultados:

Tasa vehículos ligeros = 2.80%

Tasa transporte público = 2.20%

Tasa transporte de carga = 5.00%

Demanda actual

La demanda del proyecto está dada por el flujo vehicular existente en la actualidad, la misma que se muestra a través del cálculo del IMD (Índice Medio Diario).

Cuadro Nº 1.03 Variables macroeconómicas 2005 y 2009

Indicadores macroeconómicos	2005	2009
Tasa de crecimiento anual de ingreso per cápita (PBI per cápita)	1.40%	2.80%
Tasa de crecimiento anual de la población	2.20%	2.20%
Tasa de crecimiento anual del PBI económico	3.80%	5.00%

Tráfico generado		100.00%
------------------	--	---------

Fuente: Ministerio de Economía y Finanzas, Diario Gestión, Julio 2009

Para el presente estudio, debido a que el conteo de vehículos fue realizado al año 2005, se actualizaron los datos al año 2009 considerando las tasas indicadas en el ítem anterior.

Cuadro 1.04 Proyección del tráfico del año 2005 al 2009

Tipo	Vehículo	2005	IMD	2009			
		Tasa		Tasa	IMD	IMD x Tipo	%
Vehículos Ligeros	Auto	1.40%	1	2.80%	1	8	22%
	Camioneta	1.40%	7	2.80%	7		
Transporte Público	Camioneta Rural	2.20%	1	2.20%	1	15	39%
	Micro	2.20%	-	2.20%	-		
	Ómnibus	2.20%	13	2.20%	14		
Transporte de Carga	Camión 2E	3.80%	7	5.00%	8	15	39%
	Camión 3E	3.80%	5	5.00%	6		
	Articulados	3.80%	1	5.00%	1		
TOTAL			35		38	38	100%

En el Cuadro N° 1.05 se presenta la proyección del tráfico para los próximos 7 años. La proyección del tráfico se realizó con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o (1 + r)^n$$

Donde:

Tn = Tráfico en el año n

T0 = Tráfico actual o en el año base (2009)

r = Tasa de crecimiento

n = Año para el cual se calcula el volumen de tráfico (n=1 año, 2 años...)

r(Vehículos ligeros) = Tasa de crecimiento anual de ingreso per cápita

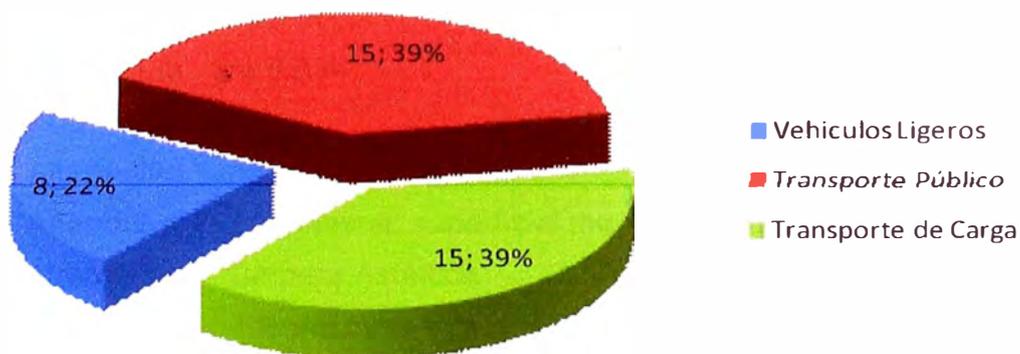
r(Transporte público) = Tasa de crecimiento anual de la población

r(Transporte de carga) = Tasa de crecimiento anual del PBI económico

Cuadro N° 1.05 Proyección del tráfico del año 2010 al 2016

Tipo	Vehículo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Vehículos Ligeros	Auto	2	3	4	5	6	7	8
	Camioneta	8	9	10	11	12	13	14
Transporte Público	Camioneta Rural	2	3	4	5	6	7	8
	Micro	1	2	3	4	5	6	7
	Ómnibus	15	16	17	18	19	20	21
Transporte de Carga	Camión 2E	9	10	11	12	13	14	15
	Camión 3E	7	8	9	10	11	12	13
	Articulados	2	3	4	5	6	7	8
TOTAL		46	54	62	70	78	86	94

Figura 1.05 Composición vehicular IMD 2009



1.4.5. Análisis de la oferta

La oferta vial existente se detalla a continuación (información recabada del inventario vial):

- Carretera a nivel de Afirmado, teniendo una superficie de rodadura de trocha de regular a mal estado de la carretera desde Zuñiga hasta Yauyos.
- Pendiente que varía entre 0.2% a 9%.
- Los anchos de la calzada existente varían entre 3 m y 8.5 m.
- Inadecuado drenaje transversal.
- Presencia de filtraciones proveniente de los terrenos de cultivo y falta de un sistema de subdrenaje.
- Sectores críticos donde el ancho de la vía es menor debido a la presencia de taludes inestables (desmoronamiento de taludes), riberas de río erosionada, y por topografía accidentada.
- Falta de cunetas, solo se encontró un canal de regadío en buen estado en la margen izquierda de la carretera.
- No existen puentes, badenes y alcantarillas, solo se encontraron 4 pases de agua (3 de mampostería de piedra y 1 de TMC).
- Las precipitaciones son bajas, presentándose una época seca entre los meses de Mayo hasta Noviembre.

1.4.6. Balance oferta - demanda

PACARAN - YAUYOS

Características Técnicas de la Carretera:

Carretera Secundaria, Orografía Tipo 3 accidentada, un carril

Velocidad Directriz 30 km/h

Pendiente Máxima 7%

Radio mínimo Normal 25 m

Ancho de calzada.: 3 a 8.5 m

Carpeta de Rodadura

Alternativa 1: Afirmado

Alternativa 2: Tratamiento superficial monocapa (TSM)

Alternativa 3: Carpeta Asfáltica

Drenaje Transversal: Alcantarillas TMC

Drenaje Longitudinal: Cuneta Triangular revestidas con mortero y piedra.

1.5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Alternativa 1: Afirmado

Mejoramiento del nivel de superficie de rodadura del afirmado con una base de 20 cm. de espesor, sub base granular de 15 cm. de espesor, con calzada de 6m. Construcción de muros de contención y mejoramiento del sistema de drenaje (cunetas revestidas con mortero-piedra y alcantarillas de TMC).

Alternativa 2: Tratamiento superficial monocapa

Mejoramiento de la vía mediante la colocación de un tratamiento superficial monocapa de espesor 1.5 cm. Construcción de muros de contención y mejoramiento del sistema de drenaje (cunetas revestidas con mortero-piedra y alcantarillas de TMC).

Alternativa 3: Carpeta Asfáltica

Mejoramiento de las características de diseño de la vía a nivel de carpeta asfáltica en caliente de 5.0 cm. de espesor, base granular de 15 cm. de espesor, sub base granular de 15 cm. de espesor, con calzada de 6.0 m. y bermas variables entre 1.20 m. y 1.0 m. a cada lado. Construcción de muros de contención y mejoramiento del sistema de drenaje. (Cunetas revestidas con mortero-piedra y alcantarillas de TMC).

1.5.1. Costos

Para el presente perfil los costos mantenimiento de carreteras, así como los Costos Operativos Vehiculares se han basado en los costos modulares elaborados por la Oficina General de Presupuesto y Planificación del MTC. Los costos de Inversión se han estimado en base a experiencias anteriores en zonas similares. Para el mantenimiento, los costos se han considerado que no varían con el incremento de tráfico; teniendo en cuenta el nivel de análisis en que se encuentra el estudio y los niveles de tráfico de los tramos de este proyecto.

Para la conversión de precios financieros a precios económicos se han utilizado los factores de 0.75 para los costos de mantenimiento y 0.80 para los de inversión. Se plantea que la inversión se ejecuta en el primer año.

De esta manera, se muestra los resúmenes de costos económicos de inversión y mantenimiento de las alternativas analizadas.

Cuadro N° 1.06 Costos financieros de inversión

ANALISIS DE COSTOS	REGION	US\$ x Km
Afirmado (0,20 mt)	Sierra	130,000.00
TSM	Sierra	200,000.00
CAC (2")	Sierra	415,000.00

Fuente: Costos referenciales de Proyectos viales del MTC del año 2008 y 2009

Cuadro N° 1.07 Costos financieros de mantenimiento

ANALISIS DE COSTOS	TIPO	US\$ / Km * año
Trocha	Rutinario	22,000.00
	Periódico (cada 3 años)	0.00
Afirmado	Rutinario	15,000.00
	Periódico (cada 3 años)	45,000.00
TSM	Rutinario	5,000.00
	Periódico (cada 3 años)	15,000.00
CAC	Rutinario	5,000.00
	Periódico (cada 3 años)	15,000.00

Fuente: Costos referenciales de Proyectos viales del MTC del año 2008 y 2009

1.6. EVALUACION ECONOMICA

La evaluación económica para este caso se realizó por el método del Valor Actual Neto (VAN) y el TIR (Tasa de interés de retorno), considerando una tasa de descuento del 11%. En los siguientes cuadros se resume la evaluación económica de las alternativas planteadas para cada tramo:

Cuadro N° 1.08 Costos de inversión y mantenimiento

US\$/Km	Sin Proyecto	Mejoramiento	Mejoramiento	Mejoramiento
	Trocha	Afirmado	TSM	Asfaltado
	Estado Malo	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Inversion	-	130,000	200,000	415,000
Mantenimiento	22,000	15,000	5,000	5,000
Mantenimiento	0	45,000	15,000	15,000

Cuadro N° 1.09 Cálculo del VAN y TIR para cada alternativa.

Alternativa 1

Año	Ahorro por Costos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Flujo Neto del Proyecto
2010	-431.000,00	-	-431.000,00
2011	26.250,00	99.489,88	125.739,88
2012	-56.250,00	110.877,88	54.627,88
2013	-86.250,00	122.265,88	36.015,88
2014	26.250,00	133.653,88	159.903,88
2015	-56.250,00	145.041,88	88.791,88
2016	-86.250,00	156.429,88	70.179,88

VAN	-51.500,81
TIR	6,67%

Alternativa 2

Año	Ahorro por Costos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Flujo Neto del Proyecto
2010	-707.500,00	-	-707.500,00
2011	63.750,00	109.928,88	173.678,88
2012	-18.750,00	122.539,63	103.789,63
2013	26.250,00	135.150,38	161.400,38
2014	63.750,00	147.761,13	211.511,13
2015	-18.750,00	160.371,88	141.621,88
2016	26.250,00	172.982,63	199.232,63

VAN	-18.887,48
TIR	10,11%

Alternativa 3

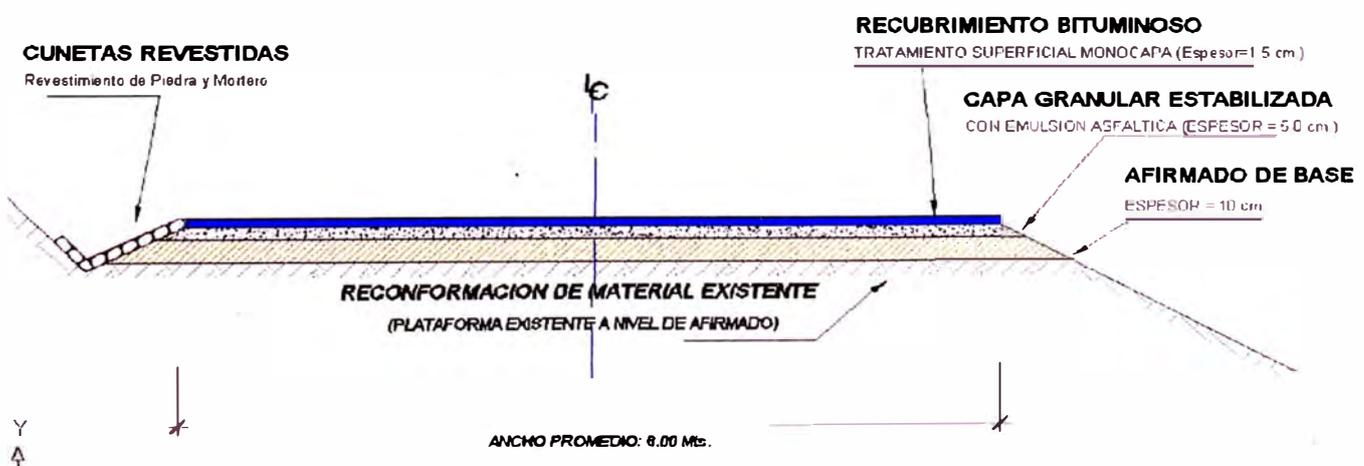
Año	Ahorro por Costos Manten.	Ahorro por reducción de COV	Flujo Neto del Proyecto
2010	-1.556.750,00	-	-1.556.750,00
2011	63.750,00	124.109,13	187.859,13
2012	-18.750,00	138.508,38	119.758,38
2013	26.250,00	152.907,63	179.157,63
2014	63.750,00	167.306,88	231.056,88
2015	-18.750,00	181.706,13	162.956,13
2016	26.250,00	196.105,38	222.355,38

VAN	-791.519,34
TIR	-8,68%

1.7. CONCLUSIONES

- Realizada la evaluación económica a precios económicos del proyecto, se observa que en la evaluación de las tres alternativas la seleccionada sería la referida al cambio de estándar mediante un Tratamiento Superficial Monocapa (TSM) por tener un mejor comportamiento económico. Esta nueva alternativa es la que mejor se adecua a la realidad del proyecto en comparación con las otras alternativas.
- La alternativa seleccionada incluye mejoramiento de la vía mediante la colocación de un tratamiento superficial monocapa de espesor 1.5 cm, una base de 0.20 m y un mejoramiento de subrasante. Además se plantea la construcción de muros de contención y mejoramiento del sistema de drenaje (Cunetas y Alcantarillas de TMC), se implementará además una adecuada señalización y se incrementará los niveles de seguridad vial. Además se ejecutarán trabajos de protección ambiental.
- Los valores de VAN negativos de las tres alternativas se deben al horizonte de proyecto de 7 años, una propuesta de mejoramiento de este tipo se debe realizar considerando horizontes de 10 a 20 años para que resulte rentable, otra de las causas es el IMD que presenta la carretera. El análisis hecho en un tramo corto (5 Km.) de la carretera también es otra de las causas del VAN negativo, lo recomendable es hacer el análisis a lo largo de toda la carretera.

Figura Nº 1.06 Alternativa de cambio de estándar elegida



CAPITULO II: DRENAJE SUPERFICIAL

2.1. SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE

En la evaluación de campo realizada se observó la falta de cunetas y alcantarillas a lo largo de los 5 Km. de recorrido. El tramo de la carretera se encuentra en su mayoría a media ladera con escasa vegetación entre los Km.89+000 al 92+500, a partir del cual empiezan los terrenos de cultivo.

Existe un canal de regadío en la margen izquierda de la carretera entre los Km. 89+000 al 89+900 y 93+300 al 94+000, este canal es de mampostería y se encuentra en buen estado de conservación y libre de maleza o desmonte.

Cuadro N° 2.01 Resumen de oferta de drenaje longitudinal existente

Km. Inicio	Km. Final	Drenaje Longitudinal
89+000	89+900	Canal de mampostería libre, forma triangular en buen estado, margen izquierda, sin caudal
93+300	93+400	Canal de mampostería libre, forma rectangular en buen estado, margen izquierda, con caudal
93+400	94+000	Canal de mampostería subterráneo, forma rectangular en buen estado, margen izquierda, con caudal

2.1.1. Inventario de pases de agua

Se encontraron 4 pases de agua en la carretera, estos pases están en buen estado y sirven para el paso de canales de regadío, al momento de la inspección solo dos transportaban agua y cumplían con el caudal transportado sin problemas a pesar de que estaban parcialmente colmatadas con sedimentos.

El siguiente cuadro muestra el estado actual de cada pase de agua, su ubicación a lo largo de la carretera y sus características hidráulicas. En el ANEXO D se pueden encontrar imágenes de los pases de agua.

Cuadro N° 2.02 Pases de agua existentes

Ubicación	Tipo	Sección transversal	Ancho o Diámetro (m)	Altura (m)	Condición estructural	Condición funcional
92+579	Piedras	Marco	0.25	0.25	Excelente (no tiene problema)	Regular (parcialmente obstruida)
92+849	Piedras	Marco	0.20	0.20	Excelente (no tiene problema)	Regular (parcialmente obstruida)
93+195	Piedras	Marco	0.25	0.25	Excelente (no tiene problema)	Regular (parcialmente obstruida)
93+439	TMC	Circular	0.20	-	Excelente (no tiene problema)	Regular (parcialmente obstruida)

2.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

2.2.1. Introducción

En la inspección de campo que se realizó en la carretera se observó que en el tramo de estudio no se cuenta con sistemas de drenaje, lo que produce que el agua se acumule y afecte la superficie de rodadura.

Para lograr un aceptable nivel de serviciabilidad de la carretera durante el periodo de diseño es necesario realizar obras de drenaje que permitan evacuar las aguas producto de las precipitaciones.

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de las estructuras de drenaje, en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. Para efecto de este informe el estudio hidrológico de una cuenca pequeña se ha realizado utilizando uno de los métodos empíricos como es la fórmula racional.

2.2.2. Recopilación de la información básica

a) Información cartográfica

Para la delimitación de la cuenca se cuenta con la Carta Geográfica Nacional (ver ANEXO A) a escala 1:100 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN):

Cuadro N° 2.03 Información cartográfica

Denominación	Hoja	Escala
Tupe	26-I	1:100 000

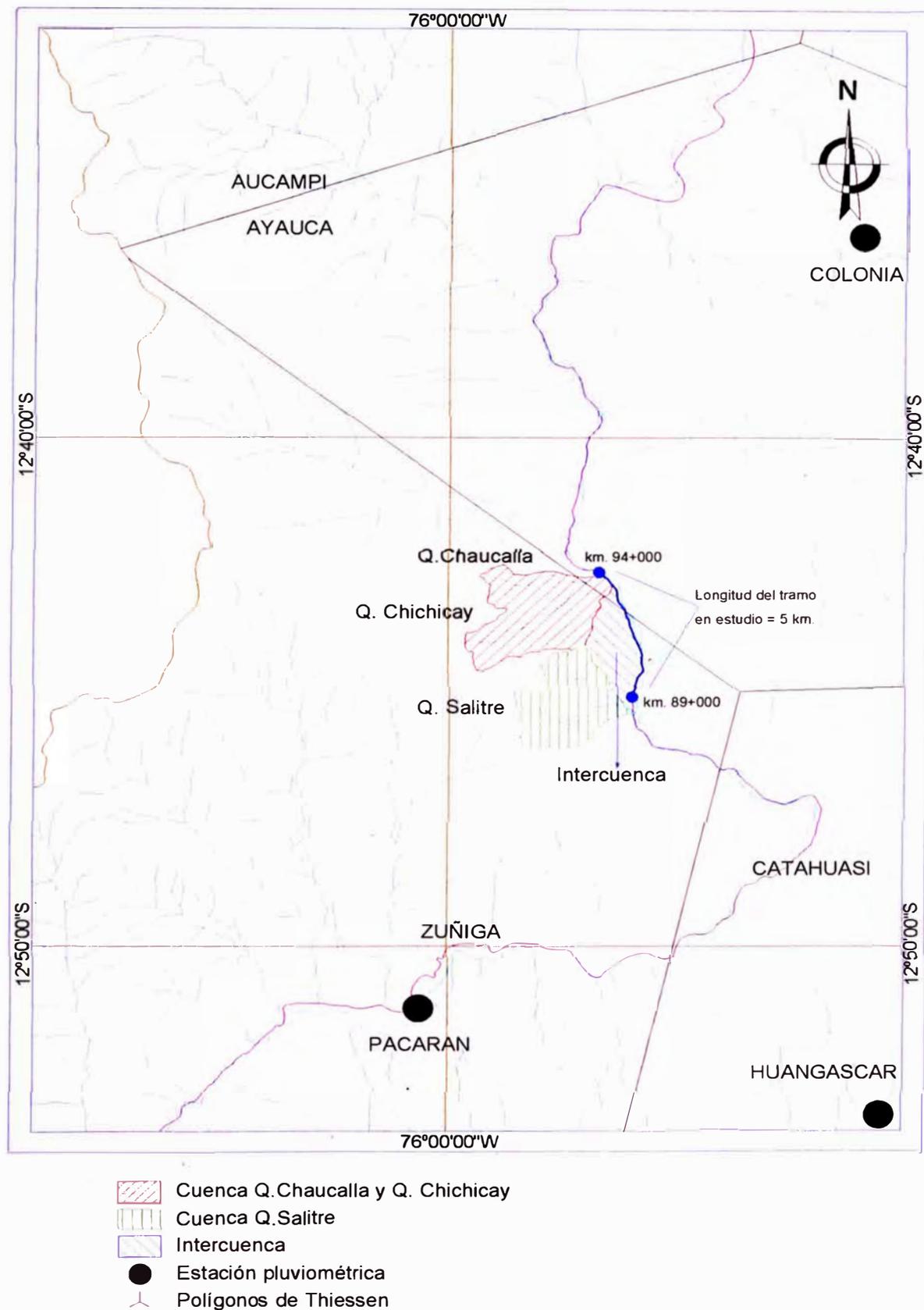
b) Información pluviométrica

Se obtuvieron del SENAMHI los registros de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones más cercanas a la zona en estudio (ver ANEXO A), las estaciones consideradas son:

Cuadro N° 2.04 Información pluviométrica

Estación	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud	Número de años	Periodo de registro
Colonia	3379	12°38'05"	75°53'00"	30	1968-1987
Pacarán	721	12°51'00"	76°03'00"	20	1986-2003 2006-2008

Figura N° 2.01 Polígonos de Thiessen



Según el método de los polígonos de Thiessen, la estación de mayor influencia es la estación de Pacarán.

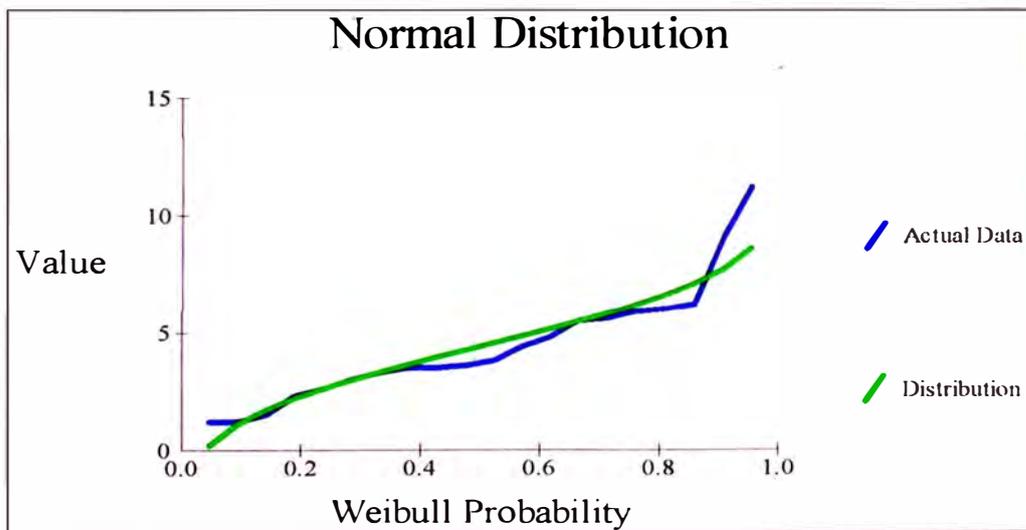
c) Análisis estadístico de precipitaciones

Ajuste a una función de distribución de probabilidad

Con las intensidades máximas de precipitación para cada estación y para cada año, es necesario asignar a cada duración de lluvia seleccionada un período de retorno, para luego ajustar dichos valores a una Función de Distribución de Probabilidad. Los modelos de mayor aceptación y mediante los cuales se efectúa normalmente el análisis son:

- Distribución Normal
- Distribución Gumbel
- Distribución LogNormal
- Distribución LogPearson III

Figura Nº 2.02 Modelo de distribución Normal y datos actuales



Prueba de bondad del ajuste

Para la aplicación del análisis estadístico a una serie de datos de precipitaciones se requiere hallar la distribución teórica a la cual se ajustan nuestros datos históricos. Se dispone de muchos métodos de ajuste, entre los más usados tenemos:

- Análisis gráfico
- Test de Smirnov – Kolmogorov
- Test de Chi Cuadrado

Para determinar la distribución de mejor ajuste se utilizó el Test de Smirnov – Kolmogorov. En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las precipitaciones máximas en 24 horas ajustadas a las funciones de distribución de probabilidad para diferentes periodos de retorno.

Cuadro N° 2.05 Valores de Precipitación máxima probables (mm)

Función	Periodo de retorno (años)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
Normal	4.36	6.50	7.62	8.82	9.59	10.28	10.91	11.68
Lognormal	3.70	6.17	8.07	10.75	12.92	15.26	17.76	21.35
Log Pearson III	3.82	6.22	7.88	10.03	11.64	13.24	14.85	16.99
Gumbel	3.94	6.19	7.68	9.56	10.96	12.34	13.72	15.54

Según el Test de Smirnov – Kolmogorov (ver ANEXO A) la distribución que mejor se ajusta a nuestros datos es la distribución Lognormal.

2.2.3. Caudal de diseño para obras de drenaje

a) Método racional

El método utilizado para determinar el caudal del diseño de una cuenca pequeña, es el método racional, presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorado posteriormente por otros.

Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima.

Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración (Tc).

Cuadro N° 2.06 Métodos utilizados para la determinación del caudal

Área de la cuenca	Método
< 13 km ²	- Racional
> 13 km ²	- Hidrograma unitario - Modelos de simulación

Fuente: El Peruano, Normas Legales, 08 de Junio 2006

El método racional esta representado por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la precipitación pluvial máxima (mm/hr)

A = Área de la cuenca (km²)

b) Periodo de retorno

Se define el periodo de retomo o tiempo de recurrencia (Tr) de un caudal como el intervalo medio de tiempo durante el cual existe la probabilidad de que se produzca una avenida con un caudal superior al prefijado. En la elección del periodo de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la *relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla aceptable*, dependiendo, este último, de factores económicos, sociales, ambientales, técnicos y otros.

Cuadro N° 2.07 Períodos de retorno para diseño de obras de drenaje en carreteras de bajo volumen de tránsito

Tipo de obra	Periodo de retorno
Puentes y pontones	100 (mínimo)
Alcantarillas de paso y badenes	50
Alcantarillas de alivio	10-20
Drenaje de la plataforma	10

Fuente: MTC, Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, Marzo 2008

c) Área de la cuenca

El tramo de carretera en estudio se ve interceptado por una serie de cauces y zonas subyacentes que vierten sus aguas hacia él. El área de drenaje debe determinarse por medio de un plano con *curvas de nivel*, definiendo los bordes topográficos de las áreas que aportan agua al sistema de drenaje. En el Cuadro N° 2.08 se presentan las áreas a drenar con sus respectivas estructuras. La alcantarilla de paso se colocara entre los Km.93+750 al 94+000.

Cuadro N° 2.08 Áreas de aporte a las estructuras

Cuenca	Área (Km ²)	Estructura a diseñar
Intercuenca	2.79	Cunetas
Qda. Chichicay y Qda. Chaucalla	5.81	Alcantarilla de paso

d) Coeficiente de escorrentía

La obtención de la lluvia neta resulta de descontar a la lluvia total aquella parte que queda interceptada por la vegetación, almacenada en charcos o se infiltra hacia el acuífero, esa relación entre la lluvia neta y la lluvia total viene dada por el coeficiente de escorrentía.

Los coeficientes de escorrentía dependen de las características del terreno, uso y manejo del suelo, condiciones de infiltración, etc. y se necesita un criterio técnico adecuado y experiencia para seleccionar un valor representativo. En el Cuadro N° 2.09 se entregan antecedentes con rangos usuales de este coeficiente para diversos tipos de situaciones.

Cuadro N° 2.09 Coeficientes de escorrentía

Características de la superficie	Pendiente promedio	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
Áreas no desarrolladas								
Áreas de cultivo	0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
	2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
	> 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales	0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
	2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
	> 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques	0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
	2 - 7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
	> 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Hidrología aplicada, Ven Te Chow

La zona en estudio posee las características de área de cultivo (ver ANEXO D), para una pendiente del terreno mayor a 7%, se tiene:

$C(\text{cuneta}) = 0.44$, $Tr = 10$ años

$C(\text{alcantarilla}) = 0.51$, $Tr = 50$ años

e) Tiempo de concentración

Se define como el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la sección de estudio. Este parámetro está condicionado por diversos factores como: pendiente, longitud del cauce, área de la cuenca, cobertura, suelo y condiciones de humedad.

El manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito recomienda usar la siguiente expresión:

$$T_c = 0.3 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (hr)

L = Longitud del cauce principal (Km.)

S = Pendiente media (m/m)

Por recomendación del manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, la longitud de las cunetas entre alcantarillas de alivio será de 250 m como máximo para suelos no erosionables. Con esta longitud dividimos a la intercuena en áreas a drenar para cada cuneta (ver ANEXO E).

Cada 250 m se colocará una alcantarilla de alivio dependiendo de la pendiente de la carretera y se consideran los 4 pases de agua existentes como parte del drenaje transversal.

Cuadro N° 2.10 Tiempo de concentración para las cunetas

Km. Inicio	Km. Final	S (cuneta)	A (Km2)	L (Km)	S (terreno)	Tc (hr)	Tc (min)
89+000	89+250	+0.013	0.12	1.33	0.59	0.410	24.609
89+250	89+500	+0.013	0.25	1.84	0.61	0.521	31.237
89+500	89+750	+0.013	0.27	1.96	0.65	0.539	32.344
89+750	90+000	+0.013	0.26	2.18	0.60	0.592	35.504
90+000	90+250	+0.013	0.04	0.92	0.57	0.314	18.818
90+250	90+500	+0.013	0.08	0.92	0.56	0.314	18.852
90+500	90+750	+0.013	0.05	1.03	0.60	0.337	20.241
90+750	91+000	+0.025	0.08	1.15	0.66	0.361	21.630
91+000	91+250	+0.025	0.12	1.13	0.76	0.346	20.764
91+250	91+500	+0.025	0.24	1.56	0.74	0.443	26.582
91+500	91+750	+0.025	0.11	1.03	0.69	0.328	19.707
91+750	92+000	-0.025	0.17	1.30	0.75	0.385	23.107
92+000	92+250	-0.025	0.05	0.99	0.79	0.311	18.659
92+250	92+500	-0.025	0.14	1.18	0.83	0.352	21.101
92+500	92+579	+0.030	0.04	0.63	0.79	0.222	13.317
92+579	92+750	+0.030	0.03	0.34	0.91	0.136	8.155
92+750	92+849	+0.030	0.05	0.72	0.81	0.244	14.628
92+849	93+000	+0.030	0.02	0.44	0.60	0.178	10.694
93+000	93+195	+0.030	0.12	1.32	0.64	0.402	24.127
93+195	93+250	+0.030	0.02	0.49	0.37	0.212	12.719
93+250	93+439	+0.030	0.15	1.57	0.60	0.463	27.795
93+439	93+500	+0.030	0.02	0.55	0.27	0.244	14.667
93+500	93+750	+0.030	0.17	1.25	0.41	0.419	25.128
93+750	94+000	+0.030	0.19	1.84	0.49	0.541	32.484

Cuadro N° 2.11 Tiempo de concentración para la alcantarilla de paso

A (Km ²)	L (Km)	S (terreno)	Tc (hr)	Tc (min)
5.81	5.20	0.24	1.346	80.735

f) Intensidad de la lluvia

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hr para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración (Tc) de la cuenca. Los valores de intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad - Duración - Frecuencia (IDF), de acuerdo a la metodología de Dick y Peschke (Guevara, 1991):

$$P_D = P_{24h} \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

PD = Precipitación para una tormenta de duración D (mm)

P24h = Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno (mm)

D = Duración de la tormenta (min)

Curvas IDF

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno. Una forma de desarrollar las curvas IDF es la forma analítica propuesta por Aparicio (1997). Dicho autor plantea la alternativa de obtener una ecuación que genere las curvas IDF a través de un modelo de regresión lineal, de modo de *extrapolar la ecuación generada para cada estación, a zonas que carezcan de registros pluviográficos y que se encuentren relativamente cerca:*

$$I = \frac{kT_r^m}{(D + c)^n}$$

Donde:

I = Intensidad de la precipitación (mm/hr)

Tr = Periodo de retorno (años)

D = Duración (min)

k,m,n,c = Constantes que se calculan mediante un análisis de regresión lineal múltiple

Por propia recomendación del autor (Aparicio) y para facilidad de cálculo se modifica el modelo propuesto, eliminándose la constante c, que corresponde a un parámetro asociado a la duración y que para este caso tomó un valor de cero, quedando expresado el modelo de la siguiente manera:

$$I = \frac{kT_r^m}{D^n}$$

Luego, aplicando los logaritmos se llega a la forma de un modelo de regresión lineal múltiple y cuyo modelo se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Log}I = \text{Log}k + m\text{Log}T_r - n\text{Log}D$$

O bien:

$$y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$$

Donde:

$$y = \text{Log} I \quad a_0 = \text{Log} k$$

$$X_1 = \text{Log} T_r \quad a_1 = m$$

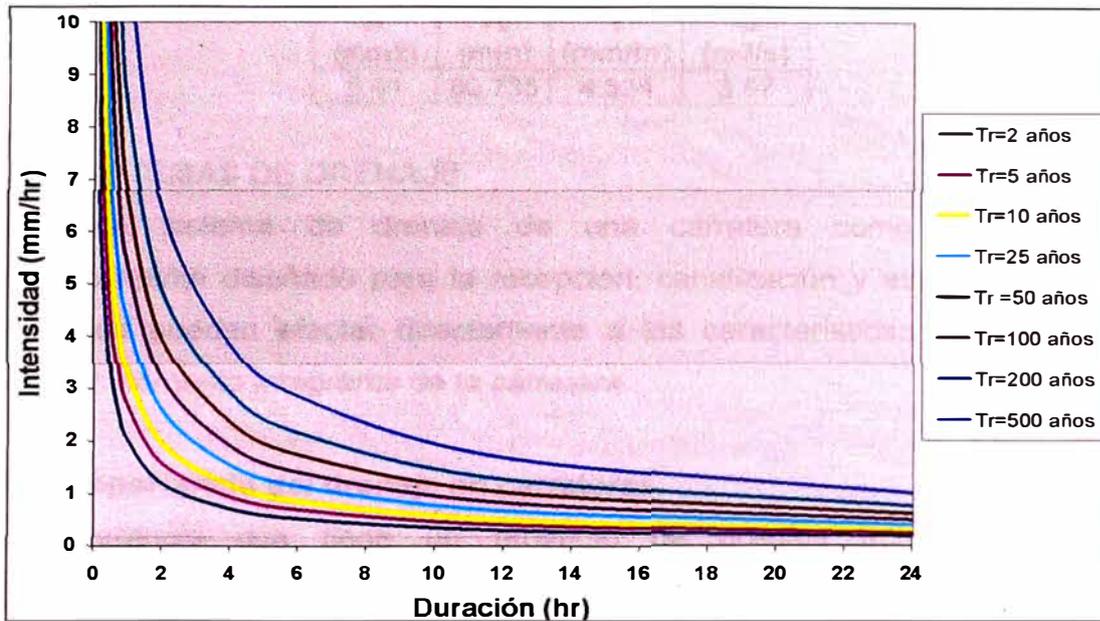
$$X_2 = \text{Log} D \quad a_2 = -n$$

Una vez calculados los coeficientes a0, a1 y a2 es posible obtener los valores de los parámetros k, m y n de la ecuación propuesta anteriormente.

Para hallar la intensidad hacemos el análisis estadístico de precipitaciones de la estación Pacarán y para la prueba de bondad utilizamos el Test de Smirnov – Kolmogorov (ver ANEXO A), dando como resultado la siguiente ecuación:

$$I = \frac{10^{1.549} T_r^{0.305}}{D^{0.75}}$$

Figura N° 2.03 Gráfico de las curvas IDF



Con la curva de Intensidad – Duración – Frecuencia se puede calcular el caudal para cada estructura:

Cuadro N° 2.12 Caudales para las cunetas

Km. Inicio	Km. Final	A (Km ²)	Tc (min)	I (mm/hr)	Q (m ³ /s)
89+000	89+250	0.12	24.609	6.467	0.094
89+250	89+500	0.25	31.237	5.407	0.165
89+500	89+750	0.27	32.344	5.268	0.171
89+750	90+000	0.26	35.504	4.912	0.156
90+000	90+250	0.04	18.818	7.908	0.038
90+250	90+500	0.08	18.852	7.897	0.082
90+500	90+750	0.05	20.241	7.487	0.041
90+750	91+000	0.08	21.630	7.124	0.069
91+000	91+250	0.12	20.764	7.345	0.112
91+250	91+500	0.24	26.582	6.103	0.181
91+500	91+750	0.11	19.707	7.639	0.106
91+750	92+000	0.17	23.107	6.779	0.141
92+000	92+250	0.05	18.659	7.958	0.050
92+250	92+500	0.14	21.101	7.257	0.125
92+500	92+579	0.04	13.317	10.249	0.050
92+579	92+750	0.03	8.155	14.806	0.051
92+750	92+849	0.05	14.628	9.552	0.053
92+849	93+000	0.02	10.694	12.082	0.033
93+000	93+195	0.12	24.127	6.563	0.100
93+195	93+250	0.02	12.719	10.608	0.022
93+250	93+439	0.15	27.795	5.902	0.106
93+439	93+500	0.02	14.667	9.533	0.020
93+500	93+750	0.17	25.128	6.366	0.132
93+750	94+000	0.19	32.484	5.251	0.120

Cuadro N° 2.13 Caudal para la alcantarilla de paso

A (Km2)	Tc (min)	i (mm/hr)	Q (m3/s)
5.81	80.735	4.334	3.57

2.3. SISTEMAS DE DRENAJE

Se define sistema de drenaje de una carretera 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 la carretera.

2.3.1. Importancia del drenaje en carreteras

La importancia que tiene un proyecto de drenaje integral, ejecutado conjuntamente con el proyecto de la carretera, se comprende si se analizan los problemas que pueden presentarse cuando a las obras de drenaje no se les da la debida importancia. Por ejemplo, si las obras necesarias para permitir el paso de las aguas, tales como cunetas y alcantarillas son excedidas en su capacidad, ya sea por el caudal que discurre a través de ellos o los materiales sólidos que arrastran, se producirá un embalsamiento de las aguas que traerá como consecuencia el deterioro y la inestabilidad del terraplén o que el agua sobrepase la vía interrumpiendo el tránsito y erosionando el terraplén aguas abajo. Es conveniente hacer notar que las obras de drenaje representan un porcentaje considerable del costo total de la carretera y que su mal funcionamiento implicará grandes sumas de dinero que habrá que gastar en reparaciones, conservación y mantenimiento.

2.3.2. Clasificación del sistema de drenaje

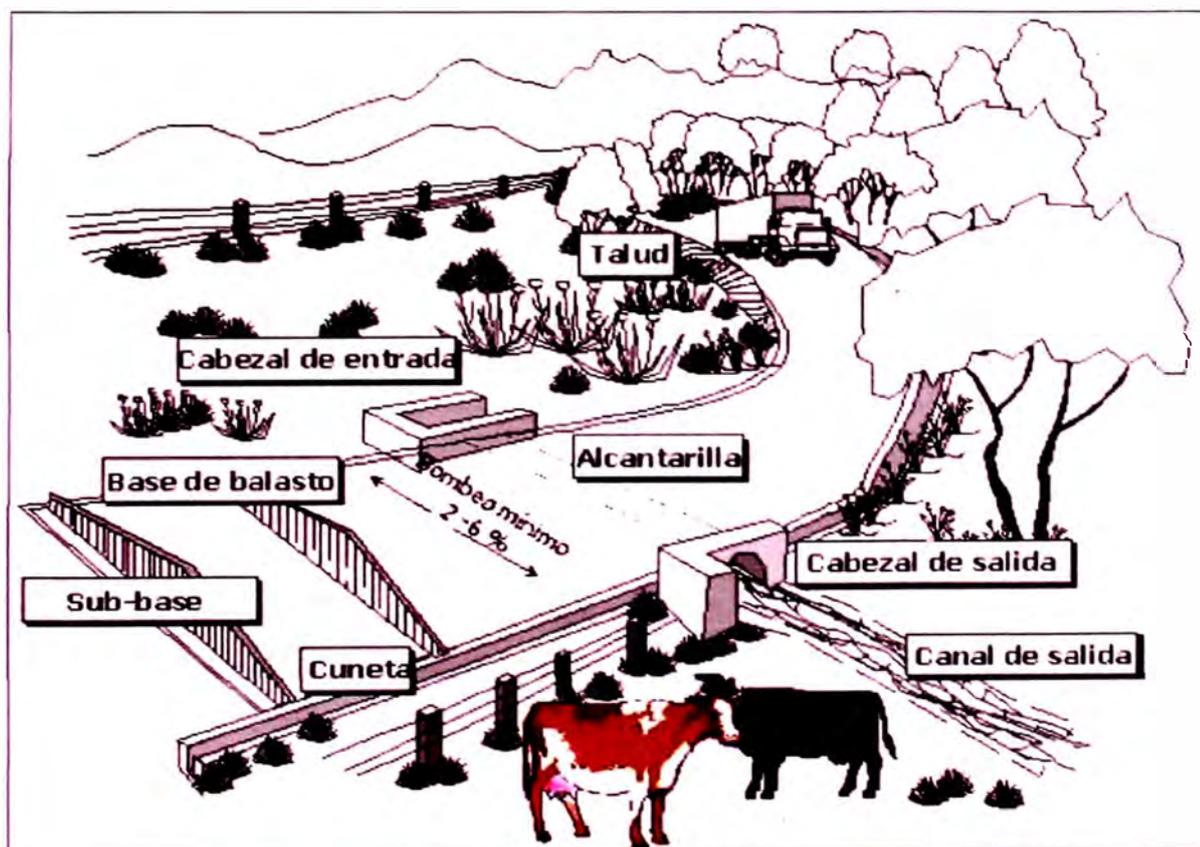
Para tener una mejor organización en el análisis de los problemas de drenaje que sufre una carretera, se puede plantear la solución del drenaje, diferenciando dos aspectos principales como son el tipo de flujo de agua presente en la carretera, ya sea éste superficial o subsuperficial, y el sentido de recorrido de dichos flujos de agua sobre la misma, ya sea longitudinal o transversal al eje de la carretera. En el presente informe se trata el tema del drenaje superficial de la carretera.

2.3.3. Drenaje de flujo superficial

En esta parte, se analiza el flujo de escorrentía superficial que discurre sobre la carretera que luego de alcanzar el tiempo de concentración propio para la zona se inicia el escurrimiento, este flujo se incrementa con el flujo proveniente de los taludes de corte en la carretera. También se analiza el flujo de escorrentía superficial que proviene directamente de cauces naturales que afectan a la carretera, como ríos, quebradas, canales de riego, acequias, arroyos, etc.

Las fuentes de flujo de agua superficial mencionadas demandan el planteamiento de una evacuación ordenada según los sentidos de recorrido, ya sea longitudinal o transversal.

Figura N° 2.04 Esquema de elementos de un camino



Fuente: Apuntes de clase Ing. Fernando Romero

2.3.4. Sistema de drenaje longitudinal

El sistema de drenaje longitudinal se destina a la recolección del agua pluvial que incide directamente sobre la superficie de rodadura y sobre los taludes de corte aledaños a la carretera. Dicho flujo superficial es ordenadamente evacuado con estructuras de drenaje que siguen el sentido paralelo a la dirección del eje

de la carretera. Las estructuras de drenaje para el Sistema de Drenaje Longitudinal son las denominadas cunetas, bordillos o zanjas.

La evacuación del flujo acumulado en las estructuras de drenaje longitudinal, se logrará a través de estructuras de drenaje transversal (alcantarillas, puentes, etc) así como también se evacuarán en entregas a través de Lavaderos y Bajantes protegidas hacia cauces naturales o taludes protegidos.

a) Condiciones generales

Al ser relativamente constantes la sección y pendiente de un dispositivo de la cuneta, bordillo o zanja y ser su caudal de referencia proporcional a la longitud de carretera desaguada (contada desde es el origen de la red), dicha longitud no podrá rebasar un cierto límite máximo sin que deje de cumplirse las siguientes condiciones:

- Las soluciones técnicamente disponibles
- La facilidad de su obtención
- Sus precios
- Las posibilidades y coste de su construcción y conservación
- Los daños que su presencia puede producir

Si resulta necesario se cambiará de sección o de pendiente, o desaguar a otro dispositivo o al punto de desagüe de la red.

Se procurará tipificar estos dispositivos, a fin de conseguir economías por ejecución en serie o por prefabricación. Se escogerán dispositivos que puedan conservarse fácilmente, no causen riesgos a la circulación y sean robustos. Donde hiele, serán preferibles los revestimientos de hormigón a los de mampostería.

Se proyectarán los detalles precisos para pasar de un tipo de dispositivo a otro, tales como empalmes en arquetas, partidores, etc. Será fundamental asegurar la continuidad de cada elemento de la red de drenaje superficial de la plataforma y sus márgenes, que no deberá interrumpirse por estructuras u obras de paso.

Los cambios de dirección, de sección o de pendiente que no sean pequeños, así como las confluencias de conductos pueden provocar fenómenos hidráulicos no tenidos en cuenta por las fórmulas de pérdida de energía. Esos defectos se deberán corregir preferentemente mediante dispositivos locales: por ejemplo, una pérdida de energía podrá compensarse a veces por un aumento equivalente de desnivel, que evite la propagación aguas arriba de un remanso.

Se procurará evitar el depósito de arrastres en los elementos del drenaje superficial de la plataforma y sus márgenes, o a su entrada salvo en los puntos de fácil limpieza en los que se provoquen esos depósitos, evitando el estancamiento en los puntos bajos y asegurando una velocidad mínima al agua.

b) Estructuras tipo cuneta

Son las estructuras destinadas a recoger el agua que escurre de la superficie de la plataforma debido al bombeo, así como la que escurre por los taludes de los cortes. Un caso particular es lo que se presenta y se proyecta en las zonas urbanas que se encuentran cerca de la carretera y que merecen un análisis independiente relacionado al Drenaje Urbano.

El diseño de las cunetas ha contemplado las siguientes consideraciones climáticas y geométricas:

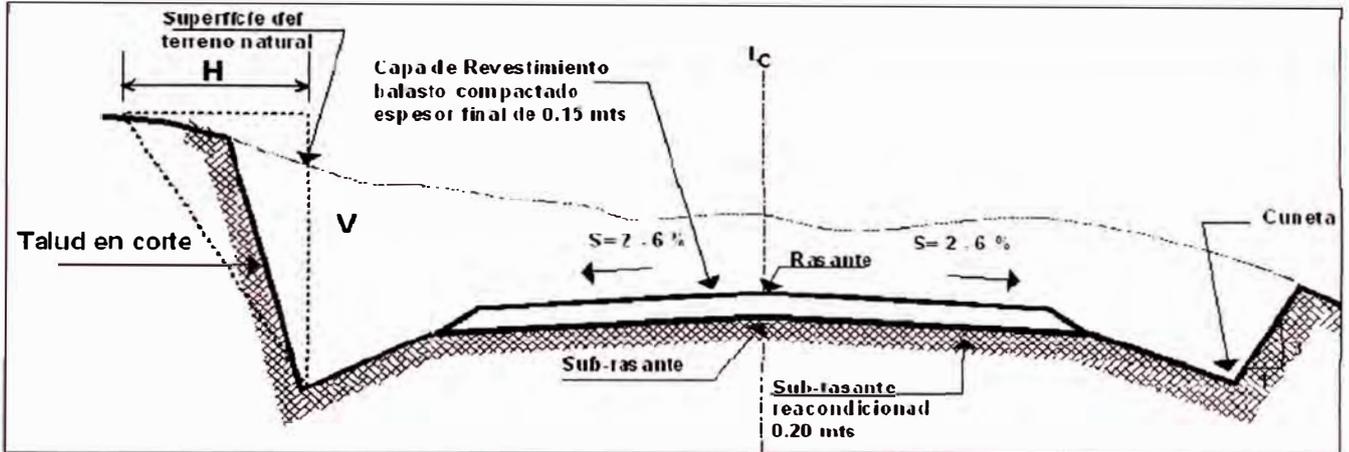
Determinación de la zona húmeda de influencia

Luego de un reconocimiento de campo, revisión de información meteorológica, consulta a los pobladores y del análisis de precipitación, se debe determinar la precipitación máxima para un tiempo de retorno dado.

Bombeo o pendiente transversal de la carretera

Con el fin de facilitar el ingreso de las aguas de escorrentía superficial que discurren sobre la superficie de rodadura y facilitar su orientación hacia las cunetas, se debe considerar una pendiente mínima en el sentido transversal de la plataforma de la carretera en todos sus tramos.

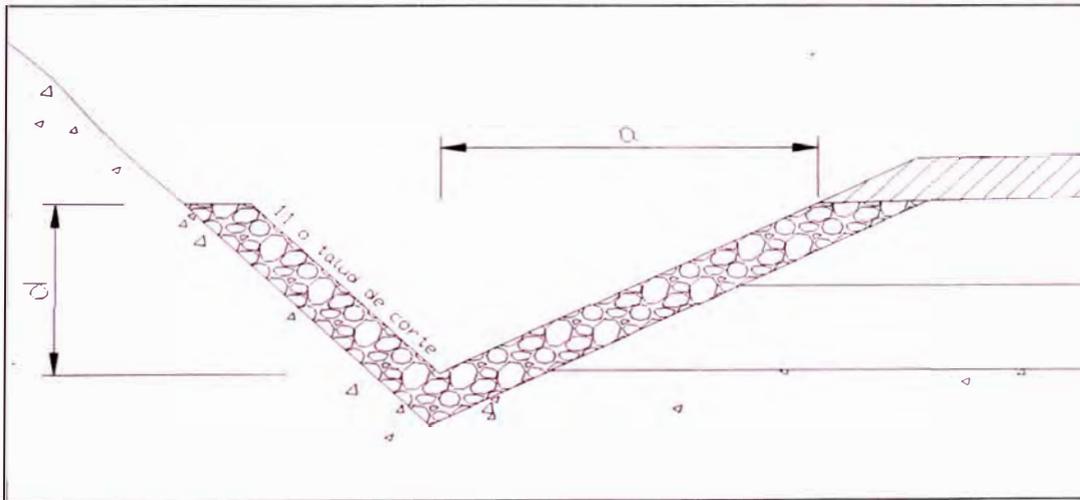
Figura N° 2.05 Bombeo de la carretera



Sección geométrica de la cuneta

De acuerdo al Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito las cunetas tendrán, en general, sección triangular.

Figura N° 2.06 Sección típica de una cuneta



Cuadro N° 2.14 Dimensiones mínimas de las cunetas

Región	Profundidad d (m)	Ancho a (m)
Seca	0.20	0.40
Lluviosa	0.30	0.60
Muy lluviosa	0.30 *	1.20

* Cuneta trapezoidal de 0.30m (mínimo) de ancho de fondo

Fuente: MTC, Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, Marzo 2008

Pendiente longitudinal de la cuneta

La pendiente longitudinal de la cuneta se debe adoptar igual a la pendiente del trazo vial, pero cuando ésta es muy pronunciada (mayor de 5%) la longitud del tramo de la cuneta se recomienda que se acorte. Se toma dicha decisión para evitar velocidades muy altas que a su vez provocan erosión de las paredes de la cuneta. Debe evitarse baja velocidad del agua, la cual ocurre donde la pendiente de la cuneta es inferior a 1%.

Cuadro N° 2.15 Velocidad máxima del agua

Tipo de superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.20 - 0.60
Arena arcillosa dura, margas duras	0.60 - 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 - 1.20
Arcilla, grava, pizarras blandas con cubierta vegetal	1.20 - 1.50
Hierba	1.20 - 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 - 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 - 4.50 *
Concreto	4.50 - 6.00 *

* Para flujos de muy corta duración

Fuente: MTC, Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, Marzo 2008

Rugosidad de cuneta

Debido a las consideraciones adoptadas, es necesario controlar el efecto abrasivo que se puede presentar por la velocidad con que discurren las aguas dentro de la cuneta.

Cuadro N° 2.16 Valores del coeficiente de Manning

Tipo de canal	Mínimo	Normal	Máximo
Tubo metálico corrugado	0.021	0.024	0.030
Tubo de concreto	0.010	0.015	0.020
Canal revestido en concreto alisado	0.011	0.015	0.017
Canal revestido en concreto sin alisar	0.014	0.017	0.020
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.030
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.030
Canal sin revestir en roca uniforme	0.025	0.035	0.040
Canal sin revestir en roca irregular	0.035	0.040	0.050
Canal sin revestir con maleza tupida	0.050	0.080	0.120
Río en planicies de cauce recto sin zonas con piedras y malezas	0.025	0.030	0.035
Ríos sinuosos o torrentosos con piedras	0.035	0.040	0.600

Fuente: MTC, Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, Marzo 2008

Longitudes de tramo

La longitud de recorrido de un tramo de cuneta depende de varios factores, tales como: ubicación de entregas naturales (ríos, hondonadas, etc.), ubicación de puntos bajos que presenta el perfil de la carretera, pendiente de trazo muy pronunciada, caudales de recolección en un tramo según los niveles de precipitación y necesidad de contar con un punto de evacuación en lugares que merecen no ser cambiados de su condición actual, tales como puntos de salida de canales de riego.

c) Estructuras de entrega de las cunetas

Se denomina así a las estructuras que permiten la entrega de las aguas que conducen las cunetas a los cauces naturales, taludes protegidos, buzones de ingreso de agua pluvial, etc, para así ser llevados en forma ordenada hacia su punto de evacuación final.

Siendo algunos de los tipos de estructuras de entrega las siguientes:

Estructura de entrega de la Cuneta hacia Terreno Natural

Se obtiene ante la inevitable necesidad de desfogar las cunetas en terreno natural, contando para ello con una estructura de entrega adecuada. La siembra de especies herbáceas (de corto tamaño) en las cunetas mejora sus condiciones de desagüe, al aumentar tanto el tiempo de concentración y proteger contra la erosión.

Estructura de entrega de la Cuneta hacia las Alcantarillas

Las cunetas también vierten directamente el agua pluvial que conducen a las estructuras las alcantarillas; esto con la finalidad de evitar desfogar en zonas del talud diferentes a los que vierten las alcantarillas. De esta forma se evita tener mayores lugares de desfogue que deriva en evitar lugares de erosión potencial.

2.3.5. Sistema de drenaje transversal

El Sistema de Drenaje Transversal analiza las estructuras de drenaje que se ubican en sentido transversal o esviada con respecto al sentido del eje de la carretera, la función principal de este sistema es de restituir el paso de los cauces naturales (ríos, quebradas, arroyos, cárcavas, etc) que han sido afectados por el trazo de la carretera, para lo cual se debe tratar de conservar

las características del cauce natural, siendo entonces importante el análisis de la ubicación de estas estructuras. Las estructuras de drenaje transversal, también sirven para evacuar el flujo proveniente del sistema de drenaje longitudinal, para lo cual se tiene que tener cuidado en la capacidad de éstas, siendo comúnmente necesario ubicar cada cierta distancia una estructura de drenaje transversal, y luego evacuar el flujo en forma ordenada hacia drenes naturales.

Entre las estructuras que cumplen con las funciones mencionadas se encuentran las alcantarillas, puentes y badenes.

La diferencia entre una alcantarilla y un puente consiste en que la parte superior de una alcantarilla generalmente no forma parte del pavimento de la carretera; en cambio, un puente eslabona una carretera sobre un cauce natural. También es importante anotar que los problemas en un puente son fundamentalmente de tipo hidrológico y de hidráulica de ríos, y difieren en su planeamiento con respecto a los de una alcantarilla. En cualquier caso, la idea es efectuar el cruce tratando de no modificar las condiciones originales del flujo en el río ó quebrada.

La práctica comúnmente aceptada considera como alcantarillas aquellos conductos bajo la carretera de cualquier forma y tamaño, con longitudes hasta de 6m. Las estructuras de mayor claro son tratadas como puentes.

Aunque el costo unitario de las alcantarillas es mucho menor que el de los puentes, aquellos son más numerosos, en promedio 5 por cada km. de carretera (dependiendo de la necesidad de ubicar mas alcantarillas en cada tipo de carretera) y representan un costo total mayor que el de los puentes.

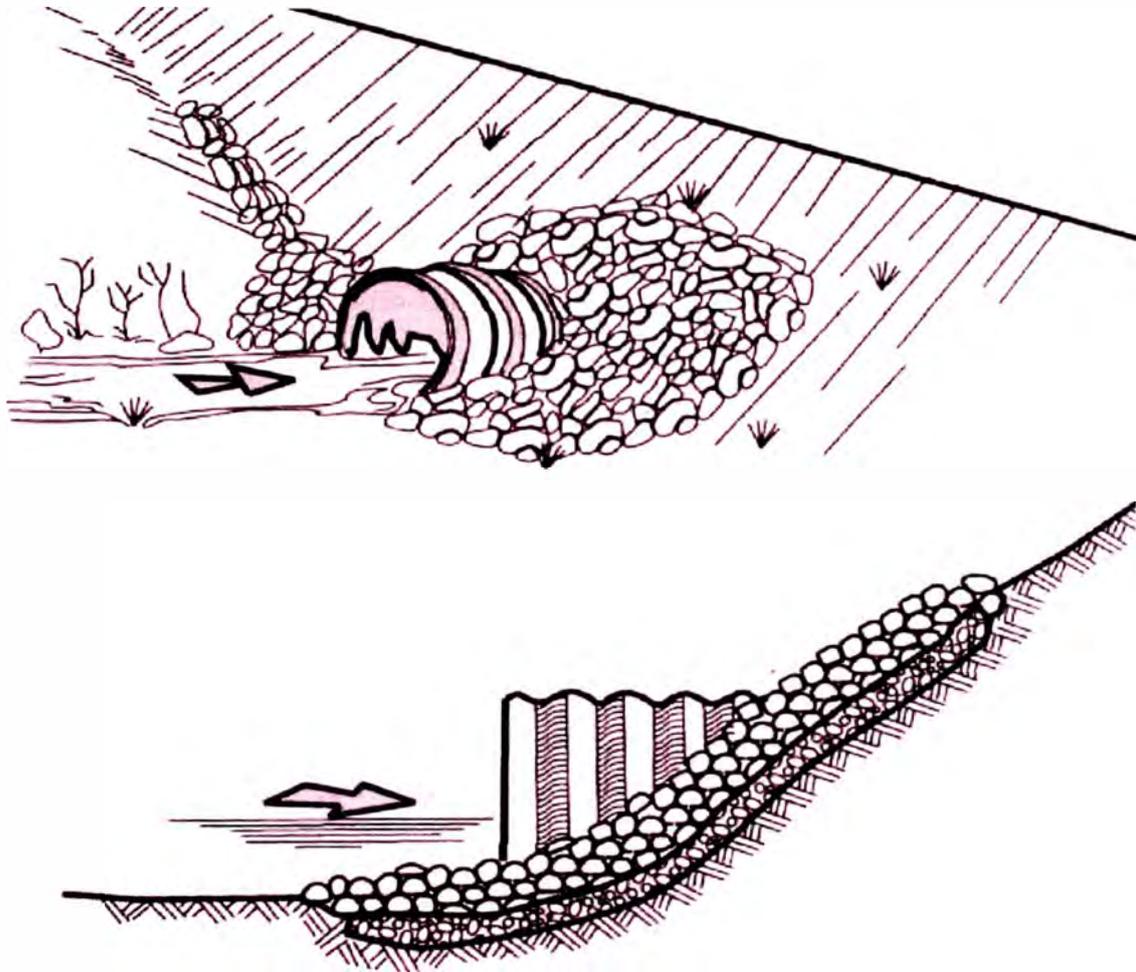
a) Alcantarillas

Las alcantarillas son conductos cerrados que se construyen transversales a un terraplén y por debajo de este, con objeto de conducir flujo de escorrentía proveniente de cunetas y contracunetas hacia cauces naturales, también sirve de paso a flujos provenientes de cauces naturales pequeños o medianos. La dimensión mínima interna de las alcantarillas debe ser aquella que permita su limpieza y mantenimiento.

b) Alcantarillas de paso

Se utilizan cuando hay ríos o canales de riego que atraviesan la carretera o quebradas cuyo cauce pasen por debajo del nivel de la carretera. El diámetro mínimo recomendado es de 1.0 m.

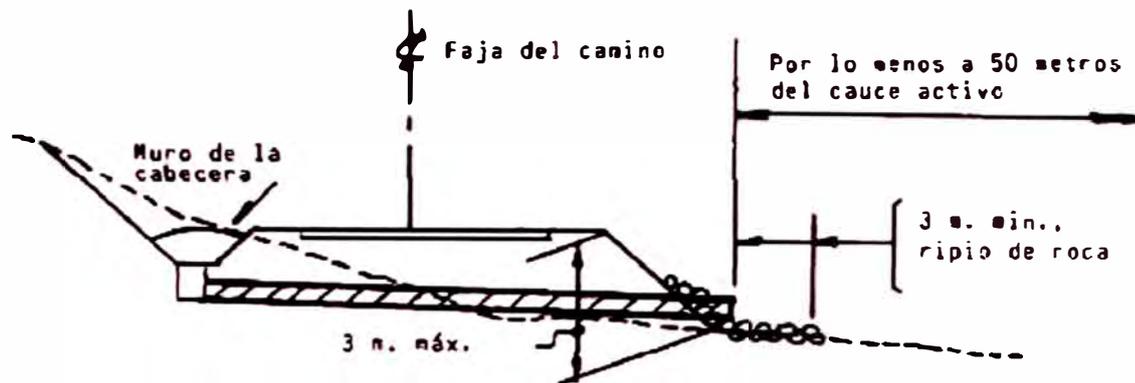
Figura Nº 2.07 Alcantarilla de paso y protección de piedra



c) Alcantarillas de alivio

Son alcantarillas que recogen el agua de las cunetas provenientes del talud de corte, estas cunetas deben descargar a intervalos regulares a las alcantarillas de alivio, a una distancia que evite que la corriente de la cuneta alcance la velocidad máxima de diseño. Los diámetros no deben ser menores a 0.40 m, lo más común es usar un diámetro mínimo de 0.60 m en el caso de tubos y ancho, alto 0.60 m en caso rectangular.

Figura Nº 2.08 Alcantarilla de alivio



d) Clasificación de las alcantarillas

Una alcantarilla, se puede clasificar de acuerdo al tipo de sección transversal, al material o forma.

Clasificación según la forma y Sección Transversal

La forma de una alcantarilla no es la más importante consideración, como lo es el rendimiento hidráulico. La sección circular, arco o rectangulares son de igual capacidad hidráulica, lo cual es muchas veces necesarias, sin embargo es un problema para el funcionamiento de la alcantarilla, la baja altura del terraplén por lo que es este un factor limitante.

Para la selección de la forma de las alcantarillas, se tiene que considerar el costo de la construcción, el potencial de obstrucción por los escombros, los problemas que se originan por la altura permisible de agua en la entrada, la altura de terraplén sobre la alcantarilla y el rendimiento hidráulico.

Comúnmente se utilizan las siguientes secciones transversales en las alcantarillas.

- **Circular**

La sección circular es la sección comúnmente usada y resiste en forma satisfactoria, en la mayoría de los casos. Este tipo de sección se puede encontrar en gran variedad de longitudes estándares a costo razonable.

El diseño, las especificaciones constructivas y los métodos para determinar la máxima cobertura para tubos de concreto y acero, están incluidos en las publicaciones de la American Association state Highway Administration y otros.

- **Arco y elíptica**

La sección arco y elíptica en una alcantarilla, son generalmente usadas en reemplazo de una sección circular, porque se puede usar esta sección con menor altura del terraplén. Cuando se compara con la sección circular, la sección arco y elípticas son más caras, a pesar de tener la misma capacidad hidráulica, pero se requiere incrementar las características estructurales.

- **Rectangular**

Las alcantarillas de cajón cuadradas o rectangulares pueden ser diseñadas para evacuar grandes crecidas y puede acomodarse con cambios de altura, a distintas limitaciones que puedan existir, tales como alturas de terraplén o alturas permisibles de agua en la entrada. Como generalmente se construyen en el lugar deberá tomarse en cuenta el tiempo de construcción al compararlas con las circulares prefabricadas, por lo cual se están usando secciones rectangulares prefabricadas.

En los casos de cauces naturales muy anchos se suelen ocupar alcantarillas múltiples. También se utilizan cuando el terraplén de la carretera es muy bajo. Sin embargo, cuando se ensancha un canal para acomodar una batería de alcantarillas múltiples, se produce depósito de sedimentos tanto en el canal como en la alcantarilla, situación que deberá tenerse presente.

- **Arco**

Una alcantarilla arco tiene aplicación en lugares donde hay poca obstrucción al curso del flujo y donde las cimentaciones que se pueden construir, sean adecuadas para resistir las estructuras.

Así como también las estructuras de esta sección pueden ser instaladas manteniendo el arroyo natural donde se encuentren peces u otros animales que habiten en el lugar, pero esto debería ser cuidadosamente evaluado.

Las estructuras de las placas de metal de los arcos pueden usarse en situaciones de bajas coberturas, así como tiene la ventaja de una rápida construcción, poco transporte y bajo costo de mano de obra.

Esta forma es especialmente ventajosa en áreas remotas y abruptas.

- **Múltiples ojos o barriles**

Este tipo de sección consiste en más de un ojo o barril y son generalmente usadas en cauces anchos, donde la concentración de flujo puede ser mantenida en un mínimo, así como se puede usar en carreteras de bajo terraplén que ofrece limitada cubierta, para lo cual se necesita el uso de pequeñas y varias alcantarillas.

En el caso de alcantarillas de celdas es usualmente más económico usar estructuras múltiples que una sola luz de gran ancho. En algunas ocasiones, los múltiples barriles tienen una tendencia para retener ripio lo cual entorpece el paso de agua. Ellas son también susceptibles a atascarse y a la deposición de arena en uno o más barriles. El alineamiento frontal de las alcantarillas a la proximidad del flujo y la instalación de estructuras de control de ripio, pueden ayudar a eliminar estos problemas.

Clasificación según el material

Los materiales más comúnmente usados son:

- Concreto (reforzado y sin reforzar)
- Acero (liso y corrugado)
- Aluminio corrugado

En la elección del material de la alcantarilla se deben tomar en cuenta la durabilidad, resistencia, rugosidad, condiciones del terreno, resistencia a la corrosión, abrasión e impermeabilidad.

No es posible dar reglas generales para la elección del material ya que depende del tipo de suelo y del agua, y de la disponibilidad de los materiales en el lugar. Sin embargo, deberá tenerse presente al menos lo siguiente si el camino considera pavimento superior.

- a. La vida útil de los materiales constituyentes de la alcantarilla debe superar la vida útil del pavimento.
- b. La alcantarilla debe asegurar una impermeabilidad que evite la saturación del terraplén adyacente, que pudiera acarrear asentamientos del terraplén con el consecuente daño al pavimento.

e) Ubicación en planta

Desde el punto de vista económico el reemplazo de la ubicación natural del cauce por otra normal o casi normal al eje del camino, implica la disminución del largo del conducto, el acondicionamiento del cauce y la construcción adicional de un canal de entrada y/o de salida. Estos cambios deben ser diseñados en forma cuidadosa para evitar una mala alineación del canal natural y los problemas de erosión o de depósito de sedimentos, tanto en la alcantarilla como en el terraplén y propiedades vecinas.

Como consideraciones generales conviene destacar los siguientes aspectos:

- La corriente debe cruzar la carretera en la primera oportunidad, ya que se evita de esta manera posibles derrumbes y deslizamientos por llevar la corriente paralela al pie del terraplén y aguas arriba de él.
- Si el esviajamiento del canal con respecto a la normal al eje de la carretera es menor ó igual a 5° , conviene hacer la alcantarilla normal al eje y si es mayor, conviene reducirla. No hay disminuciones importantes de costos cuando se reduce un esviajamiento moderado. Los límites entre estos casos deberán determinarse por comparación de costos.
- Se debe considerar la posibilidad de incluir obras de encauce y conducción aguas arriba de la obra de paso.
- Resulta relevante, en ciertos casos, consultar características históricas del cauce a lugareños como parte de los antecedentes que se estudien para determinar el emplazamiento de las alcantarillas.

Cauces con fuerte esviaje

Caso 1: Se conserva la entrada y la salida del canal natural (en general, si este es muy sinuoso aguas debajo de la carretera, conviene hacer la alcantarilla recta). Esta solución da la longitud máxima de alcantarilla. Colocando la alcantarilla ligeramente a un lado del canal natural se puede obtener por lo general una mejor función, siendo necesario desviar la corriente.

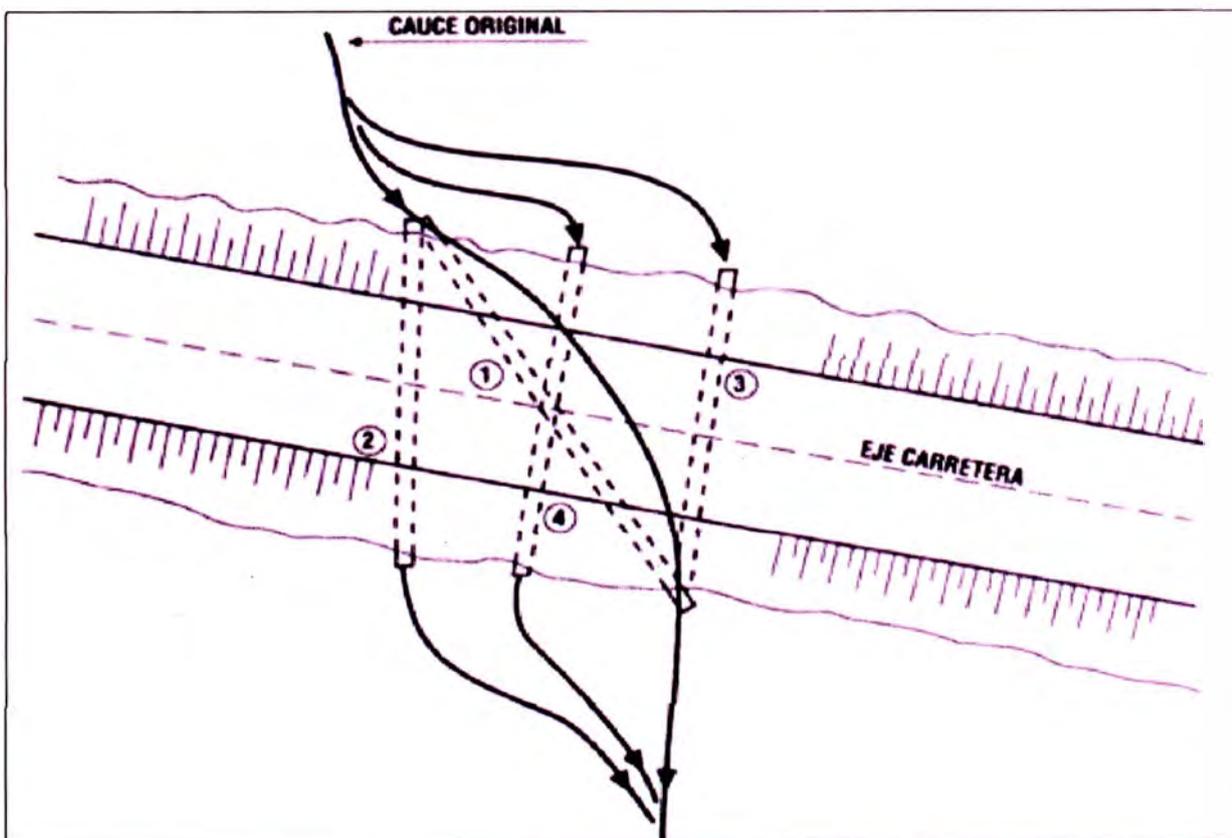
Caso 2: La entrada se coloca en el canal natural y la salida se desplaza para tener una alcantarilla casi normal al eje de la carretera. Como en este caso se ha alargado la línea de flujo, esto será a costa de reducir la pendiente. Las estructuras de entrada y salida, y la alimentación del canal deben hacerse a tal modo de minimizar los efectos de cambios bruscos de dirección. Ello podría

aumentar la sección de la alcantarilla comparada con la de la solución anterior. Será necesario considerar estructuras especiales de entrada y salida.

Caso 3: Se ha desplazado la entrada de modo que la salida descargue directamente en el canal natural. El canal de acercamiento a la alcantarilla debe tener una buena alineación con ella para no necesitar una entrada o salida especial. El tamaño de la alcantarilla puede ser influenciado por el hecho que al aumentar la longitud de flujo debe reducirse la pendiente. Habrá costos adicionales por construcción y manutención del canal, un posible mayor diámetro y protección del terraplén en la entrada.

Caso 4: En este caso se ha desplazado, tanto la entrada como la salida. No se obtiene un mejoramiento hidráulico con esta solución y solo conviene usarla cuando hay restricciones de espacios para otras soluciones. En este caso se requieren estructuras especiales de entrada y salida de canales de acercamiento en los dos extremos, los que deben considerarse en el costo, además de una posible mayor sección de la alcantarilla debido a la disminución de la pendiente.

Figura N° 2.09 Cauces con fuerte esviaje respecto del eje del camino



f) Pendiente

La pendiente ideal para una alcantarilla es aquella que no produce sedimentación ni velocidades excesivas y erosión, que permite la menor longitud, y que hace más sencillo el reemplazo.

Las velocidades del orden de 3 m/s producen erosión destructiva aguas abajo, y a la estructura misma de la alcantarilla, a menos que esté protegida.

La capacidad portadora de sedimentos, de un curso de agua, varía según el cuadrado de velocidades.

La capacidad de una alcantarilla con salida libre (no sumergida) no aumenta al emplearse una pendiente mayor que la llamada "pendiente crítica". La capacidad está determinada por la cantidad de agua que puede ingresar por la entrada.

Por otra parte, la capacidad de una tubería con pendiente muy suave, pero con salida sumergida, puede variar según la carga (diferencia de altura de la superficie del agua en los dos extremos). En este caso, la rugosidad del interior de la alcantarilla, además de la carga de velocidad y la pérdida por la entrada, es un factor que debe tenerse en cuenta.

Se recomienda una pendiente de 1 o 2 por ciento para obtener un declive igual o mayor que el crítico, siempre que la velocidad esté comprendida dentro de límites admisibles. En términos generales, una pendiente mínima de 50 cm en 100 m evitará la sedimentación.

g) Largo de la alcantarilla

El largo necesario de la alcantarilla depende del ancho de la calzada o piso del camino, de la altura del terraplén, de la inclinación del talud, de la pendiente y esviajamiento de la alcantarilla, y del tipo de terminación que se utilice, tal como pieza terminal, muro de cabecera, entrada con caída, vertedero, o extremo biselado. Una alcantarilla debe tener longitud suficiente para que sus extremos no se obstruyan con sedimentos ni sean cubiertos por el terraplén que se asienta y ensancha.

Un esquema del corte transversal del terraplén, y del perfil del lecho del curso de agua, servirá para determinar mejor el largo necesario de la alcantarilla.

h) Flujo con control de entrada

En el flujo con control de entrada el tirante crítico se forma en las proximidades de la sección de entrada a la alcantarilla, quedando hacia aguas arriba de dicha sección un remanso en flujo subcrítico, y aguas abajo, un flujo supercrítico. De modo que lo que ocurre desde la sección hacia aguas arriba, tiene influencia en el nivel a la entrada de la alcantarilla, pero no tiene ninguna influencia lo que ocurre aguas abajo de dicha sección.

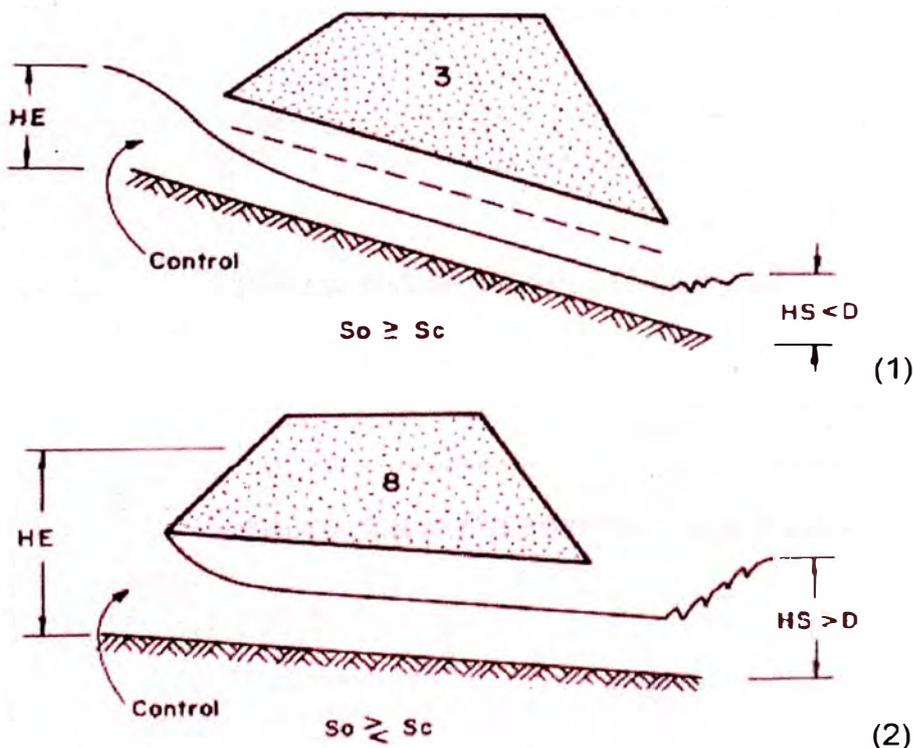
Por eso, las variables que intervienen en este tipo de flujo son:

- Tipo y dimensiones de la sección transversal.
- Geometría de la embocadura.
- Nivel de agua a la entrada. Se utiliza la altura H_e .

Si bien no es sencillo predefinir cuando un flujo tendrá control de entrada, los casos más típicos son aquellos en los cuales:

- 1) La entrada está descubierta y la pendiente es supercrítica, pudiendo o no fluir llena la sección en parte del conducto.
- 2) La entrada está sumergida, y sin embargo no fluye lleno el conducto, pudiendo ser subcrítica o supercrítica la pendiente.

Figura N° 2.10 Flujo con control de entrada



Cálculos para flujo con control de entrada

El procedimiento de cálculo es sencillo para este tipo de flujo, y puede plantearse en los siguientes pasos:

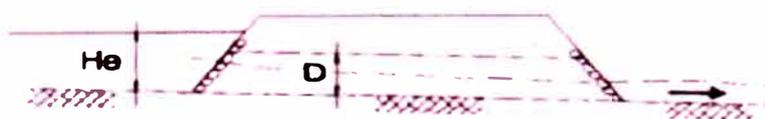
- 1) Se adopta un caudal de diseño.
- 2) Se propone un tipo de alcantarilla (forma y dimensiones).
- 3) Se elige un tipo de entrada.
- 4) Se calcula el nivel que debe formarse a la entrada (H_e) necesario para permitir el paso del caudal de diseño. Si ese nivel verifica las condiciones de nuestro proyecto, es decir, no supera la altura máxima admisible para el agua a la entrada de la alcantarilla de acuerdo a los condicionantes de diseño planteados en el problema en cuestión, se continúa en el paso 5, de lo contrario, se vuelve al paso 2.
- 5) Se observa que el nivel H_e no sea demasiado pequeño, es decir, que la alcantarilla no se haya sobredimensionado, pues esto ocasionaría costos excesivos e innecesarios.
- 6) Se adopta la alcantarilla propuesta como una de las posibles soluciones del problema.

Figura N° 2.11 Tipos de entrada

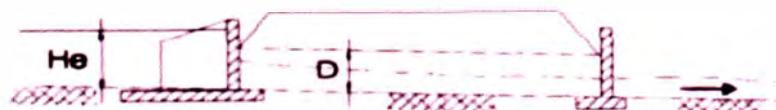
DUCTO PROLONGADO SIN MURO DE BOCA



DUCTO CORTADO A BISEL SEGÚN INCLINACIÓN TALUD



DUCTO CON MURO FRONTAL - CON Y SIN ALAS



2.4. DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

2.4.1. Criterios de diseño

A la hora de proyectar el drenaje de una carretera deben tenerse presentes una serie de factores que influyen directamente en el tipo de sistema más adecuado, así como en su posterior funcionalidad. Entre los factores más destacables tenemos:

a) Factores topográficos

Dentro de este grupo se engloban circunstancias de tipo físico, tales como la ubicación de la carretera respecto del terreno natural contiguo (en desmonte, terraplén o a media ladera), la tipología del relieve existente (llano, ondulado, accidentado) o la disposición de sus pendientes en referencia a la vía.

b) Factores hidrológicos

Hacen referencia al área de la cuenca de recepción y aporte de aguas superficiales que afecta directamente a la carretera, así como a la presencia, nivel y caudal de las aguas subterráneas que puedan infiltrarse en las capas inferiores del terreno.

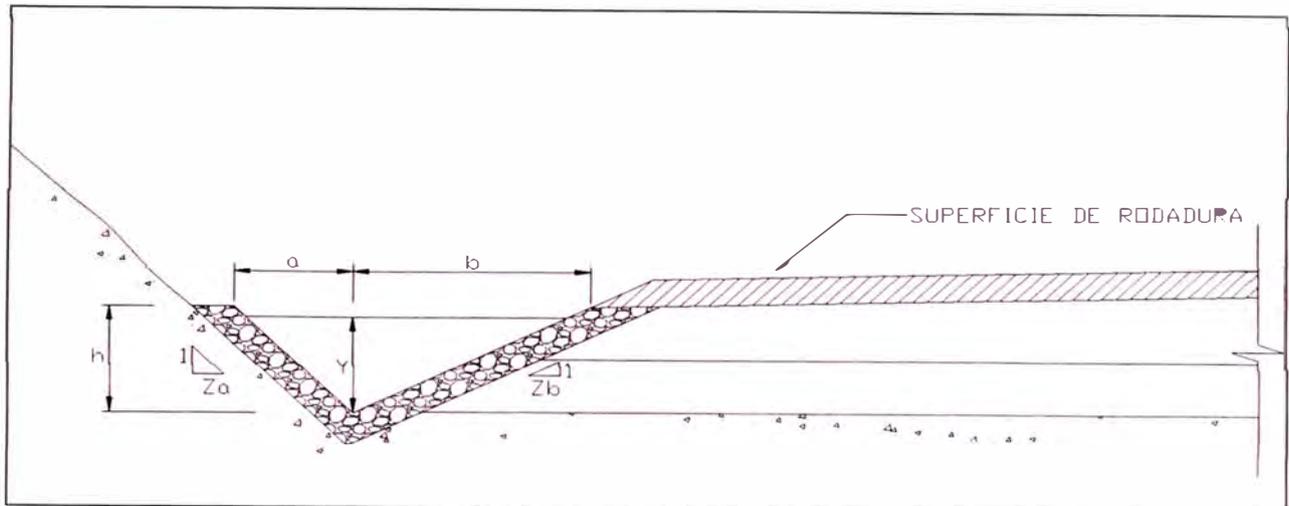
c) Factores geotécnicos

La naturaleza y características de los suelos existentes en la zona condicionan la facilidad con la que el agua puede llegar a la vía desde su punto de origen, así como la posibilidad de que ocasione corrimientos o una erosión excesiva del terreno. Las propiedades a considerar son aquellas que afectan a su permeabilidad, homogeneidad, estratificación o compacidad, influyendo también la existencia de vegetación.

2.4.2. Cálculo de las dimensiones de la cuneta

Del Cuadro N° 2.12 se observa que el tramo entre los Km.91+250 al 91+500 posee el mayor caudal de diseño, tiene un caudal de 0.181 m³/s, se usará este caudal para el dimensionamiento de la cuneta. La sección de la cuneta tendrá las características de la Figura N° 2.12.

Figura N° 2.12 Sección mínima de la cuneta



Se utilizará la fórmula de Manning para el cálculo del caudal:

$$Q = AV, \quad V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Caudal hidráulico (m³/s)

A = Área de la sección mínima (m²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente de la cuneta (m/m)

n = Coeficiente de Manning

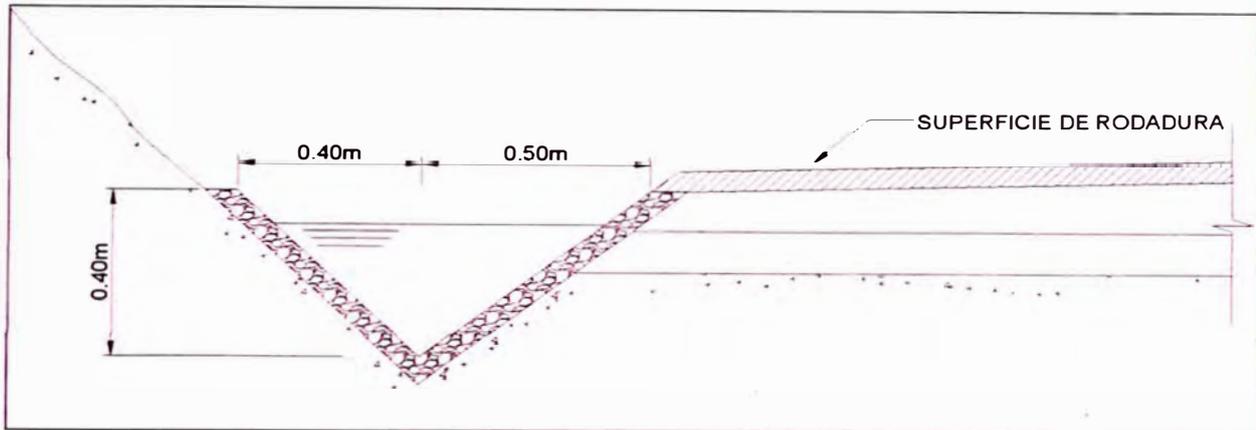
Considerando una pendiente de la cuneta según los datos del Cuadro N° 2.10 (S=0.025), un coeficiente de Manning de 0.025 para cunetas revestidas con albañilería de piedra y un borde libre (BL) de 25% del tirante, aplicando la ecuación de Manning para diferentes taludes encontramos los tirantes, se obtiene los siguientes resultados:

Cuadro N° 2.17 Tirantes para diferentes taludes

Sección N°	Talud Za	Talud Zb	Tirante Y(m)	Tirante+BL 1.25*Y(m)	Dimensiones finales			
					a(m)	b(m)	h(m)	Area(m ²)
1	1.00	1.00	0.34	0.43	0.45	0.45	0.45	0.203
2	1.00	1.25	0.32	0.40	0.40	0.50	0.40	0.180
3	1.00	1.50	0.31	0.39	0.40	0.60	0.40	0.200
4	1.00	1.75	0.30	0.38	0.40	0.70	0.40	0.220
5	1.00	2.00	0.28	0.35	0.35	0.70	0.35	0.184

La sección N° 2 cumple con las condiciones de flujo y tirante, además posee una menor área, por lo tanto, se utilizará dichos valores, la cuneta tendrá la sección que se muestra en la Figura N° 2.13.

Figura N° 2.13 Sección final de la cuneta



2.4.3. Cálculo de las dimensiones de la alcantarilla de paso

Para el cálculo del diámetro de la alcantarilla de paso se utilizó el software HY-8 V 7.2 (ver ANEXO B), este programa necesita, entre otros, los siguientes datos:

Sección de la alcantarilla: Circular

Tipo de alcantarilla: TMC

Longitud de alcantarilla: 10 m

Caudal de diseño (Cuadro N° 2.13): 3.57 m³/s

Ancho de calzada: 6 m

Altura de la calzada: 2 m

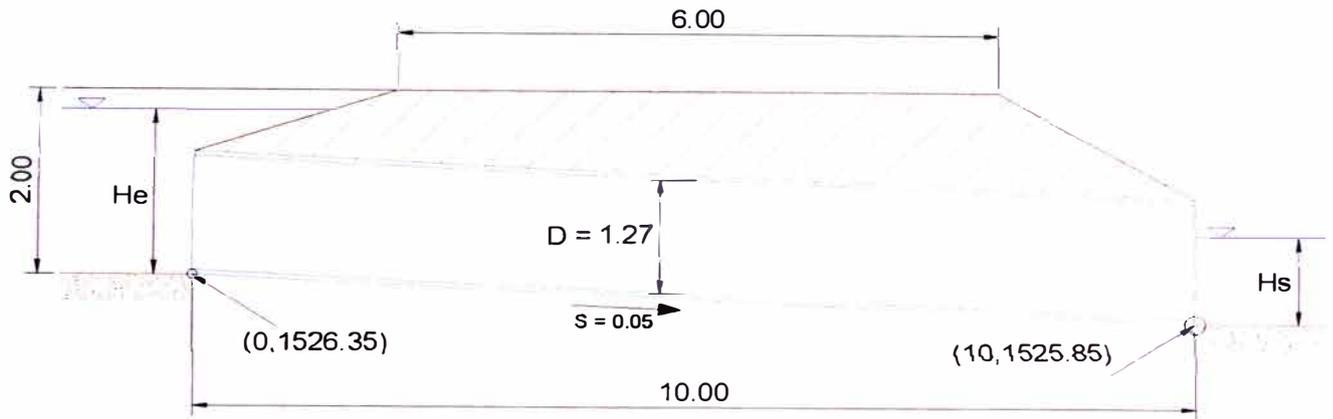
Elevación del punto de entrada: 1526.35 msnm

Elevación del punto de salida: 1525.85 msnm

Características del canal de salida

El programa hace un análisis en la entrada de la alcantarilla calculando el nivel máximo del agua en la entrada, teniendo en cuenta que este nivel debe estar por debajo del nivel de la calzada, se pueden cambiar el diámetro y las características de la alcantarilla hasta lograr las condiciones necesarias, resultando un diámetro de 1.27 m (50"), el cual se puede observar en el esquema presentado en la Figura N° 2.14.

Figura N° 2.14 Esquema final de la alcantarilla



Donde:

- D: Diámetro de la alcantarilla
- S: Pendiente de la alcantarilla
- H_e : Nivel del agua en la entrada
- H_s : Nivel del agua en la salida

2.4.4. Cálculo de las dimensiones de la alcantarilla de alivio

Para las alcantarillas de alivio se diseñara con el caudal máximo de la Tabla N° 2.12, este caudal es de 0.181 m³/s, con este valor y considerando el diámetro mínimo recomendado por el Manual de diseño de carreteras de 0.40 m, con las características de la alcantarilla TMC y el caudal de diseño se determina el tirante del agua y la velocidad del flujo mediante el empleo del programa HCanales, que usa la ecuación de Manning.

El tirante para una alcantarilla de 0.40 m. de diámetro y un caudal de 0.181 m³/s sería de 30.42 cm, considerando un borde libre de 25% el tirante total es de 38.03 cm., se concluye que la alcantarilla cumple sin problemas con las condiciones de flujo. Según el Plano OD-02 (VER ANEXO E) es necesario construir 19 alcantarillas de alivio, el caudal para cada alcantarilla es el mostrado en el Cuadro N° 2.18. También hay que considerar los 4 pases de agua existentes, estos también recibirán eliminarán agua de las cunetas. En la progresiva 92+500 se observa que la alcantarilla al estar entre cunetas de pendiente negativa y positiva recibirá ambos caudales que suman 0.175 m³/s, la sección de diámetro 0.40 m también cumple para este caudal.

Figura N° 2.15 Sección final de la alcantarilla de alivio

Cálculo del tirante Normal, sección Circular

Lugar: Lima-Yauyos Proyecto: Carretera Cañete-Yauyc
Tramo: Km. 89+000-94+000 Revestimiento: TMC

Datos:
Caudal (Q): 0.181 m³/s
Diámetro (d): 0.40 m
Rugosidad (n): 0.024
Pendiente (S): 0.03 m/m

Resultados:
Tirante normal (y): 0.3042 m Perímetro mojado (p): 0.8474 m
Área hidráulica (A): 0.1025 m² Radio hidráulico (R): 0.1210 m
Espejo de agua (T): 0.3415 m Velocidad (v): 1.7654 m/s
Número de Froude (F): 1.0286 Energía específica (E): 0.4630 m Kg/Kg
Tipo de flujo: Supercrítico

Ejecutar Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal

Ejecuta las operaciones

Cuadro N° 2.18 Caudal para cada alcantarilla de alivio

Nº	Tipo de estructura	Sección	Dimensión (m)	Ubicación	Q (m ³ /s)
1	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	89+000	0.094
2	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	89+250	0.165
3	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	89+500	0.171
4	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	89+750	0.156
5	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	90+000	0.038
6	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	90+250	0.082
7	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	90+500	0.041
8	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	90+750	0.069
9	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	91+000	0.112
10	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	91+250	0.181
11	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	91+500	0.106
12	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	92+000	0.141
13	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	92+250	0.050
14	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	92+500	0.175
P1	Pase de agua	Cajón	0.25x0.25	92+579	0.051
15	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	92+750	0.053
P2	Pase de agua	Cajón	0.20x0.20	92+849	0.033
16	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	93+000	0.100
P3	Pase de agua	Cajón	0.25x0.25	93+195	0.022
17	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	93+250	0.106
P4	Pase de agua	Circular	0.20	93+439	0.020
18	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	93+500	0.132
19	Alcantarilla TMC	Circular	0.40	93+750	0.120

CAPITULO III: CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

3.1. MANTENIMIENTO DE LAS OBRAS DE DRENAJE

En la evaluación de campo se pudo observar un canal de riego a lo largo de la carretera en buen estado, libre de maleza y desmonte, sin embargo, se requiere un mantenimiento durante la vida útil, al igual que las cunetas y alcantarillas que se proponen en el presente informe.

Este mantenimiento tiene como objetivo asegurar que los elementos del sistema de drenaje estén libres de obstrucciones y no se alteren sus secciones transversales ni su pendiente. Deben funcionar adecuadamente de modo que el agua superficial pueda drenar libre y rápidamente de la superficie de la carretera. El agua puede deteriorar seriamente cualquier carretera, puede:

- Erosionar el terreno
- Debilitar pavimentos
- Destruir taludes
- Socavar alcantarillas, terraplenes e incluso puentes

El funcionamiento satisfactorio del sistema de drenaje es condición vital para contar con una carretera en óptimas condiciones.

3.2. METODOLOGIA

La conservación tiene relación con los “niveles de servicio” que se refiere a conceptos de: transitabilidad garantizada la mayor parte del tiempo; seguridad; y *comodidad operativa medida en términos de rugosidad de la carretera.*

La metodología a desarrollar para este fin establece una conservación rutinaria y una conservación periódica o puntual de acuerdo a las características de la carretera

Luego deberán considerarse el tipo y cantidad de actividades a desarrollar. En ese sentido se realizarán obras de conservación rutinaria, periódica, puntual y trabajos de emergencia.

3.3. MANTENIMIENTO RUTINARIO

Es el conjunto de actividades que se ejecutan dentro del Presupuesto anual para conservar el sistema de drenaje y las obras de arte en general. Estos trabajos tienen carácter de preventivo y se ejecutan durante todo el año.

El mantenimiento rutinario en el sistema de drenaje es esencial para proteger la estructura de la carretera y la superficie de rodadura, de acuerdo a una programación elaborada en función a prioridades, estacionalidad y características de la carretera.

Entre las principales acciones de mantenimiento rutinario podemos mencionar:

- Limpieza de cunetas revestidas
- Limpieza de alcantarillas de TMC
- Limpieza de pases de agua
- Control de la erosión en zona de salida de la alcantarilla

3.4. MANTENIMIENTO PERIODICO

Es la actividad que se ejecuta sólo para reconfigurar y restablecer las características técnicas de la superficie de rodadura. La actividad se repetirá en periodos de mas de un año, según el efecto del tránsito.

La mayor parte de las actividades de conservación en drenaje se pueden realizar por mano de obra y son adecuadas para una cuadrilla móvil o local, o para una persona que viva cerca.

Entre las principales acciones de mantenimiento periódico podemos mencionar:

- *Recuperación parcial del revestimiento de la cuneta*
- Reparación menor de alcantarilla

3.5. OBRA DE CONSERVACION PUNTUAL

Es un trabajo aislado de construcción, necesario para cubrir una necesidad de conservación, corregir una omisión funcional o estructural, para eliminar un riesgo previsible o para recuperar una obra dañada total o parcialmente. Requiere un estudio específico justificatorio de la correspondiente asignación presupuestal y del expediente técnico.

3.6. TRABAJOS DE EMERGENCIA

Es el conjunto de actividades que se ejecutan para recuperar la inmediata transitabilidad de la carretera afectada por varios sectores por un evento extraordinario o de fuerza mayor.

3.7. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Según las actividades mencionadas anteriormente y de acuerdo a la inspección de campo realizada, se pueden elaborar un programa anual de actividades rutinarias y periódicas dentro del presupuesto del proyecto, en este programa se considera una mayor frecuencia de mantenimiento en épocas de lluvias, el programa se muestra en el Cuadro N° 3.01.

Cuadro N° 3.01 Actividades y frecuencias de mantenimiento

Actividad	Mantenimiento		
	Rutinario		Periódico
	Época seca	Época de lluvias	
Limpieza de cunetas revestidas	1 vez cada 2 meses	2 veces por mes	
Control de la erosión en la descarga de la cuneta	1 vez cada 2 meses	2 veces por mes	
Limpieza de alcantarillas TMC	1 vez cada 2 meses	2 veces por mes	
Limpieza de pases de agua	1 vez cada mes	2 veces por mes	
Control de la erosión en zona de salida de la alcantarilla	1 vez cada 2 meses	2 veces por mes	
Recuperación parcial del revestimiento de la cuneta			1 vez cada dos años
Reparación menor de la alcantarilla			1 vez cada dos años

Para cada actividad se ha estimado un porcentaje del tramo en total, para cada actividad se ha considerado que el 5% será rehabilitado en cada mantenimiento rutinario y un 10% para el mantenimiento periódico.

El resumen de estos metrados se encuentra en el Cuadro N° 3.02 y Cuadro N° 3.03.

Cuadro N° 3.02 Programa de conservación rutinaria (Periodo de 7 años)

Actividad	Und	Metrado	Época seca		Época de lluvias		Total	Años	Metrado total
			7 Meses		5 Meses				
			Frecuencia	Nº veces	Frecuencia	Nº veces			
Limpieza de cunetas revestidas	m	250	1/2meses	3	2/mes	10	13	7	22750
Control de la erosión de la cuneta	m	250	1/2meses	3	2/mes	10	13	7	22750
Limpieza de alcantarillas TMC	m	7.6	1/2meses	3	2/mes	10	13	7	691.6
Limpieza de pases de agua	m	1.6	1/mes	7	2/mes	10	17	7	190.4
Control de la erosión de la alcantarilla	und	1.15	1/2meses	3	2/mes	10	13	7	104.65

Cuadro N° 3.03 Programa de conservación periódica (Periodo de 7 años)

Actividad	Und	Metrado	Frecuencia	Años	Total	Metrado total
Recuperación parcial del revestimiento de la cuneta	m	500	1/2años	7	3	1500
Reparación menor de la alcantarilla	m	500	1/2años	7	3	1500

CAPITULO IV: EXPEDIENTE TECNICO

4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.1. Antecedentes

La Carretera Cañete - Yauyos - Huancayo se encuentra entre los 40 y 4755 m.s.n.m., con una longitud de 281.73 Km. (Ruta Nacional 022).

Es una vía de comunicación que permite unir las regiones Lima y Junín, se presenta como alternativa para descongestionar la carretera central, a partir de Zúñiga a Huancayo, presenta daños superficiales en tramos no pavimentados, tiene una topografía accidentada y forma parte del Proyecto Perú; sin embargo, el trazo vial no tiene un diseño geométrico. El tramo en estudio va desde el Km.89+000 al Km.94+000, se encuentra en la sierra de Lima, en este tramo no se presenta cunetas ni alcantarillas, solo existen cuatro pases de agua y un canal de regadío.

4.1.2. Objetivos

- Diseño de cunetas y alcantarillas, determinando la sección hidráulica necesaria y los trabajos para encauzar correctamente el flujo superficial.
- Determinar la característica del material de la cuneta y la alcantarilla.
- Establecer un programa de mantenimiento para asegurar su correcto funcionamiento.

4.1.3. Ubicación y acceso a la zona de estudio

El área del estudio se encuentra ubicada a la salida del distrito de Zúñiga en la provincia de Cañete. El acceso es por la Panamericana Sur, ingresando por Cañete.

4.1.4. Estudio de hidrología

Para el diseño de las alcantarillas y cunetas se analizaron estadísticamente los datos de precipitación máxima en 24 horas de la estación Pacarán, estos datos se ajustaron a una distribución de probabilidad, obteniéndose la precipitación máxima probable para diferentes tiempos de retorno, se determinó la intensidad y el tiempo de concentración por el método recomendado en el manual de

diseño de carreteras del MTC, finalmente se aplicó el método racional para determinar el caudal de diseño para cada caso.

4.1.5. Diseño hidráulico

a) Drenaje longitudinal

Las cunetas serán revestidas con mampostería, tendrán juntas transversales cada 10 m. Se consideró como diseño la cuneta de sección triangular y de área según el caudal de diseño de acuerdo a las recomendaciones del MTC en su manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

b) Drenaje transversal

La alcantarilla de paso se diseñó bajo el criterio de control en la entrada utilizando el programa HY-8, dando un diámetro mayor al recomendado por el MTC. Las alcantarillas de alivio fueron diseñadas con ayuda del programa HCanales y se verificó que los pases de agua no tuvieron problemas al recoger las aguas de la cuneta.

4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Las especificaciones técnicas se enumeran a continuación y se detallan en el ANEXO C, corresponden a las partidas involucradas en el diseño del drenaje superficial.

1. OBRAS PRELIMINARES
 - 1.1. MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS
 - 1.2. TRAZO Y REPLANTEO
2. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE
 - 2.1. EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS
 - 2.2. UTILIZACIÓN DE LOS MATERIALES EXCAVADOS
 - 2.3. RELLENO PARA ESTRUCTURAS
 - 2.4. PERFILADO Y COMPACTADO PARA CUNETA REVESTIDA
 - 2.5. CUNETA REVESTIDA DE MAMPOSTERIA
 - 2.6. COLOCACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA DE MORTERO
 - 2.7. INSTALACIÓN JUNTAS DE EXPANSIÓN
 - 2.8. ENCOFRADOS
 - 2.9. ALCANTARILLA TMC

- 3. CONSERVACION Y MANTENIMIENTO
- 3.1. LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALES
- 3.2. LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

4.3. PRESUPUESTO

El presupuesto de obra se ha desarrollado considerando las diversas partidas a ejecutarse en base a los metrados y precios unitarios de cada partida. El resumen del presupuesto se presenta en el Cuadro N° 4.01.

Cuadro N° 4.01 Presupuesto de obra

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P.U. (S/.)	PARCIAL
01.01	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				
01.01.01	Excavación no clasificada p/estructuras	M3	1,697.85	28.95	49,152.79
01.01.02	Relleno compactado p/estructuras	M3	64.94	14.07	913.74
01.01.03	Transporte de material a eliminar	M3	1,796.20	24.90	44,725.36
01.01.04	Cama de arena	M3	29.58	24.43	722.64
01.01.05	Encofrado y desencofrado	M2	32.56	35.00	1,139.60
01.01.06	Concreto f'c=175kg/cm2+30% P.M.(4" max)	M2	8.92	248.21	2,214.03
01.01.07	Revestimiento de mampostería	M3	603.00	81.28	49,011.84
01.01.08	Alcantarilla TMC 16"	ML	163.40	165.34	27,016.56
01.01.09	Alcantarilla TMC 50"	ML	10.10	468.23	4,729.12
01.01.10	Juntas de dilatación	ML	500.49	10.54	5,275.16
01.01.11	Juntas de construcción	ML	2,007.99	5.62	11,284.90
	COSTO DIRECTO			S/.	196,185.75

CONCLUSIONES

- El drenaje superficial en una carretera es muy importante debido a que permite evacuar las aguas que afectan a la estructura del pavimento.
- No solo es necesario construir obras de arte, sino también darle un mantenimiento conjunto a la carretera, ya que sin él, la superficie de rodadura se deterioraría más rápido durante su vida útil y sería más costosa la rehabilitación.
- Es necesario verificar las condiciones de la carretera y hacer una evaluación en campo del drenaje actual antes de proponer alguna solución.
- Las normas vigentes proponen medidas mínimas o recomendables, pero si es necesario se podrían evaluar otras alternativas sustentándolas debidamente después de hacer la respectiva evaluación.

RECOMENDACIONES

- Es importante contar con una buena información hidrológica como son los datos de precipitación.
- Para el diseño del caudal hidrológico se necesita hacer un análisis estadístico de precipitación, lo cual requiere analizar varias series estadísticas para realizar un buen ajuste.
- Antes de realizar el diseño se debe hacer una evaluación de campo que permita verificar las condiciones ideales para futuras soluciones.
- Basarse en el manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito para diseñar las obras de drenaje, pero teniendo siempre consideraciones propias al hacer la evaluación de campo.

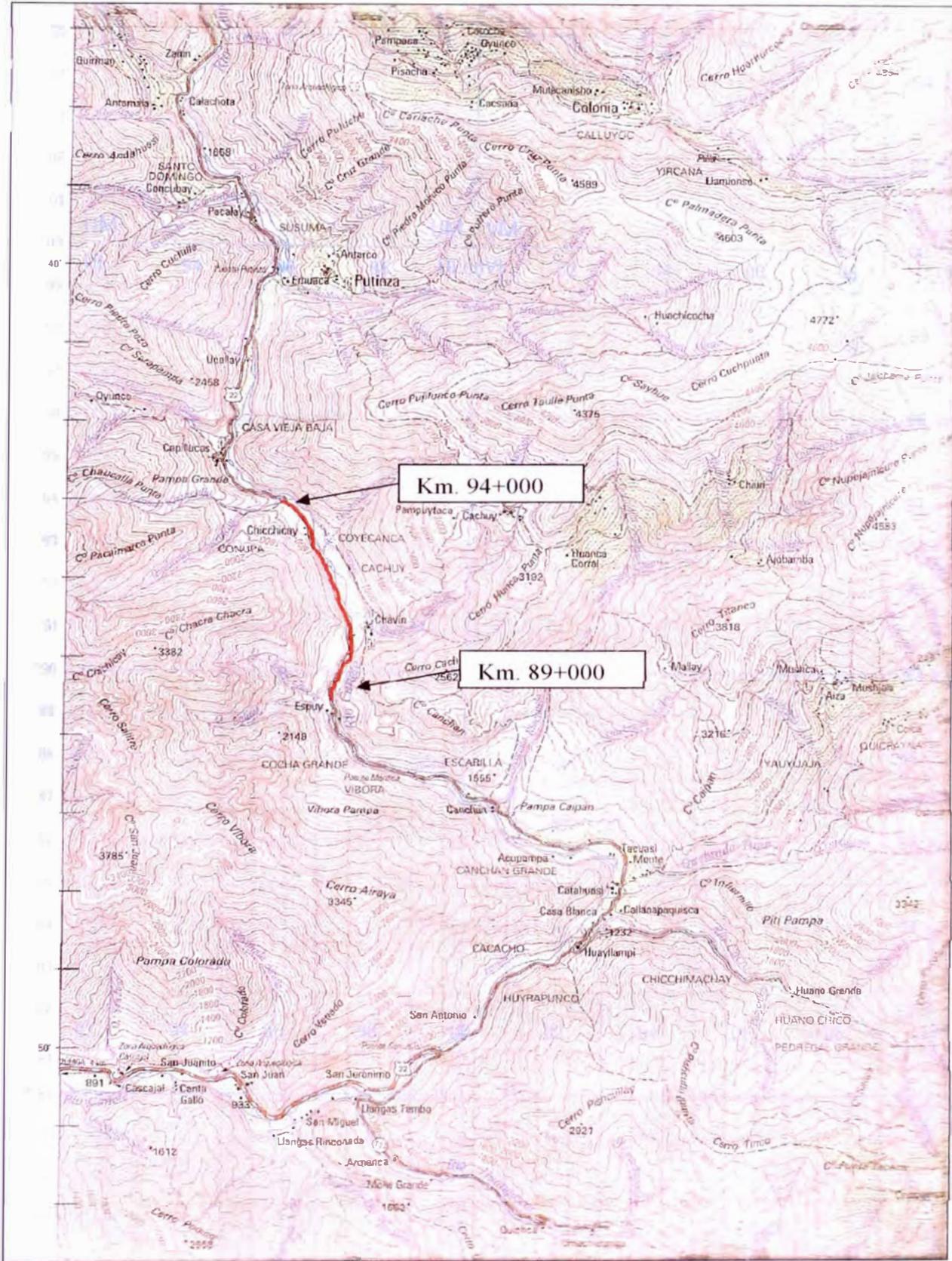
BIBLIOGRAFIA

- Chow Ven Te, Hidráulica de canales abiertos, Mc Graw Hill, Colombia 1994.
- *Chow Ven Te – Maidment David R. – Mays Larry W., Hidrología aplicada*, Mc Graw Hill, Colombia 1994.
- Llamosa León Juan Carlos, Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo Km. 163+200 al Km. 163+500 - Hidrología y drenaje, Lima - Perú, 2008.
- *Loyaga Torres Daniel Bernabé, Mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos del Km. 57+900 al Km. 58+200 – Drenaje superficial*, Lima – Perú, Diciembre 2008
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Contrato de servicios de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete – Lunahuana – Pacaran – Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga DV. Yauyos – Ronchas, Lima – Perú, 2007.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito, Lima - Perú, Marzo 2008.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, Lima - Perú, Marzo 2008.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Provias Nacional – Anexo N°03, Términos de referencia: Servicio de conservación vial de la carretera: Cañete - Lunahuana - Pacaran - Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga - DV Yauyos - Ronchas, Lima - Perú, Setiembre 2007.

ANEXO A

ESTUDIO HIDROLÓGICO

Carta Geográfica Nacional Cuadrángulo de Tupe (26 – I)





PRECIPITACION MENSUAL MAXIMA EN 24 HORAS

CARRETERA CAÑETE - YAUYOS

ESTACIÓN: PACARAN/000638/DRE-04
PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS

LAT.: 12°51' "S"
LONG.: 76°3' "W"
ALT.: 721 msnm

DPTO.: LIMA
PROV.: CAÑETE
DIST.: PACARAN

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MAX
1987	0.5	2.4	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
1988	3.1	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3
1989	0.0	6.0	3.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
1990	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2
1991	0.0	0.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5
1992	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.0	0.0	0.0	1.2
1993	0.0	0.3	3.0	0.5	0.0	0.0	S/D	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	3.0
1994	9.0	0.7	0.0	2.6	0.2	0.2	0.0	S/D	0.2	0.0	0.1	0.0	9.0
1995	0.5	1.3	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	6.2	0.0	6.2
1996	2.6	2.4	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
1997	3.6	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	3.6
1998	5.5	2.0	1.9	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	5.5
1999	3.3	11.2	1.8	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	5.3	11.2
2000	3.8	2.6	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	3.8
2001	1.5	3.2	5.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
2002	0.8	5.9	1.6	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	S/D	5.9
2003	3.8	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	4.4
2006	S/D	3.5	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	3.5	3.5
2007	0.7	0.8	2.3	1.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	2.1	2.3
2008	2.0	2.6	2.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.6

S/D: SIN DATO
T: TRAZA



PRECIPITACION ANUAL MAXIMA EN 24 HORAS

Nº	Año	Orden	P24(mm)	Log(P24)
1	1987	8	4.8	0.681
2	1988	13	3.3	0.519
3	1989	4	6.0	0.778
4	1990	20	1.2	0.079
5	1991	18	1.5	0.176
6	1992	19	1.2	0.079
7	1993	14	3.0	0.477
8	1994	2	9.0	0.954
9	1995	3	6.2	0.792
10	1996	16	2.6	0.415
11	1997	11	3.6	0.556
12	1998	7	5.5	0.740
13	1999	1	11.2	1.049
14	2000	10	3.8	0.580
15	2001	6	5.6	0.748
16	2002	5	5.9	0.771
17	2003	9	4.4	0.643
18	2006	12	3.5	0.544
19	2007	17	2.3	0.362
20	2008	15	2.6	0.415
Número de datos		n	20	20
Suma		Σ	87.2	11.4
Promedio		μ	4.36	0.568
Desviacion estándar		σ	2.544	0.265
Coeficiente asimetria		Cs	1.160	-0.315
Cs/6		K	0.1933	-0.053



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES

Número de datos	n	20
Promedio	μ	4.36
Desviación estándar	σ	2.544

DISTRIBUCION NORMAL					
Nº	Tr(años)	P(P≤Pt)	w	z	Pt(mm)
1	2	0.500	1.177	0.000	4.360
2	5	0.800	1.794	0.841	6.501
3	10	0.900	2.146	1.282	7.621
4	25	0.960	2.537	1.751	8.815
5	50	0.980	2.797	2.054	9.586
6	100	0.990	3.035	2.327	10.280
7	200	0.995	3.255	2.576	10.915
8	500	0.998	3.526	2.879	11.684

$$P(P \leq P_t) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

$$w = \left(\ln(T_r^2) \right)^{1/2}$$

$$z = w - \left(\frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \right)$$

$$P_t = z\sigma + \mu$$



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES

Número de datos	n	20
Promedio	μ(Log)	0.568
Desviacion estándar	σ(Log)	0.265

DISTRIBUCION LOG NORMAL						
Nº	Tr(años)	P(P≤Pt)	w	z	Log(Pt)	Pt(mm)
1	2	0.500	1.177	0.000	0.568	3.698
2	5	0.800	1.794	0.841	0.791	6.174
3	10	0.900	2.146	1.282	0.907	8.073
4	25	0.960	2.537	1.751	1.031	10.745
5	50	0.980	2.797	2.054	1.111	12.924
6	100	0.990	3.035	2.327	1.184	15.258
7	200	0.995	3.255	2.576	1.249	17.762
8	500	0.998	3.526	2.879	1.329	21.352

$$P(P \leq P_t) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

$$w = \left(\text{Ln}(T_r^2) \right)^{1/2}$$

$$z = w - \left(\frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \right)$$

$$\text{Log}(P_t) = z\sigma + \mu$$

NOTA: Se aplica el mismo procedimiento que el Normal excepto que este se aplica a los logaritmos de las variables y su media y desviacion estándar son utilizadas en las ecuaciones.



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES

Número de datos	n	20
Promedio	$\mu(\text{Log})$	0.568
Desviacion estándar	$\sigma(\text{Log})$	0.265
Cs/6	$k(\text{Log})$	-0.053

DISTRIBUCION LOG PEARSON III							
Nº	Tr(años)	P(P≤Pt)	w	z	Kt	Log(Pt)	Pt(mm)
1	2	0.500	1.177	0.000	0.052	0.582	3.818
2	5	0.800	1.794	0.841	0.853	0.794	6.217
3	10	0.900	2.146	1.282	1.243	0.897	7.885
4	25	0.960	2.537	1.751	1.638	1.001	10.030
5	50	0.980	2.797	2.054	1.882	1.066	11.638
6	100	0.990	3.035	2.327	2.094	1.122	13.243
7	200	0.995	3.255	2.576	2.282	1.172	14.851
8	500	0.998	3.526	2.879	2.503	1.230	16.985

$$P(P \leq P_t) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

$$w = \left(\text{Ln}(T_r^2) \right)^{1/2}$$

$$z = w - \left(\frac{2.515517 + 0.802853w + 0.010328w^2}{1 + 1.432788w + 0.189269w^2 + 0.001308w^3} \right)$$

$$K_t = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

$$\text{Log}(P_t) = z\sigma + \mu$$



ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES

Número de datos	n	20
Promedio	μ	4.36
Desviacion estándar	σ	2.544

DISTRIBUCION GUMBEL				
Nº	Tr(años)	P(P≤Pt)	Kt	Pt(mm)
1	2	0.500	-0.164	3.942
2	5	0.800	0.719	6.190
3	10	0.900	1.305	7.679
4	25	0.960	2.044	9.560
5	50	0.980	2.592	10.955
6	100	0.990	3.137	12.340
7	200	0.995	3.679	13.720
8	500	0.998	4.395	15.541

$$P(P \leq P_i) = 1 - \frac{1}{T_r}$$

$$K_i = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left(0.5772 + \text{Ln} \left(\text{Ln} \frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right)$$

$$P_i = K_i \sigma + \mu$$



PRUEBA DE SMIRNOV-KOLMOGOROV

Número de datos	n	20
Promedio	μ	4.36
Desviación estándar	σ	2.544

DISTRIBUCION NORMAL					
m	Xm	F0(Xm)	z	F(Xm)	D= F0(Xm)-F(Xm)
1	11.2	0.952	2.688	0.996	0.044
2	9.0	0.905	1.824	0.966	0.061
3	6.2	0.857	0.723	0.765	0.092
4	6.0	0.810	0.645	0.740	0.069
5	5.9	0.762	0.605	0.728	0.034
6	5.6	0.714	0.487	0.687	0.027
7	5.5	0.667	0.448	0.673	0.006
8	4.8	0.619	0.173	0.569	0.050
9	4.4	0.571	0.016	0.506	0.065
10	3.8	0.524	-0.220	0.413	0.111
11	3.6	0.476	-0.299	0.383	0.094
12	3.5	0.429	-0.338	0.368	0.061
13	3.3	0.381	-0.417	0.338	0.042
14	3.0	0.333	-0.535	0.296	0.037
15	2.6	0.286	-0.692	0.245	0.041
16	2.6	0.238	-0.692	0.245	0.006
17	2.3	0.190	-0.810	0.209	0.019
18	1.5	0.143	-1.124	0.130	0.012
19	1.2	0.095	-1.242	0.107	0.012
20	1.2	0.048	-1.242	0.107	0.059
Dmax					0.111

$$F_0(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

$$z = \frac{X_m - \mu}{\sigma}$$

$$F(X_m) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} dz$$



PRUEBA DE SMIRNOV-KOLMOGOROV

Número de datos	n	20
Promedio	$\mu(\text{Ln})$	1.308
Desviacion estándar	$\sigma(\text{Ln})$	0.609

DISTRIBUCION LOG NORMAL					
m	Xm	F0(Xm)	Ln(Xm)	F(Xm)	D= F0(Xm)-F(Xm)
1	11.2	0.952	2.416	0.966	0.013
2	9.0	0.905	2.197	0.928	0.023
3	6.2	0.857	1.825	0.802	0.055
4	6.0	0.810	1.792	0.787	0.023
5	5.9	0.762	1.775	0.778	0.017
6	5.6	0.714	1.723	0.752	0.038
7	5.5	0.667	1.705	0.743	0.076
8	4.8	0.619	1.569	0.666	0.047
9	4.4	0.571	1.482	0.612	0.041
10	3.8	0.524	1.335	0.518	0.006
11	3.6	0.476	1.281	0.482	0.006
12	3.5	0.429	1.253	0.464	0.035
13	3.3	0.381	1.194	0.426	0.045
14	3.0	0.333	1.099	0.366	0.032
15	2.6	0.286	0.956	0.281	0.004
16	2.6	0.238	0.956	0.281	0.043
17	2.3	0.190	0.833	0.218	0.027
18	1.5	0.143	0.405	0.069	0.074
19	1.2	0.095	0.182	0.032	0.063
20	1.2	0.048	0.182	0.032	0.015
Dmax					0.076

$$F_0(X_m) = 1 - \frac{m}{n+1}$$

$$F(X_m) = \int_0^{X_m} \frac{1}{\sqrt{2\pi X\sigma}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\text{Ln}(X)-\mu}{\sigma}\right)^2} dX$$



PRUEBA DE SMIRNOV-KOLMOGOROV

Número de datos	n	20
Promedio	$\mu(\text{Log})$	0.568
Desviacion estándar	$\sigma(\text{Log})$	0.265

DISTRIBUCION LOG PEARSON III							
m	Xm	F0(Xm)	Log(Xm)	Y(m)	F(Ym)	F(Xm)	D= F0(Xm)-F(Xm)
1	11.2	0.952	1.049	68.550	0.041	0.959	0.007
2	9.0	0.905	0.954	65.886	0.077	0.923	0.018
3	6.2	0.857	0.792	61.346	0.192	0.808	0.049
4	6.0	0.810	0.778	60.947	0.206	0.794	0.016
5	5.9	0.762	0.771	60.742	0.214	0.786	0.024
6	5.6	0.714	0.748	60.106	0.238	0.762	0.048
7	5.5	0.667	0.740	59.887	0.247	0.753	0.087
8	4.8	0.619	0.681	58.228	0.319	0.681	0.062
9	4.4	0.571	0.643	57.168	0.369	0.631	0.059
10	3.8	0.524	0.580	55.383	0.462	0.538	0.015
11	3.6	0.476	0.556	54.724	0.497	0.503	0.027
12	3.5	0.429	0.544	54.381	0.515	0.485	0.056
13	3.3	0.381	0.519	53.664	0.554	0.446	0.065
14	3.0	0.333	0.477	52.503	0.617	0.383	0.050
15	2.6	0.286	0.415	50.760	0.706	0.294	0.008
16	2.6	0.238	0.415	50.760	0.706	0.294	0.056
17	2.3	0.190	0.362	49.266	0.775	0.225	0.034
18	1.5	0.143	0.176	44.060	0.938	0.062	0.081
19	1.2	0.095	0.079	41.341	0.976	0.024	0.071
20	1.2	0.048	0.079	41.341	0.976	0.024	0.023
		γ	-0.270			Dmax	0.087
		β	55.052				
		α	0.036				
		δ	-1.395				

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (X_m - \mu)^3}{nS^3}$$

$$\beta = \left(\frac{2}{\gamma}\right)^2$$

$$\alpha = \frac{\sigma}{\sqrt{\beta}}$$

$$\delta = \mu - \alpha\beta$$

$$y = \frac{\text{Log}(X_m) - \delta}{\alpha}$$

$$F(y_m) = \frac{1}{\Gamma(\beta)} \int_0^{y_m} y^{\beta-1} e^{-y} dy$$

$$F(X_m) = 1 - F(y_m)$$

$\Gamma(\beta)$: Función Gamma (Tablas)



PRUEBA DE SMIRNOV-KOLMOGOROV

Número de datos	n	20
Promedio	μ	4.36
Desviación estándar	σ	2.544

DISTRIBUCION GUMBEL				
m	Xm	F0(Xm)	F(Xm)	D= F0(Xm)-F(Xm)
1	11.2	0.952	0.967	0.014
2	9.0	0.905	0.918	0.013
3	6.2	0.857	0.760	0.097
4	6.0	0.810	0.742	0.068
5	5.9	0.762	0.732	0.029
6	5.6	0.714	0.703	0.012
7	5.5	0.667	0.692	0.025
8	4.8	0.619	0.611	0.008
9	4.4	0.571	0.558	0.013
10	3.8	0.524	0.473	0.051
11	3.6	0.476	0.443	0.033
12	3.5	0.429	0.428	0.000
13	3.3	0.381	0.398	0.017
14	3.0	0.333	0.352	0.018
15	2.6	0.286	0.291	0.005
16	2.6	0.238	0.291	0.053
17	2.3	0.190	0.246	0.056
18	1.5	0.143	0.141	0.001
19	1.2	0.095	0.109	0.014
20	1.2	0.048	0.109	0.061
	μ_y	0.5236	Dmax	0.097
	σ_y	1.0628		
	α	0.4177		
	β	3.1066		

$$F(X_m) = e^{-e^{-\alpha(X_m - \beta)}}$$

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{\sigma^r}$$

$$\beta = \mu - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

μ_y, σ_y : De las tablas de la distribución Gumbel



CRITERIO DE DECISION

Para un nivel de significancia de 0.05, obtenemos el Dcritico:

Dcritico = 0.29 (*)

(*) De las tablas de valores criticos para el test de Smirnov-Kolmogorov

Tamaño de la muestra	$\alpha=0.10$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

Distribución	Dmax	Dcritico
Normal	0.1109	0.29
Log Normal	0.0760	0.29
Log Pearson III	0.0867	0.29
Gumbel	0.0973	0.29

Del cuadro se concluye que la mejor distribución que se ajusta es la distribución Log Normal

DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL						
Nº	Tr(años)	P(P≤Pt)	w	z	Log(Pt)	Pt(mm)
1	2	0.500	1.177	0.000	0.568	3.698
2	5	0.800	1.794	0.841	0.791	6.174
3	10	0.900	2.146	1.282	0.907	8.073
4	25	0.960	2.537	1.751	1.031	10.745
5	50	0.980	2.797	2.054	1.111	12.924
6	100	0.990	3.035	2.327	1.184	15.258
7	200	0.995	3.255	2.576	1.249	17.762
8	500	0.998	3.526	2.879	1.329	21.352



PRECIPITACIONES MENORES A 24 HORAS

DISTRIBUCION LOG NORMAL		
Nº	Tr(años)	P24h(mm)
1	2	3.698
2	5	6.174
3	10	8.073
4	25	10.745
5	50	12.924
6	100	15.258
7	200	17.762
8	500	21.352

Para precipitaciones menores a 24 hr:

$$P = \left(\frac{D}{1440} \right)^{0.25} P_{24h}$$

PRECIPITACIONES MENORES A 24 HR (mm)								
Duración	Tr=2 años	Tr=5 años	Tr=10 años	Tr=25 años	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr=200 años	Tr=500 años
5	0.8977	1.4988	1.9598	2.6083	3.1372	3.7039	4.3116	5.1832
10	1.0676	1.7824	2.3306	3.1018	3.7308	4.4046	5.1274	6.1639
15	1.1815	1.9725	2.5792	3.4328	4.1288	4.8745	5.6744	6.8215
30	1.4050	2.3457	3.0672	4.0823	4.9100	5.7968	6.7480	8.1122
45	1.5549	2.5960	3.3944	4.5178	5.4338	6.4153	7.4679	8.9776
60	1.6709	2.7896	3.6476	4.8546	5.8390	6.8936	8.0248	9.6471
120	1.9870	3.3174	4.3377	5.7732	6.9438	8.1980	9.5432	11.4723
240	2.3630	3.9450	5.1584	6.8655	8.2576	9.7491	11.3488	13.6430
360	2.6151	4.3659	5.7087	7.5979	9.1385	10.7891	12.5595	15.0985
720	3.1099	5.1920	6.7889	9.0355	10.8676	12.8305	14.9359	17.9552
1440	3.6983	6.1743	8.0734	10.7451	12.9239	15.2581	17.7619	21.3524

La intensidad:

$$I = \left(\frac{P}{D} \right)$$

INTENSIDAD DE LLUVIA (mm/hr)								
Duración	Tr=2 años	Tr=5 años	Tr=10 años	Tr=25 años	Tr=50 años	Tr=100 años	Tr=200 años	Tr=500 años
5	10.7729	17.9855	23.5173	31.2999	37.6466	44.4462	51.7394	62.1986
10	6.4056	10.6943	13.9835	18.6111	22.3848	26.4279	30.7644	36.9835
15	4.7260	7.8901	10.3168	13.7310	16.5152	19.4982	22.6976	27.2860
30	2.8101	4.6915	6.1344	8.1645	9.8200	11.5937	13.4961	16.2243
45	2.0733	3.4613	4.5259	6.0237	7.2451	8.5537	9.9573	11.9701
60	1.6709	2.7896	3.6476	4.8546	5.8390	6.8936	8.0248	9.6471
120	0.9935	1.6587	2.1688	2.8866	3.4719	4.0990	4.7716	5.7362
240	0.5907	0.9863	1.2896	1.7164	2.0644	2.4373	2.8372	3.4107
360	0.4358	0.7277	0.9515	1.2663	1.5231	1.7982	2.0933	2.5164
720	0.2592	0.4327	0.5657	0.7530	0.9056	1.0692	1.2447	1.4963
1440	0.1541	0.2573	0.3364	0.4477	0.5385	0.6358	0.7401	0.8897



CURVA IDF

Tr (años)	D(min)	I(mm/hr)	Log(I)	Log(Tr)	Log(D)
2	5	10.7729	1.0323	0.3010	0.6990
2	10	6.4056	0.8066	0.3010	1.0000
2	15	4.7260	0.6745	0.3010	1.1761
2	30	2.8101	0.4487	0.3010	1.4771
2	45	2.0733	0.3167	0.3010	1.6532
2	60	1.6709	0.2229	0.3010	1.7782
2	120	0.9935	-0.0028	0.3010	2.0792
2	240	0.5907	-0.2286	0.3010	2.3802
2	360	0.4358	-0.3607	0.3010	2.5563
2	720	0.2592	-0.5864	0.3010	2.8573
2	1440	0.1541	-0.8122	0.3010	3.1584
5	5	17.9855	1.2549	0.6990	0.6990
5	10	10.6943	1.0292	0.6990	1.0000
5	15	7.8901	0.8971	0.6990	1.1761
5	30	4.6915	0.6713	0.6990	1.4771
5	45	3.4613	0.5392	0.6990	1.6532
5	60	2.7896	0.4455	0.6990	1.7782
5	120	1.6587	0.2198	0.6990	2.0792
5	240	0.9863	-0.0060	0.6990	2.3802
5	360	0.7277	-0.1381	0.6990	2.5563
5	720	0.4327	-0.3638	0.6990	2.8573
5	1440	0.2573	-0.5896	0.6990	3.1584
10	5	23.5173	1.3714	1.0000	0.6990
10	10	13.9835	1.1456	1.0000	1.0000
10	15	10.3168	1.0135	1.0000	1.1761
10	30	6.1344	0.7878	1.0000	1.4771
10	45	4.5259	0.6557	1.0000	1.6532
10	60	3.6476	0.5620	1.0000	1.7782
10	120	2.1688	0.3362	1.0000	2.0792
10	240	1.2896	0.1105	1.0000	2.3802
10	360	0.9515	-0.0216	1.0000	2.5563
10	720	0.5657	-0.2474	1.0000	2.8573
10	1440	0.3364	-0.4732	1.0000	3.1584
25	5	31.2999	1.4955	1.3979	0.6990
25	10	18.6111	1.2698	1.3979	1.0000
25	15	13.7310	1.1377	1.3979	1.1761
25	30	8.1645	0.9119	1.3979	1.4771
25	45	6.0237	0.7799	1.3979	1.6532
25	60	4.8546	0.6862	1.3979	1.7782
25	120	2.8866	0.4604	1.3979	2.0792
25	240	1.7164	0.2346	1.3979	2.3802
25	360	1.2663	0.1025	1.3979	2.5563
25	720	0.7530	-0.1232	1.3979	2.8573
25	1440	0.4477	-0.3490	1.3979	3.1584

50	5	37.6466	1.5757	1.6990	0.6990
50	10	22.3848	1.3500	1.6990	1.0000
50	15	16.5152	1.2179	1.6990	1.1761
50	30	9.8200	0.9921	1.6990	1.4771
50	45	7.2451	0.8600	1.6990	1.6532
50	60	5.8390	0.7663	1.6990	1.7782
50	120	3.4719	0.5406	1.6990	2.0792
50	240	2.0644	0.3148	1.6990	2.3802
50	360	1.5231	0.1827	1.6990	2.5563
50	720	0.9056	-0.0430	1.6990	2.8573
50	1440	0.5385	-0.2688	1.6990	3.1584
100	5	44.4462	1.6478	2.0000	0.6990
100	10	26.4279	1.4221	2.0000	1.0000
100	15	19.4982	1.2900	2.0000	1.1761
100	30	11.5937	1.0642	2.0000	1.4771
100	45	8.5537	0.9322	2.0000	1.6532
100	60	6.8936	0.8384	2.0000	1.7782
100	120	4.0990	0.6127	2.0000	2.0792
100	240	2.4373	0.3869	2.0000	2.3802
100	360	1.7982	0.2548	2.0000	2.5563
100	720	1.0692	0.0291	2.0000	2.8573
100	1440	0.6358	-0.1967	2.0000	3.1584
200	5	51.7394	1.7138	2.3010	0.6990
200	10	30.7644	1.4880	2.3010	1.0000
200	15	22.6976	1.3560	2.3010	1.1761
200	30	13.4961	1.1302	2.3010	1.4771
200	45	9.9573	0.9981	2.3010	1.6532
200	60	8.0248	0.9044	2.3010	1.7782
200	120	4.7716	0.6787	2.3010	2.0792
200	240	2.8372	0.4529	2.3010	2.3802
200	360	2.0933	0.3208	2.3010	2.5563
200	720	1.2447	0.0950	2.3010	2.8573
200	1440	0.7401	-0.1307	2.3010	3.1584
500	5	62.1986	1.7938	2.6990	0.6990
500	10	36.9835	1.5680	2.6990	1.0000
500	15	27.2860	1.4359	2.6990	1.1761
500	30	16.2243	1.2102	2.6990	1.4771
500	45	11.9701	1.0781	2.6990	1.6532
500	60	9.6471	0.9844	2.6990	1.7782
500	120	5.7362	0.7586	2.6990	2.0792
500	240	3.4107	0.5328	2.6990	2.3802
500	360	2.5164	0.4008	2.6990	2.5563
500	720	1.4963	0.1750	2.6990	2.8573
500	1440	0.8897	-0.0508	2.6990	3.1584

La curva IDF tiene la siguiente ecuación:

$$I = \frac{kT^m}{D^n}$$

Aplicando logaritmos:

$$\text{Log} I = \text{Log} k + m \text{Log} T - n \text{Log} D$$

La cual tiene la forma:

$$y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$$

Donde:

$$y = \text{Log} I \quad a_0 = \text{Log} k$$

$$X_1 = \text{Log} T \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \text{Log} D \quad a_2 = -n$$

Aplicando regresión lineal múltiple:

$$\sum y = a_0 N + a_1 \sum X_1 + a_2 \sum X_2$$

$$\sum X_1 y = a_0 \sum X_1 + a_1 \sum X_1^2 + a_2 \sum X_1 X_2$$

$$\sum X_2 y = a_0 \sum X_2 + a_1 \sum X_1 X_2 + a_2 \sum X_2^2$$

Con los datos de la tabla anterior:

$$51.9813 = 88a_0 + 133.066a_1 + 166.5195a_2$$

$$94.394 = 133.066a_0 + 252.99a_1 + 251.7964a_2$$

$$61.0194 = 166.5195a_0 + 251.7964a_1 + 364.89a_2$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones:

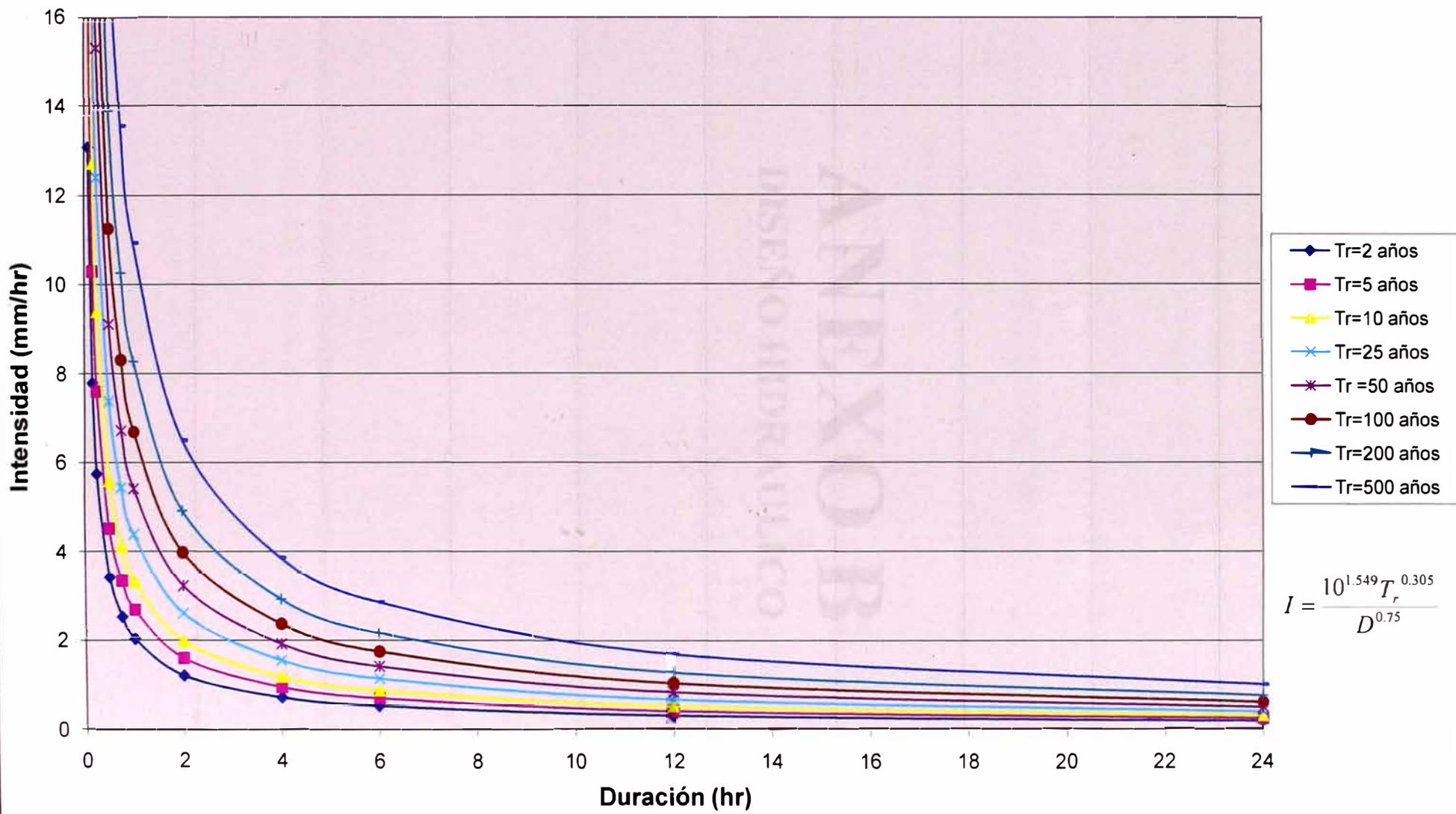
$$a_0 = 1.549 \quad \Rightarrow \quad k = 10^{1.549}$$

$$a_1 = 0.305 \quad \Rightarrow \quad m = 0.305$$

$$a_2 = -0.75 \quad \Rightarrow \quad n = 0.75$$

$$I = \frac{10^{1.549} T^{0.305}}{D^{0.75}}$$

CURVAS I-D-F



ANEXO B

DISEÑO HIDRAULICO

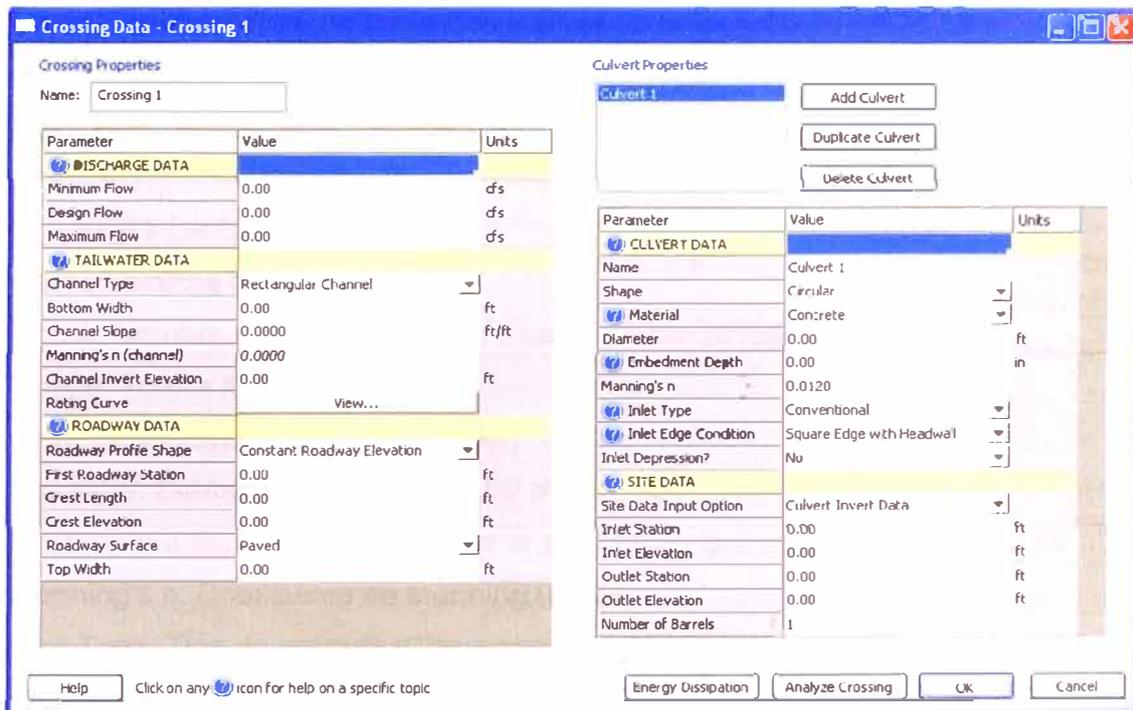
DISEÑO DE ALCANTARILLA TMC

El programa utilizado es el HY-8 7.2, el cual puede ser descargado de:

<http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>

Al iniciar el programa lo primero que se debe hacer es cambiar el sistema de unidades, para eso cerrar la ventana emergente y hacer el cambio en la barra de herramientas.

Al abrir New Culvert Crossing, el programa pedirá los datos de diseño:



DISCHARGE DATA

Son los datos de caudales.

Minimum Flow: Caudal mínimo (0.00 m³)

Design Flow: Caudal de diseño (3.57 m³)

Maximum Flow: Caudal máximo (3.86 m³)

TAILWATER DATA

Características del canal aguas arriba de la alcantarilla.

Channel Type: Tipo de canal (Canal rectangular)

Bottom Width: Ancho del canal (1.30 m)

Channel Slope: Pendiente del canal (0.05)

Manning's n (channel): Coeficiente de Manning del canal (0.025)

Channel Invert Elevation: Cota inicial del canal (1525.85 m.s.n.m)

Rating Curve: Valores de elevación, tirante y esfuerzos de corte versus caudal.

ROADWAY DATA

Datos de la carretera que atraviesa la alcantarilla.

Roadway Profile Shape: Forma de la carretera (Constant Roadway Elevation)

First Roadway Station: Estación inicial de la carretera (0.00 m)

Crest Length: Longitud del tramo de carretera (10.00 m)

Crest Elevation: Cota de la carretera al eje de la alcantarilla (1528.35 m.s.n.m)

Roadway Surface: Superficie de rodadura (Paved)

Top Width: Ancho de la calzada (6.00 m)

CULVERT DATA

Características de la alcantarilla.

Name: Nombre de la alcantarilla a diseñar (Alcantarilla)

Shape: Forma (Circular)

Material: Material (Corrugated Steel)

Diameter: Diámetro interno (1270.00 mm)

Embedment depth: Profundidad de la alcantarilla que estará enterrada (0.00 m)

Manning's n: Coeficiente de Manning (0.024)

Inlet Type: Tipo de entrada (Conventional)

Inlet Edge Condition: Condiciones de borde en la entrada (Square Edge With Headwall)

Inlet Depression?: Depresión en la entrada? (No)

SITE DATA

Describe la posición y longitud de la alcantarilla en un terraplén.

Site Data Input Option: Tipo de entrada de datos (Culvert Invert Data)

Inlet Station: Coordenada de la entrada (0.00 m)

Inlet Elevation: Elevación de la entrada (1526.35 m)

Outlet Station: Coordenada de la salida (10.00 m)

Outlet Elevation: Elevación de la salida (1525.85 m)

Number of barrels: Número de alcantarillas (1)

Introducidos todos los datos se procede al análisis, seleccionar la opción "Analyze Crossing", en la ventana de resultados se pueden verificar los cuadros de descarga, elevación del agua, esfuerzos de corte, tipo de flujo y velocidad entre otros parámetros.

Si los valores no cumplen con los requisitos se pueden editar los valores anteriores, para esto seleccionar el botón "Edit Input Data" en la parte inferior de la ventana, después de corregir los valores volver a correr el análisis.

En la tabla de resultados se observa que con el caudal de diseño (3.57 m³) la altura del agua llegaría a 1.84 m en la entrada de la alcantarilla, se definió la cota de entrada de la alcantarilla como 1526.35 m.s.n.m y la cota de la carretera como 1528.35 m.s.n.m lo que resulta una altura de la carretera de 2.0 m, el agua no llega a inundar la carretera.

Se necesitaría un caudal de 3.86 m³ para que inunde la carretera y se produzca el overtopping.

Después de realizar el análisis y haber conseguido los resultados óptimos, cerrar la ventana y seleccionar la opción Alcantarilla en el panel de la izquierda, se mostrará una vista en corte de la sección de la carretera definida y la alcantarilla, también se mostrará los niveles del agua en la entrada y salida de la alcantarilla, para definir una vista frontal (esto es opcional pero no necesario para los resultados):

- Seleccionar el botón "Front View" en los iconos de la barra de herramientas.
- Ubicados en la pantalla en blanco hacer clic derecho y seleccionar "Define Roadway Culvert Stations"
- Previamente se definió la longitud de la carretera en estudio de 10.00 m y que la primera estación empezaba en 0.00 m (ROADWAY DATA), si solo es una alcantarilla debería estar ubicada al centro de la carretera, en el cuadro de dialogo definir con el valor de 5.0 m a la estación "Alcantarilla", seleccionar "OK".
- Los gráficos resultantes no se encuentran a escala.

Una vez hecho el análisis y definida la vista de corte y frontal es posible crear un reporte con los resultados y gráficos obtenidos, para esto:

- Seleccionar la opción "Create Report" en el menú "Culvert" de la barra de menú, aparecerá el "Report Generator".
- En la parte inferior de la ventana seleccionar los campos que se incluirán en el reporte (Included Fields), es posible seleccionar todos (Incluye All) o especificar los campos necesarios (>).
- En la parte superior de la ventana se puede seleccionar el formato del reporte, están disponibles el PDF y el RTF (para su posterior edición), elegir el formato y seleccionar "OK".

HY-8 Culvert Analysis Report

Project Notes

Project Title:

Designer:

Project Date: Friday, December 11, 2009

Notes:

Project Units: SI Units (Metric)

Outlet Control Option: Profiles

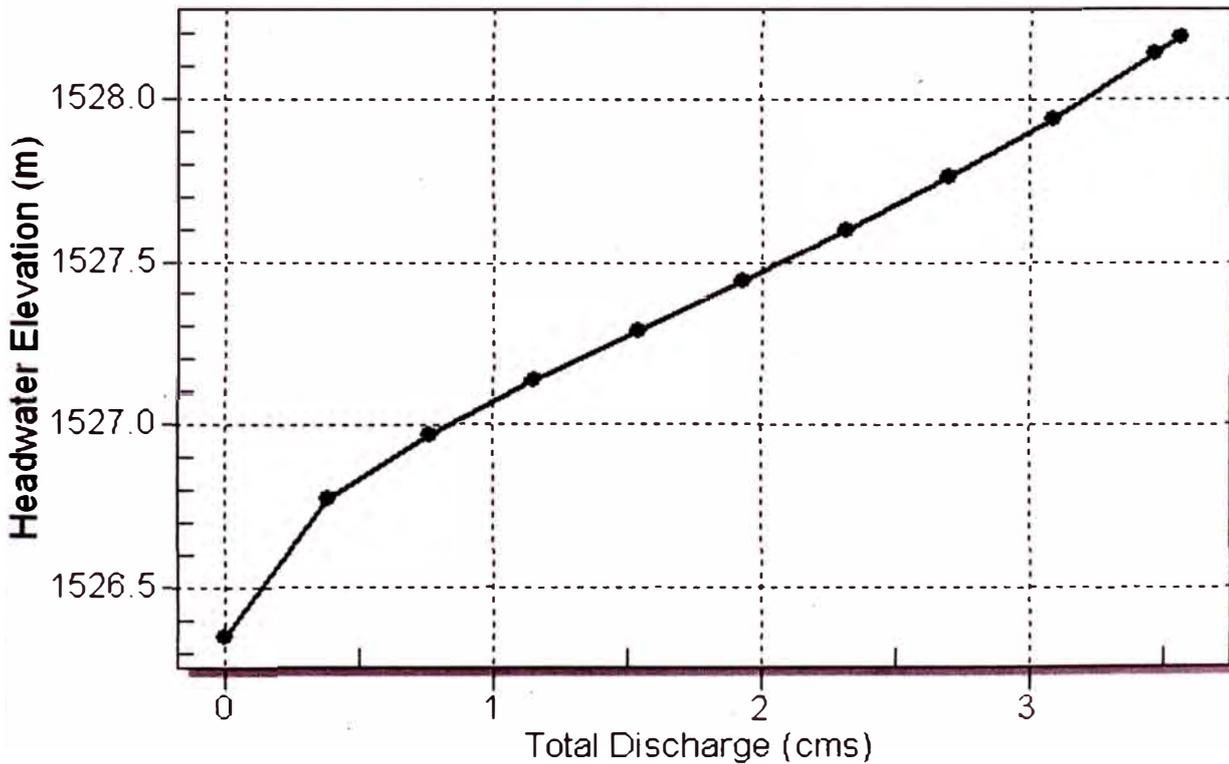
Exit Loss Option: Standard Method

Crossing Notes: Cañete-Yauyos

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: Cañete-Yauyos

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	Alcantarilla Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1526.35	0.00	0.00	0.00	1
1526.78	0.39	0.39	0.00	1
1526.97	0.77	0.77	0.00	1
1527.14	1.16	1.16	0.00	1
1527.29	1.54	1.54	0.00	1
1527.44	1.93	1.93	0.00	1
1527.60	2.32	2.32	0.00	1
1527.76	2.70	2.70	0.00	1
1527.94	3.09	3.09	0.00	1
1528.13	3.47	3.47	0.00	1
1528.19	3.57	3.57	0.00	1
1528.35	3.86	3.86	0.00	Overtopping

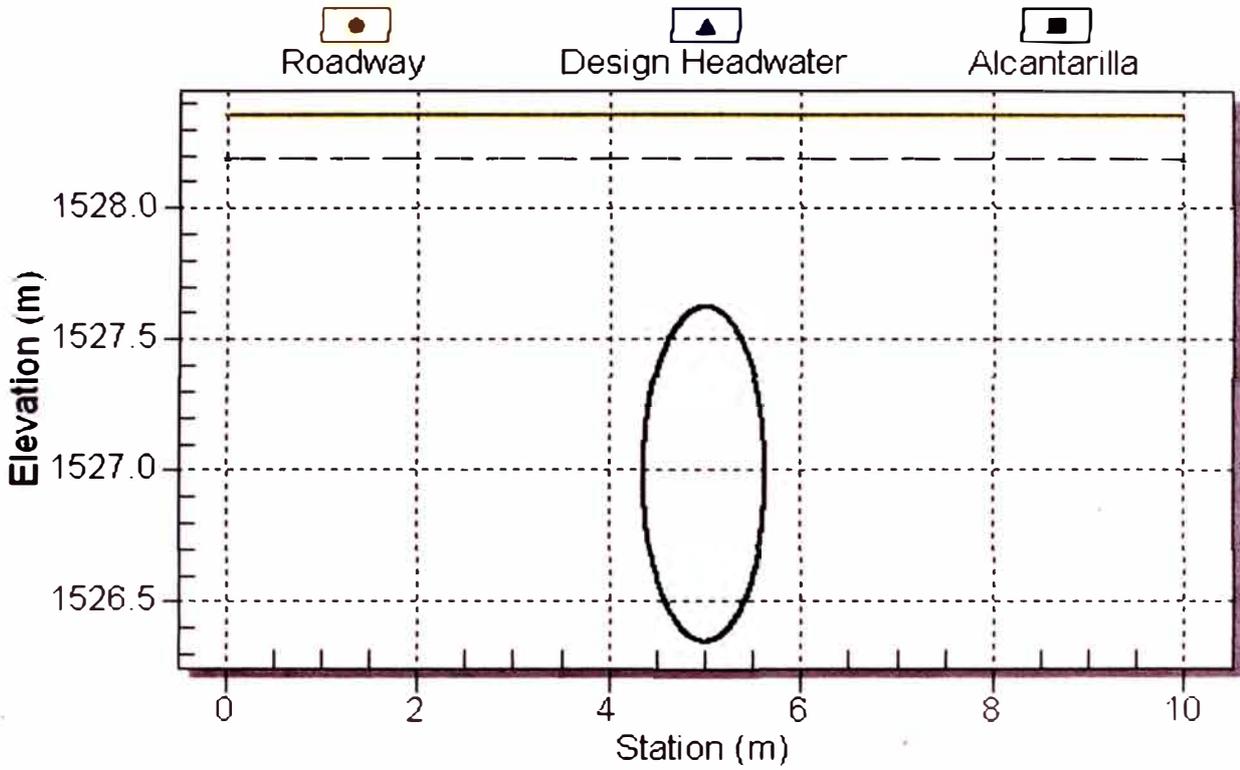
Rating Curve Plot for Crossing: Cañete-Yauyos
Total Rating Curve
 Crossing: Cañete-Yauyos



Crossing Front View (Roadway Profile): Cañete-Yauyos

Crossing Front View

(Not to scale)



Culvert Notes: Alcantarilla

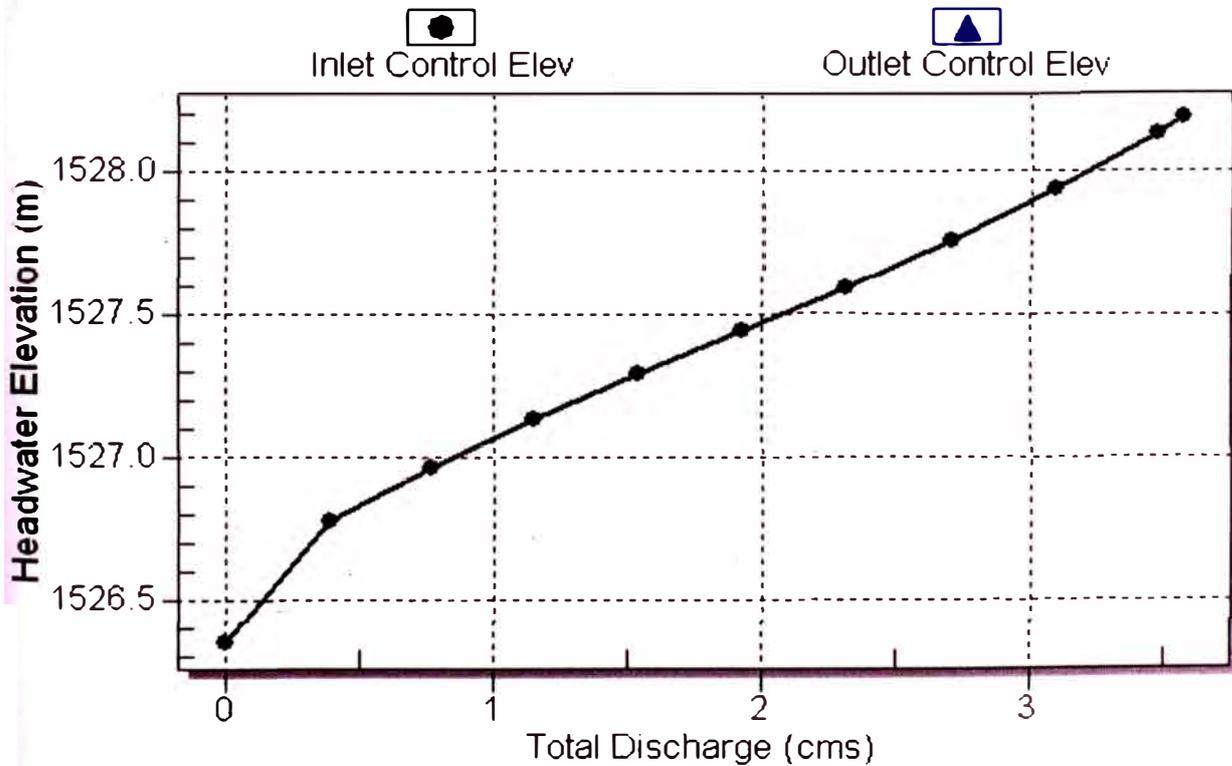
Table 2 - Culvert Summary Table: Alcantarilla

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1526.35	0.000	0.0*	0-NF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.39	0.39	1526.78	0.426	0.0*	1-S2n	0.221	0.320	0.225	0.140	2.502	2.114
0.77	0.77	1526.97	0.617	0.0*	1-S2n	0.316	0.462	0.318	0.221	3.076	2.689
1.16	1.16	1527.14	0.787	0.0*	1-S2n	0.394	0.572	0.396	0.290	3.425	3.068
1.54	1.54	1527.29	0.942	0.0*	1-S2n	0.457	0.666	0.459	0.354	3.733	3.351
1.93	1.93	1527.44	1.093	0.0*	1-S2n	0.519	0.750	0.549	0.415	3.679	3.578
2.32	2.32	1527.60	1.246	0.0*	1-S2n	0.573	0.823	0.611	0.473	3.838	3.768
2.70	2.70	1527.76	1.409	0.028	5-S2n	0.628	0.893	0.671	0.528	3.979	3.933
3.09	3.09	1527.94	1.587	0.083	5-S2n	0.680	0.951	0.728	0.583	4.112	4.075
3.47	3.47	1528.13	1.784	0.136	5-S2n	0.732	1.009	0.785	0.636	4.229	4.200
3.57	3.57	1528.19	1.836	0.149	5-S2n	0.745	1.021	0.799	0.649	4.256	4.229

* theoretical depth is impractical. Depth reported is corrected.

 Inlet Elevation (invert): 1526.35 m, Outlet Elevation (invert): 1525.85 m
 Culvert Length: 10.01 m, Culvert Slope: 0.0500

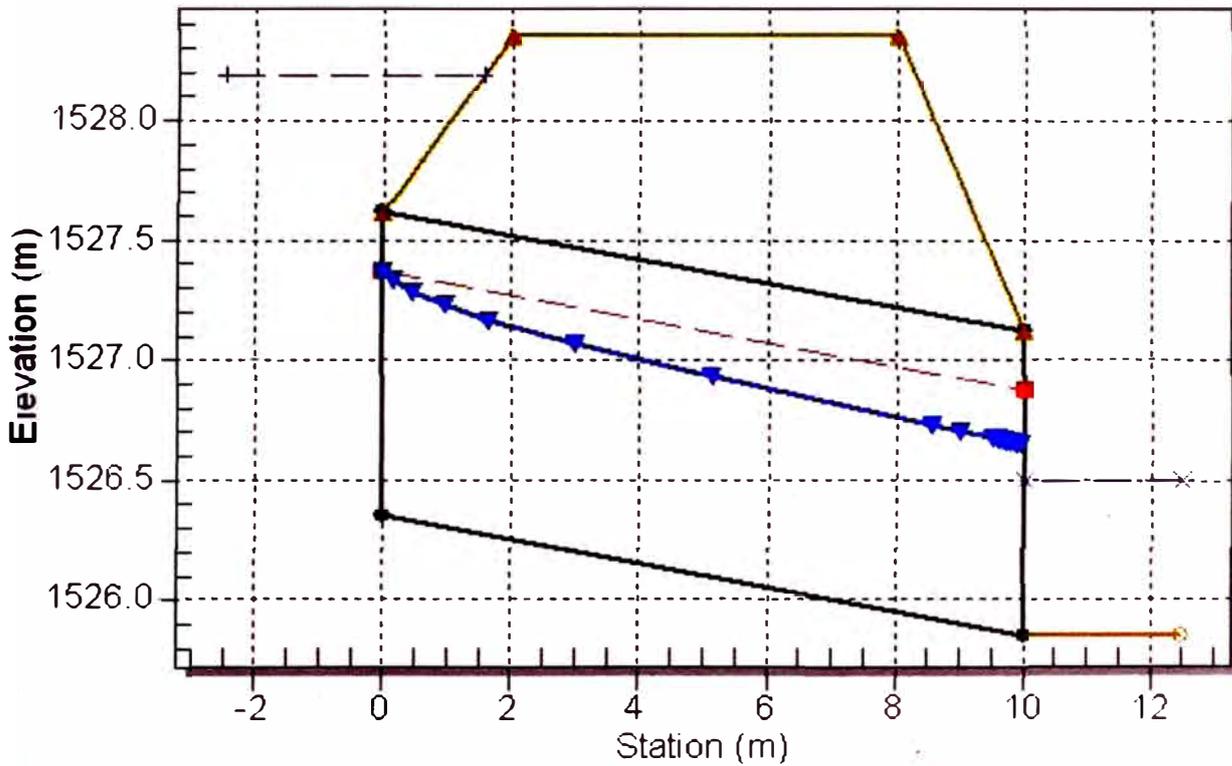
Culvert Performance Curve Plot: Alcantarilla
Performance Curve
 Culvert: Alcantarilla



Water Surface Profile Plot for Culvert: Alcantarilla

Crossing - Cafete-Yauyos, Design Discharge - 3.57 cms

Culvert - Alcantarilla, Culvert Discharge - 3.57 cms



Site Data - Alcantarilla

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 1526.35 m

Outlet Station: 10.00 m

Outlet Elevation: 1525.85 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - Alcantarilla

Barrel Shape: Circular

Barrel Diameter: 1270.00 mm

Barrel Material: Corrugated Steel

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0240

Inlet Type: Conventional

Inlet Edge Condition: Square Edge with Headwall

Inlet Depression: None

Table 3 - Downstream Channel Rating Curve (Crossing: Cañete-Yauyos)

Flow (cms)	Water Surface Elev (m)	Depth (m)	Velocity (m/s)	Shear (Pa)	Froude Number
0.00	1525.85	0.00	0.00	0.00	0.00
0.39	1525.99	0.14	2.11	68.83	1.80
0.77	1526.07	0.22	2.69	108.23	1.83
1.16	1526.14	0.29	3.07	142.31	1.82
1.54	1526.20	0.35	3.35	173.71	1.80
1.93	1526.26	0.41	3.58	203.34	1.77
2.32	1526.32	0.47	3.77	231.72	1.75
2.70	1526.38	0.53	3.93	258.99	1.73
3.09	1526.43	0.58	4.07	285.70	1.70
3.47	1526.49	0.64	4.20	311.85	1.68
3.57	1526.50	0.65	4.23	318.25	1.68

Tailwater Channel Data - Cañete-Yauyos

Tailwater Channel Option: Rectangular Channel

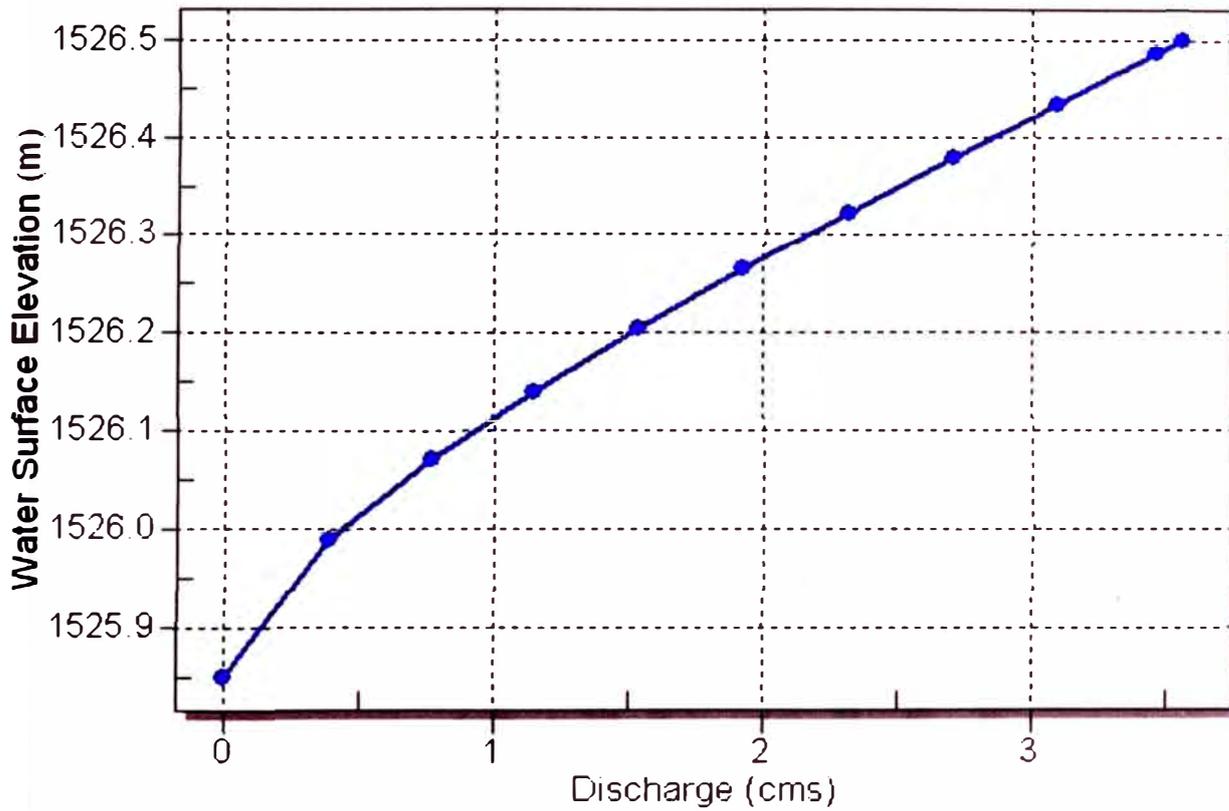
Bottom Width: 1.30 m

Channel Slope: 0.0500

Channel Manning's n: 0.0250

Channel Invert Elevation: 1525.85 m

Tailwater Rating Curve Plot for Crossing: Cañete-Yauyos
Downstream Channel Rating Curve



Roadway Data for Crossing: Cañete-Yauyos

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 10.00 m

Crest Elevation: 1528.35 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 6.00 m

ANEXO C

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

1. OBRAS PRELIMINARES

1.1. MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

DESCRIPCION:

El Contratista bajo esta sección, deberá realizar todo el trabajo de suministrar, reunir y transportar su organización de construcción completa al lugar de la obra, incluyendo personal, equipo, materiales, campamentos y todo lo necesario al lugar donde se desarrollará la obra antes de iniciar y al finalizar los trabajos. La movilización incluye la obtención y pago de permisos y seguros.

CONSIDERACIONES GENERALES:

El transporte del equipo pesado se podrá realizar en camiones de plataforma, de cama baja, mientras que el equipo liviano podrá transportarse por sus propios medios, llevando el equipo no autopropulsado como herramientas, martillos neumáticos, vibradores, etc. El Contratista, antes de transportar el equipo mecánico al lugar de la obra, deberá someterlo a inspección del MTC dentro de los 30 días después de otorgada la Buena Pro. Este equipo será revisado por el Supervisor en la obra, quien verificará y rechazará el equipo que no se encuentre en buen estado o aquel cuyas características no se ajusten a lo estipulado por el propietario de la obra en cuyo caso el Contratista deberá reemplazarlo por otro similar en buenas condiciones de operación. El rechazo del equipo no podrá generar ningún reclamo por parte del Contratista.

PAGO:

Las cantidades medidas y aceptadas serán pagadas de acuerdo al precio del contrato para esta partida. El pago constituirá la compensación total por los trabajos prescritos en esta partida y cubrirá los costos de materiales, mano de obra en trabajos diurnos y nocturnos, herramientas, equipos, transporte, y todos los gastos que demande el cumplimiento satisfactorio del contrato.

1.2. TRAZO Y REPLANTEO

DESCRIPCION:

Esta partida se refiere al trazo, nivelación y replanteo que tiene que realizar el contratista durante los trabajos de construcción de obras de arte y drenaje (cunetas, alcantarillas, etc.).

MEDICIÓN:

El área a pagar por la partida trazo y replanteo será el número de m² replanteados, medidos de acuerdo al avance de los trabajos, de conformidad con las presentes especificaciones y con la aprobación del Ingeniero Supervisor.

PAGO:

El área medida en la forma descrita anteriormente será pagada al precio unitario del contrato, por metro cuadrado, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá la compensación total por toda la mano de obra, equipos, herramientas, materiales e imprevistos necesarios para completar satisfactoriamente el trabajo.

2. OBRAS DE ARTE Y DRENAJE

2.1. EXCAVACION PARA ESTRUCTURAS

DESCRIPCION:

Este trabajo comprende la ejecución de las excavaciones necesarias para la cimentación de estructuras, alcantarillas de TMC, zanjas de coronación, canales, cunetas y otras obras de arte: comprende además, el desagüe, bombeo, drenaje, entibado, apuntalamiento y construcción de ataguías, cuando fueran necesarias, así como el suministro de los materiales para dichas excavaciones y el subsiguiente retiro de entibados y ataguías. Comprende toda excavación de materiales sueltos, libres de rocas de gran volumen.

Además incluye la carga, transporte y descarga de todo el material excavado sobrante, de acuerdo con las presentes especificaciones y de conformidad con los planos de la obra y las órdenes del Supervisor.

EQUIPO:

Todos los equipos empleados deberán ser compatibles con los procedimientos de construcción adoptados y requieren aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajusten al programa de ejecución de las obras y al cumplimiento de esta especificación.

METODO DE CONSTRUCCIÓN:

Se excavarán zanjas y las fosas para estructuras o bases de estructuras de acuerdo a los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos u ordenados por el Supervisor. Deberá tener las suficientes dimensiones que permitan colocar en todo su ancho y largo las estructuras integras o bases de estructuras indicadas. Los lados de la excavación tendrán caras verticales conforme a las dimensiones de la estructura, cuando no sea necesario utilizar encofrados para el vaciado del cimiento. Cuando la utilización de encofrados sea necesaria, la excavación se podrá extender hasta cuarenta y cinco (45) centímetros fuera de las caras verticales del pie de la zapata de la estructura.

La elevación de la parte inferior de las bases que se indican en los planos, serán consideradas *tan solo como aproximadas* y el Supervisor podrá ordenar por escrito los cambios en dimensiones o elevaciones de las bases que pudieran considerarse necesarias para asegurar la cimentación satisfactoria. Todo material inadecuado que se halle al nivel de cimentación deberá ser excavado y reemplazado por material seleccionado o por concreto pobre, según lo determine el Supervisor. Toda roca y otro material duro de cimientos deberá ser limpiado de materiales sueltos y recortados hasta que llegue a tener una superficie firme ya sea a nivel, con gradas o dentada como fuera indicado por el Supervisor. Toda hendidura o grieta deberá ser limpiada y enlechada con mortero.

Se debe proteger la excavación contra derrumbes que puedan desestabilizar los taludes y laderas naturales, provocar la caída de material de ladera abajo, afectando la salud del hombre y ocasionar impactos ambientales al medio ambiente. Para evitar daños en el medio ambiente como consecuencia de la construcción de muros, alcantarillas, subdrenes y cualquier otra obra que requiera excavaciones, se deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- En el caso de la construcción de cunetas, subdrenes, etc., los materiales producto de la excavación no deben ser colocados sobre terrenos con vegetación o con cultivos; deben hacerse en lugares seleccionados, hacia el interior de la carretera, para que no produzcan daños ambientales en espera de que sea removidos a lugares donde señale el Supervisor.
- Los materiales pétreos sobrantes de la construcción de cunetas *revestidas, muros, alcantarillas de concreto y otros no deben ser esparcidos* en los lugares cercanos, sino trasladados a lugares donde no produzcan daños ambientales, lo que serán señalados por el Supervisor.

2.2. UTILIZACIÓN DE LOS MATERIALES EXCAVADOS

Los materiales provenientes de las excavaciones deberán utilizarse para el relleno posterior alrededor de las obras construidas, siempre que sean adecuados para dicho fin.

Los materiales excedentes provenientes de las excavaciones, se depositarán en lugares que consideren las características físicas, topográficas y de drenaje de cada lugar. Se recomienda usar los sitios donde se ha tomado el material de préstamo (canteras), sin ningún tipo de cobertura vegetal y sin uso aparente. Se debe evitar zonas inestables o áreas de importancia ambiental como humedales o áreas de alta productividad agrícola.

Se medirán los volúmenes de las excavaciones para ubicar las zonas de disposición final adecuadas a esos volúmenes.

Las zonas de depósito final de desechos se ubicarán lejos de los cuerpos de agua, para asegurar que el nivel de agua, durante el tiempo de lluvias, no sobrepase el nivel más bajo de los materiales colocados en el depósito. No se colocará el material en lechos de ríos, ni a 30 metros de las orillas.

MEDICIÓN:

La excavación para estructuras se medirá en metros cúbicos, aproximado al décimo de metro cúbico, medido en su posición original, de material aceptablemente excavado determinado dentro de las líneas indicadas en los planos y en esta especificación o autorizadas por el Supervisor.

En las excavaciones para estructuras y alcantarillas toda medida se hará con base en caras verticales. Las excavaciones ejecutadas fuera de estos límites y los derrumbes no se medirán para los fines del pago.

El área medida de la sección transversal no incluirá agua u otro líquido, pero incluirá barro, lodo u otros materiales de construcción similares y que pudieran ser bombeados o desaguados. La medición no incluirá volumen de excavación alguno realizado con anterioridad a que se tomen las elevaciones y mediciones del terreno natural no removido. Tampoco se incluirá en la medición para el pago el volumen de material removido por segunda vez con excepción del caso en el cual los planos o el Supervisor requieran la excavación de zanjas para alcantarillas después de la construcción del terraplén; el volumen de excavación para tales zanjas para alcantarillas; será incluido en la medición para el pago de este ítem.

La medida de la excavación de acequias, zanjas u obras similares se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después de ejecutar el trabajo respectivo.

PAGO:

El volumen medido en la forma descrita anteriormente, será pagado al Precio Unitario del contrato por metro cúbico (m³), entendiéndose que dicho precio y pago deberá cubrir todos los costos de excavación, eventual perforación y voladura, y la remoción de los materiales excavados, hasta los sitios de utilización o desecho; las obras provisionales y complementarias, tales como accesos, ataguías, andamios, entibados y desagües, bombeos, transportes, explosivos, la limpieza final de la zona de construcción, mano de obra, equipo, herramientas e imprevistos necesarios para completar la partida en general, y todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

2.3. RELLENO PARA ESTRUCTURAS

DESCRIPCIÓN:

Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedeciendo o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes o de otras fuentes, para relleno a lo largo de estructuras de concreto y alcantarillas de cualquier tipo, previa la ejecución de las obras de drenaje contempladas en el proyecto.

Incluye, además, la construcción de capas filtrantes por detrás de los estribos y muros de contención, en los sitios y con las dimensiones señalados en los planos del proyecto, en aquellos casos en los cuales dichas operaciones no formen parte de otra actividad.

MATERIALES:

Se utilizarán los mismos materiales que en las partes correspondientes de los terraplenes, deben provenir de las excavaciones propias de la explanación. Deberán estar libres de sustancias orgánicas como raíces, pastos, etc. y otros elementos perjudiciales. Para la construcción de las capas filtrantes, el material granular cumplirá con alguna de las granulometrías que están aprobadas por el Supervisor.

EQUIPO:

Los equipos de extensión, humedecimiento y compactación de los rellenos para estructuras serán los apropiados para garantizar la ejecución de los trabajos de acuerdo con las exigencias de esta sección. El equipo estará ubicado adecuadamente en sitios donde no perturbe a la población y al medio ambiente y tener, además, con adecuados sistemas de silenciamiento, sobre todo si se trabaja en zonas vulnerables o se perturba la tranquilidad del entorno.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN:

Antes de iniciar los trabajos, las obras de concreto o alcantarillas contra las cuales se colocarán los rellenos, contará con la aprobación del supervisor.

Los materiales de relleno se extenderán en capas sensiblemente horizontales y de espesor uniforme, el cual será lo suficientemente reducido para que, con los medios disponibles, se obtenga el grado de compactación exigido

Los rellenos alrededor de la alcantarilla se depositan simultáneamente a ambos lados de la estructura y aproximadamente a la misma elevación. En el caso de alcantarillas de tubos de concreto o metálicas, se podrá emplear concreto tipo F en la sujeción hasta una altura que depende del tipo de tubo a instalar, por la dificultad de compactación de esta zona y luego que haya fraguado lo suficiente podrá continuarse con el relleno normal.

Una vez extendida la capa, se procederá a su humedecimiento, si es necesario. El contenido óptimo de humedad se determinará en la obra, a la vista de la maquinaria disponible y de los resultados que se obtengan en los ensayos realizados.

MEDICIÓN:

La unidad de medida para los volúmenes de rellenos y capas filtrantes será el metro cúbico (m³), aproximado al décimo de metro cúbico, de material compactado medido en su posición final, y aceptado por el de concreto, tubos de drenaje y cualquier elemento de drenaje cubierto por el relleno.

Los volúmenes serán determinados por el método de áreas promedios de secciones transversales del proyecto localizado, en su posición final, verificadas por el supervisor antes y después de ser ejecutados los trabajos.

No habrá medida ni pago para los rellenos y capas filtrantes por este fuera de las líneas del proyecto, efectuados por el contratista, ya sea por error o por conveniencia para la operación de sus equipos.

PAGO:

El trabajo de rellenos para estructuras se pagará al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoria de acuerdo con la presente especificación y aceptada por el supervisor.

2.4. PERFILADO Y COMPACTADO PARA CUNETAS REVESTIDAS

DESCRIPCIÓN:

Este ítem consistirá en la preparación, acondicionamiento, reposición, perfilado y compactado con material satisfactorio aprobado por el Supervisor, de la superficie de la base de la sección donde se colocará el revestimiento de la cuneta.

COMPACTACIÓN:

Luego del perfilado y acondicionado de la superficie de la cuneta, se procederá a su compactación mediante el empleo de compactadora manual según indique el Supervisor.

MEDICIÓN:

La preparación, acondicionamiento, reposición, perfilado y compactación de la superficie está incluida en la medición de la partida Cunetas revestidas de mampostería.

PAGO:

El perfilado y compactado para cunetas revestidas está incluida en el precio unitario de la partida Cunetas revestidas de mampostería.

2.5. CUNETAS REVESTIDAS DE MAMPOSTERÍA

DESCRIPCIÓN:

Se refiere a la construcción de revestimiento sobre los dispositivos de drenaje longitudinal del camino con revestimiento de piedra, para la conducción de las aguas superficiales hasta las obras de arte, alcantarillas y puentes. La

mampostería se construirá según las líneas, pendientes y cotas indicadas en los planos. Los trabajos en mampostería serán clasificados como mampostería con mortero y mampostería en seco como indican los planos y/o especificaciones del Supervisor.

MATERIALES:

Piedra

La piedra será de buena calidad, estructura interna homogénea, sólida y resistente, extraída de cantera u otras fuentes por métodos adecuados y quedará sujeta a la aprobación del Supervisor. Deberá estar exenta de defectos, grietas y planos de fractura y desintegración y libre de compuestos orgánicos que ocasionen su deterioro.

Cada piedra deberá estar libre de depresiones y protuberancias que pudiesen debilitarla o evitar que quede debidamente asentada y deberá ser de tal forma que satisfaga los requisitos de la clase de mampostería especificada.

Cuando las dimensiones de las piedras figuren en los planos éstas deberán ser del tamaño indicado. Cuando no existan tales detalles, las piedras deberán suministrarse en las dimensiones y superficies necesarias para obtener las características generales y el aspecto indicado en los planos.

Las piedras serán labradas para quitarles todas las partes delgadas o débiles. Las piedras frontales deberán labrarse de modo que se obtengan líneas de asiento y juntas.

Mortero

La arena para mortero debe ser limpia exenta de material vegetal y consistirá de granos duros y resistentes a la abrasión. La arena para mortero de mampostería *de piedra debe ser aquel que pase el tamiz N^o 4 y cuya granulometría estar dentro de los límites de la Especificación C144-76 de la ASTM.* Este mortero estará compuesto de una parte de cemento por 4 partes de arena en volumen, se prepararán solo pequeñas cantidades de mortero a la vez, de modo que en ningún caso el mortero quede sin usarse más de dos horas después del mezclado. No se permitirá el ablandamiento o el reamasado del mortero.

2.6. COLOCACIÓN DE LA MAMPOSTERÍA DE MORTERO

Todas las piedras serán limpiadas perfectamente y humedecidas inmediatamente antes de su colocación y el asiento que deba recibirlas estará asimismo limpio y húmedo antes de distribuir el mortero. Las piedras se colocarán con la cara más larga ubicada horizontalmente en los asientos bien cubiertos de mortero y las juntas serán cubiertas y enrasadas con éste. Las caras expuestas de las piedras individuales serán colocadas en sentido paralelo a los frentes del muro en el que se aplican.

Se deberá tener cuidado para evitar la acumulación de piedras pequeñas o del mismo tamaño. Cuando se empleen piedras expuestas a la intemperie, pigmentadas o de textura variable, se deberá tener cuidado en distribuir las *uniformemente en las partes frontales expuestas de la obra. Deberán utilizarse piedras grandes en las capas inferiores y en general las piedras deberán disminuir de tamaño desde la base hacia la parte superior de la obra. En las esquinas se colocarán piedras grandes y seleccionadas.*

Las piedras serán manipuladas de modo que no golpeen ni desplacen las ya colocadas. No se permitirá rodar ni voltear las piedras encima de las partes ya construidas. Cuando una piedra se afloje después que el mortero haya alcanzado su *fraguado inicial, deberá ser retirada, se limpiará el mortero y se volverá a colocar la piedra con mortero fresco.*

2.7. INSTALACIÓN JUNTAS DE EXPANSIÓN

Las juntas de expansión se colocarán tal como lo fijen los planos o como indique el Supervisor. Las juntas serán construidas mediante la introducción de tiras de plastofomo de 12 mm de espesor u otro material aprobado por el Supervisor. El relleno anteriormente citado será cortado con la *misma forma y tamaño que las superficies que deben juntarse. Deberá estar bien sujeto al hormigón existente de modo que se evite un desplazamiento del material cuando se coloque el concreto nuevo contra el mismo.*

Cuando sea necesario usar más de una pieza de relleno para cubrir una superficie, las piezas empotradas se colocarán en estrecho contacto y la unión entre las mismas será cubierta con una capa de filtro de techar saturado con asfalto, del tipo de 18 Kg., *un lado del cual será cubierto con asfalto caliente para asegurar una adecuada retención. Inmediatamente después de retirar los moldes, las juntas de expansión serán inspeccionadas cuidadosamente. Todo*

mortero o concreto que haya quedado dentro se la junta deberá ser cortado y removido cuidadosamente. Cuando, durante la construcción, se produzca una abertura de 3 cm. o más en una junta que será sometida al tránsito, dicha abertura deberá ser rellenado totalmente con alquitrán caliente o asfalto, según lo indique el Supervisor.

2.8. ENCOFRADOS

Los encofrados deberán diseñarse y construirse de modo que puedan ser sacados sin dañar el hormigón. Los encofrados deberán ser inspeccionados inmediatamente antes de la colocación del hormigón. Las dimensiones serán controladas y todo alabeo o torcedura será corregido, y toda suciedad, aserrín, virutas, u otros desperdicios se quitarán del interior de los moldes.

Los encofrados serán construidos de tal manera que el hormigón terminado tenga la forma y dimensiones indicadas en los planos y esté de acuerdo a los alineamientos y pendientes. Todos los encofrados serán tratados con aceite o saturados con agua inmediatamente antes de la colocación del hormigón.

REMOCIÓN DE LOS ENCOFRADOS:

Los encofrados se removerán lo antes posible, a fin de no interferir con el curado y la reparación de imperfecciones en las superficies, pero en ningún caso deberán removerse antes de que se apruebe su remoción.

Cualquier reparación o tratamiento que se requiera se hará inmediatamente, y a continuación se procederá con el curado especificado.

MÉTODO DE MEDICIÓN:

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad de medida será el metro cuadrado (m²).

PAGO:

Las cantidades medidas en la forma antes indicada, serán pagadas a los precios unitarios contractuales correspondientes a los ítems de pago definidos y presentados en los formularios de Propuesta.

Dichos precios y pagos serán compensación total en concepto de suministro y colocación de todos los materiales, incluyendo toda la mano de obra, excavación, base de asiento, equipo, herramientas, impuestos e imprevistos necesarios para completar la obra prescrita en esta sección. No se reconocerá pago adicional por ningún concepto, por lo que el Contratista deberá prever todos los imprevistos que pudieran presentarse en esta actividad.

2.9. ALCANTARILLA TMC

DESCRIPCION

Este trabajo consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo, armado y colocación de tubos de acero corrugado galvanizado, para el paso de agua superficial y desagües pluviales transversales. La tubería tendrá los tamaños, tipos, diseños y dimensiones de acuerdo a los alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos u ordenados por el Supervisor. Comprende, además, el suministro de materiales, incluyendo todas sus conexiones o juntas, pernos, accesorios, tuercas y cualquier elemento necesario para la correcta ejecución de los trabajos. Comprende también la construcción del solado a lo largo de la tubería; las conexiones de ésta a cabezales u obras existentes o nuevas y la remoción y disposición satisfactoria de los materiales sobrantes.

MATERIALES

TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA (TMC): Se denomina así a las tuberías formadas por planchas de acero corrugado galvanizado, unidas con pernos. Esta tubería es un producto de gran resistencia con costuras empemadas que confieren mayor capacidad estructural, formando una tubería hermética, de fácil armado; su sección puede ser circular, elíptica, abovedada o de arco; en el caso del presente proyecto serán únicamente circulares.

Los materiales para la instalación de tubería corrugada deben satisfacer los siguientes requerimientos:

(a) Tubos conformados estructuralmente de planchas o láminas corrugadas de acero galvanizado en caliente

Para los tubos, circulares y/o abovedados y sus accesorios (pernos y tuercas) entre el rango de doscientos milímetros (200 mm.) y un metro ochenta y tres (1.83 m.) de diámetro se seguirá la especificación AASHTO M-36.

Las planchas o láminas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM A-444. Los pernos deberán cumplir con la especificación ASTM A-307, A-449 y las tuercas con la especificación ASTM A-563.

El corrugado, perforado y formación de las planchas deberán ser de acuerdo a AASHTO M-36.

(b) Estructuras conformadas por planchas o láminas corrugadas de acero galvanizado en caliente

Para las estructuras y sus accesorios (pernos y tuercas) de más de un metro ochenta y tres (1.83 m.) de diámetro o luz las planchas o láminas deberán cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM A-569 y AASHTO M-167 y pernos con la especificación ASTM A-563 Grado C.

El galvanizado de las planchas o láminas deberá cumplir con los requisitos establecidos en la especificación ASTM A-123 ó ASTM A-444, y para pernos y tuercas con la especificación ASTM A-153 ó AASHTO M-232.

El corrugado, perforado y formación de las planchas deberán ser de acuerdo a AASHTO M-36.

EQUIPO:

Se requieren, básicamente, elementos para el transporte de los tubos, para su colocación y ensamblaje, así como los requeridos para la obtención de materiales, transporte y construcción de una sub-base granular. Cuando se requiera apuntalamiento de la tubería, se deberá disponer de gatas para dicha labor.

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN:

Calidad de los tubos y del material

(a) Certificados de calidad y garantía del fabricante de los tubos

Antes de comenzar los trabajos, el Contratista deberá entregar al Supervisor un certificado original de fábrica, indicando el nombre y marca del producto que suministrará y un análisis típico del mismo, para cada clase de tubería.

Además, le entregará el certificado de garantía del fabricante estableciendo que todo el material que suministrará satisface las especificaciones requeridas, que llevará marcas de identificación, y que reemplazará, sin costo alguno para el MTC, cualquier metal que no esté de conformidad con el análisis, resistencia a la tracción, espesor y recubrimiento galvanizado especificados.

Ningún tubo será aceptado, sino hasta que los certificados de calidad de fábrica y de garantía del fabricante hayan sido recibidos y aprobados por el Supervisor.

(b) Reparación de revestimientos dañados

Aquellas unidades donde el galvanizado haya sido quemado por soldadura, o dañado por cualquier otro motivo durante la fabricación, deberán ser regalvanizadas, empleando el proceso metalizado descrito en el numeral 24 de la especificación AASHTO M-36.

(c) Manejo, transporte, entrega y almacenamiento

Los tubos se deberán manejar, transportar y almacenar usando métodos que no los dañen. Los tubos averiados, a menos que se reparen a satisfacción del Supervisor, serán rechazados, aún cuando hayan sido previamente inspeccionados en la fábrica y encontrados satisfactorios.

METODO DE CONSTRUCCIÓN

• Preparación del terreno base

Cuando el fondo de la alcantarilla se haya proyectado a una altura aproximadamente igual o, eventualmente, mayor a la del terreno natural, éste se deberá limpiar, excavar, rellenar, conformar y compactar, de acuerdo con lo especificado; de manera que la superficie compactada quede ciento cincuenta milímetros (150 mm) debajo de las cotas proyectadas del fondo exterior de la alcantarilla.

El material utilizado en el relleno deberá clasificar como corona de Terraplén y su compactación deberá ser, como mínimo, el noventa y cinco por ciento (95%) de

la máxima obtenida en el ensayo modificado de compactación (norma de ensayo MTC E 115).

Cuando la tubería se vaya a colocar en una zanja excavada, ésta deberá tener caras verticales, cada una de las cuales deberá quedar a una distancia suficiente del lado exterior de la alcantarilla, que permita la construcción del solado, esta distancia será de al menos un metro o el indicado por el Supervisor. El fondo de la zanja deberá ser excavado a una profundidad de no menos de ciento cincuenta milímetros (150 mm) debajo de las cotas especificadas del fondo de la alcantarilla.

Dicha excavación se realizará conforme se indica en la sección de movimiento de tierras, previo el desmonte y limpieza requeridos.

Cuando una corriente de agua impida la ejecución de los trabajos, el Contratista deberá desviarla hasta cuando se pueda conducir a través de la alcantarilla.

Cuando exista la necesidad de desviar un curso natural, el contratista deberá previamente solicitar el respectivo permiso al Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

No se permitirá el vadeo frecuente de arroyos con equipos de construcción, debiéndose utilizar puentes u otras estructuras donde se prevea un número apreciable de paso del agua.

Cuando exista la necesidad de desviar un curso natural, se deberá previamente solicitar el permiso respectivo a la Administración Técnica del Distrito de riego correspondiente. Así mismo, el curso abandonado deberá ser restaurado a su condición original.

- **Solado**

El solado se construirá con material de Sub-base granular, en el ancho indicado en la sección anterior.

Sobre el terreno natural o el relleno preparado se colocará una capa o solado de material granular, que cumplan con las características de material para Subbase, de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de espesor compactado, y un ancho igual al diámetro exterior de la tubería más seiscientos milímetros (600 mm). La superficie acabada de dicha capa deberá coincidir con las cotas especificadas del fondo exterior de la alcantarilla y su compactación mínima será la que se especifica para la corona del Terraplén.

- **Instalación de la alcantarilla**

La alcantarilla TMC, corrugado y las estructuras de planchas deberán ser ensambladas de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

La alcantarilla se colocará sobre el lecho de material granular, conformado y compactado, principiando en el extremo de aguas abajo, cuidando que las pestañas exteriores circunferenciales y las longitudinales de los costados se coloquen frente a la dirección aguas arriba.

Cuando los planos, o el Supervisor indiquen apuntalamiento, éste se hará alargando el diámetro vertical en el porcentaje indicado en aquellos y manteniendo dicho alargamiento con puntales, trozos de compresión y amarres horizontales. El alargamiento se debe hacer de manera progresiva de un extremo de la tubería al otro, y los amarres y puntales se deberán dejar en sus lugares hasta que el relleno esté terminado y consolidado, a menos que los planos lo indiquen en otra forma.

RELLENO:

La zona de terraplén adyacente a la alcantarilla, con las dimensiones indicadas en los planos o fijadas por el Supervisor, se ejecutará de acuerdo a lo especificado en la partida de RELLENO PARA ESTRUCTURAS.

Su compactación se efectuará en capas horizontales de ciento cincuenta a doscientos milímetros (150 mm – 200 mm) de espesor compacto, alternativamente a uno y otro lado de la alcantarilla, de forma que el nivel sea el mismo a ambos lados y con los cuidados necesarios para no desplazar ni deformar las alcantarillas.

La compactación en las capas del relleno no será inferior a las que se indica para la corona del Terraplén.

LIMPIEZA:

Terminados los trabajos, el Contratista deberá limpiar, la zona de las obras y sobrantes, transportarlos y disponerlos en sitios aceptados por el Supervisor, de acuerdo con procedimientos aprobados por éste.

AGUAS Y SUELOS AGRESIVOS:

Si las aguas que han de conducir las alcantarillas presentan un ph menor de seis (6) o que los suelos circundantes presenten sustancias agresivas, los planos indicarán la protección requerida por ellos, cuyo costo deberá quedar incluido en el precio unitario de la alcantarilla.

ACEPTACIÓN DE LOS TRABAJOS:

(a) Controles

Durante la ejecución de los trabajos, el Supervisor efectuará los siguientes controles principales:

- Verificar que el Contratista emplee el equipo aprobado y comprobar su estado de funcionamiento.
- Comprobar que las alcantarillas y demás materiales y mezclas por utilizar cumplan los requisitos de la presente especificación.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado.
- Verificar que el alineamiento y pendiente de la tubería estén de acuerdo con los requerimientos de los planos.
- Medir las cantidades de obra ejecutadas satisfactoriamente por el Contratista.

(b) Marcas

No se aceptará ningún tubo, a menos que el metal esté identificado por un sello en cada sección que indique:

- Nombre del fabricante de la lámina
- Marca y clase del metal básico
- Calibre o espesor
- Peso del galvanizado

(c) Calidad de la alcantarilla

Constituirán causal de rechazo de las alcantarillas, los siguientes defectos:

- Traslapes desiguales
- Forma defectuosa
- Variación de la línea recta central
- Bordes dañados
- Marcas ilegibles
- Láminas de metal abollado o roto.

La alcantarilla metálica deberá satisfacer los requisitos de todas las pruebas de calidad mencionadas en la especificación ASTM A-444.

Además, el Supervisor tomará, al azar, muestras cuadradas de lado igual a cincuenta y siete milímetros y una décima, más o menos tres décimas de milímetro ($57,1 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$), para someterlas a análisis químicos y determinación del peso del galvanizado, cuyos resultados deberán satisfacer las exigencias de la especificación ASTM A-444. El peso del galvanizado se determinará en acuerdo a la norma ASTM A-525. Las muestras para estos ensayos se podrán tomar de la alcantarilla ya fabricada o de láminas o rollos del mismo material usado en su fabricación.

(d) Tamaño y variación permisibles

La longitud especificada de la alcantarilla será la longitud neta del tubo terminado, la cual no incluye cualquier material para darle acabado a la alcantarilla.

MEDICION

La longitud por la que se pagará, será el número de metros lineales (MI), aproximado al decímetro, de tubería metálica corrugada, de los diferentes diámetros y calibres, suministrada y colocada de acuerdo con los planos, esta especificación y las indicaciones del Supervisor, a plena satisfacción de éste.

La medida se hará entre las caras exteriores de los extremos de la tubería o los cabezales, según el caso, a lo largo del eje longitudinal y siguiendo la pendiente de la tubería.

No se medirá, para efectos de pago, ninguna longitud de tubería colocada por fuera de los límites autorizados por el Supervisor.

PAGO

La longitud medida en la forma descrita anteriormente, será pagada según el diámetro, al precio unitario del contrato, por metro lineal (MI).

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de suministro, patentes e instalación de las tuberías; el apuntalamiento de éstas cuando se requiera; el suministro, colocación y compactación del solado de material granular; el revestimiento bituminoso de los tubos que lo requieran, incluido el suministro del material; las conexiones a cabezales, cajas de entrada y aletas; el relleno para estructuras, la limpieza de la zona de ejecución de los trabajos al término de los mismos; el transporte y adecuada disposición de los materiales sobrantes y, *en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.*

3. CONSERVACION Y MANTENIMIENTO

3.1. LIMPIEZA DE CUNETAS Y CANALES

DESCRIPCION:

Consiste en retirar con herramientas manuales, toda basura y material que haya caído en las cunetas y en los canales así como la posible sedimentación, que obstaculicen el libre flujo del agua. También se debe verificar que no exista erosión en el revestimiento ni grietas a lo largo de la cuneta que pueda producir una falla en el sistema.

El objetivo es mantener las cunetas y los canales trabajando eficientemente y cumpliendo con las funciones para las que fueron construidas, permitiendo que el agua fluya libremente y evitando estancamientos perjudiciales para la vía.

PERIODO DE EJECUCION:

Los trabajos se deben ejecutar antes del inicio de la estación lluviosa y continuamente durante dicha época.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

Los equipos y herramientas necesarios para la ejecución de esta actividad son: lampas, pico, escobas, rastrillos, carretillas.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

- Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad a lo largo de la carretera.
- El personal debe tener los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad necesarios.
- Distribuir a los trabajadores de acuerdo con la programación de esta actividad de conservación.
- Tomar algunas fotografías de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación inicial y en actividad de avance.
- Retirar basuras, piedras, sedimentos, vegetación y otros obstáculos similares, llevarlos al botadero más cercano. En ningún caso se permitirá la incineración de la basura.
- Si se encuentra necesaria algún tipo de reparación, esta será coordinada con la Supervisión y se realizará según los plazos establecidos.
- Inspeccionar que la cuneta trabaje eficientemente y que no haya sitios de estancamientos de agua.

ACEPTACION DE LOS TRABAJOS:

La Supervisión aceptará los trabajos cuando compruebe que se ha realizado a satisfacción la limpieza de cuentas y canales y que como resultado estén completamente limpias y adecuadas para que el flujo de agua sea libre.

MEDICIÓN:

La unidad de medida para la limpieza de cunetas y canales es el metro lineal (ml), con aproximación al número entero.

PAGO:

La limpieza de cuentas y canales se pagará por metro lineal (ml), con el precio unitario del contrato de la partida. Este precio será compensación total mano de obra, materiales, herramientas, imprevistos y todos los conceptos necesarios para completar la partida según las presentes especificaciones y con la aprobación del Supervisor.

3.2. LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

DESCRIPCIÓN:

Esta partida comprende los trabajos necesarios de limpieza de las alcantarillas, que se encuentren cubiertas de maleza, pastos, cultivos, etc., incluyendo la remoción de raíces, escombros y basura, con la finalidad de dejarlas operativas y aumentar su eficiencia hidráulica.

El trabajo incluye, también, la disposición final dentro o fuera de la zona del proyecto, de todos los materiales provenientes de las operaciones de desbroce y limpieza, previa autorización del Supervisor, atendiendo las normas y disposiciones legales vigentes.

PERIODO DE EJECUCION:

Los trabajos se deben ejecutar antes del inicio de la estación lluviosa y continuamente durante dicha época.

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:

El equipo empleado para la ejecución de los trabajos de limpieza de alcantarillas, deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados y requiere la aprobación previa del Supervisor, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajuste al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la especificación.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCION:

Se efectuará la limpieza permanente, exterior e interior de las alcantarillas, la remoción del material sedimentado y otros existentes en la estructura señalada en el Expediente Técnico o indicadas por el Supervisor y de acuerdo con procedimientos aprobados por éste, tomando las precauciones necesarias para lograr condiciones de seguridad satisfactorias.

El resto de los materiales provenientes del desbroce y la limpieza deberá ser retirado del lugar de los trabajos, transportado y depositado en los lugares establecidos en los planos del proyecto o señalados por el Supervisor.

Para el traslado de estos materiales los vehículos deberán estar cubiertos con una lona de protección con la seguridad respectiva, a fin de que estas no se dispersen accidentalmente durante el trayecto a la zona de disposición de desechos previamente establecido por la autoridad competente, así como

también es necesario aplicar las normas y disposiciones legales vigentes. Los materiales excedentes por ningún motivo deben ser dispuestos sobre cursos de agua (esorrentía o freática), debido a la contaminación de las aguas, seres vivos e inclusive puede modificar el microclima. Por otro lado, tampoco deben ser dispuestos de manera que altere el paisaje natural.

Por ningún motivo se permitirá que los materiales de desecho se incorporen en los terraplenes, ni disponerlos a la vista en las zonas o fajas laterales reservadas para la vía, ni en sitios donde puedan ocasionar perjuicios ambientales.

ACEPTACION DE LOS TRABAJOS:

La Supervisión aceptará los trabajos cuando compruebe que se ha realizado a satisfacción la limpieza de las alcantarillas del proyecto y que como resultado estén completamente limpias y adecuadas para que el flujo de agua sea libre.

MEDICIÓN:

Se considerará una alcantarilla típica, por lo que se medirá por unidad de alcantarilla a las que se le hayan efectuado los trabajos de limpieza según los requisitos arriba indicados.

PAGO:

La limpieza de alcantarillas se pagará por unidad (Und), con el precio unitario del contrato de la partida. Este precio será compensación total mano de obra, materiales, herramientas, imprevistos y todos los conceptos necesarios para completar la partida según las presentes especificaciones y con la aprobación del Supervisor.



MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS
DEL KM 89+000 AL KM 94+000

PLAN DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO

ACTIVIDAD: LIMPIEZA DE CUNETAS REVESTIDAS

CÓDIGO:	ELEMENTO DE LA VÍA:
MR-2	OBRAS DE DRENAJE

DESCRIPCION Y OBJETIVO DEL TRABAJO

I. DESCRIPCIÓN:
Consiste en retirar con herramientas manuales, toda basura, material depositado o sedimentado que haya caído en la cuneta que obstruya el libre paso del agua a través de las mismas garantizando un adecuado drenaje y, por consiguiente, la conservación del camino rural.

II. OBJETO:
Mantener las obras de drenaje trabajando con eficiencia, permitiendo que el agua fluya libremente y evitando estancamientos de agua perjudiciales para la vía.

FRECUENCIA DE EJECUCION

III. CRITERIO DE EJECUCIÓN:

- La limpieza general de las cunetas se ejecutará antes del inicio del periodo de lluvias y continuará en forma alternada durante dicha época. En este sentido se realizará una limpieza inicial en el mes de Diciembre, una limpieza intermedia en el mes de Febrero y otra final en el mes de Abril.(Planificació en base el registro de precipitaciones Estación Pacarán)
- Durante el año se relizarán labores de inspección permanente del estado de las cunetas.

ESTANDAR DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS

1. UNIDAD DE MEDIDA	6. PROCEDIMIENTO
metros lineales (m)	<ol style="list-style-type: none"> Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. El personal debe tener los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad en concordancia con las normas establecidas. Distribuir a los trabajadores de acuerdo con la programación. Retirar basuras, piedras, sedimentos, vegetación y materia orgánica que se encuentren en la cuneta y se deposita en en sitios adecuados queconjuguen con e entorno ambiental se debe evitar colocarlos en zonas de flujo de aguas (quebradas,etc) Se verifica visualmente que la cuneta haya recuperado su sección y pendiente original (no debe presentarse sitios de estanamientos) Realizar un registro fotográfico de los trabajos de limpieza Para finalizar se procede a retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
2. RENDIMIENTO	
600 m/día	
3. CUADRILLA	
4 Trabajadores	7. FORMA DE PAGO
4. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	De acuerdo a lo establecido en el contrato
Lampas	
Pico	
Escobas	
Rastrillos	
Carretillas	
Cámara fotográfica	
5. MATERIALES	
Ninguno	

RECEPCION Y APROBACION DE LOS TRABAJOS

IV. CONDICIONES DE RECEPCIÓN	V. INDICADOR DE APROBACIÓN
El Supervisor verificará que la cuneta esté completamente limpia y que el flujo del agua sea libre.	<p>Las Cunetas están limpias</p> <p>Las cunetas tiene sus dimensiones originales de diseño</p> <p>El agua no se represa</p>



MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS
DEL KM 89+000 AL KM 94+000

PLAN DE ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO RUTINARIO

ACTIVIDAD: LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS

CÓDIGO:	ELEMENTO DE LA VÍA:
MR-4	OBRAS DE DRENAJE

DESCRIPCION Y OBJETIVO DEL TRABAJO
I. DESCRIPCIÓN: Consiste en remover todo material extraño de las alcantarillas, de tal manera que permanezcan libres de basuras y sedimentos..
II. OBJETO: Mantener todos los elementos de la alcantarillas, caja toma, ducto y aliviadero, trabajando eficientemente, permitiendo que el agua fluya libremente.

FRECUENCIA DE EJECUCION
III. CRITERIO DE EJECUCIÓN: 1. La limpieza general de las alcantarillas se ejecutará antes del inicio del periodo de lluvias y continuará en forma alternada durante dicha época. En este sentido se realizará una limpieza inicial en el mes de Diciembre, una limpieza intermedia en el mes de Febrero y otra final en el mes de Abril. (Planificación en base el registro de precipitaciones Estación Pacaràn) 2. Durante el año se relizarán labores de inspección permanente del estado de las cunetas.

ESTANDAR DE EJECUCION DE LOS TRABAJOS	
1. UNIDAD DE MEDIDA Unidad (Und)	6. PROCEDIMIENTO 1. Colocar señales preventivas y dispositivos de seguridad. 2. El personal debe tener los uniformes, cascos y todos los elementos de seguridad en concordancia con las normas establecidas. 3. Distribuir a los trabajadores de acuerdo con la programación. 4. Retirar basuras, piedras, sedimentos, vegetación y materia orgánica que se encuentren en la cuneta y se deposita en en sitios adecuados queconjuguen con e entorno ambiental se debe evitar colocarlos en zonas de flujo de aguas (quebradas,etc) 5. Depositarlo según las características del material (biodegradable o no) 6. Se verifica visualmente que la cuneta haya recuperado su sección y pendiente original (no debe presentarse sitios de estanamientos) 7. Realizar un registro fotográfico de los trabajos de limpieza 8. Para finalizar se procede a retirar las señales y dispositivos de seguridad en forma inversa a como fueron colocados.
2. RENDIMIENTO 2 und/día	
3. CUADRILLA 4 Trabajadores	
4. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS Lampas Pico Escobas Rastrillos Carretillas Cámara fotográfica	
5. MATERIALES Ninguno	7. FORMA DE PAGO De acuerdo a lo establecido en el contrato

RECEPCION Y APROBACION DE LOS TRABAJOS	
IV. CONDICIONES DE RECEPCIÓN El Supervisor verificará que las alcantarillas y sus cauces de entrada, ducto y salida estén limpios y que el agua fluya libremente	V. INDICADOR DE APROBACIÓN Las Alcantarilla está limpias y libres de obstrucción y con adecuado drenaje Tiene sus dimensiones originales

ANEXO D

PANEL FOTOGRAFICO



Fotografía N° 1: Pase de agua, Km.92+579, el canal se encuentra seco, presenta signos de colmatación pasada



Fotografía N° 2: Pase de agua, Km.92+849, el canal se encuentra seco pero presenta signos de colmatación de sedimentos recientes



Fotografía N° 3: Pase de agua, Km.93+195, el canal presenta poco caudal con colmatación y baja velocidad



Fotografía N° 4: Pase de agua, Km.93+439, el canal presenta gran caudal con colmatación y alta velocidad



Fotografía N° 5: Inicio del tramo, Km.89+000



Fotografía N° 6: Canal de riego entre la carretera y el río, este canal descarga directamente al río



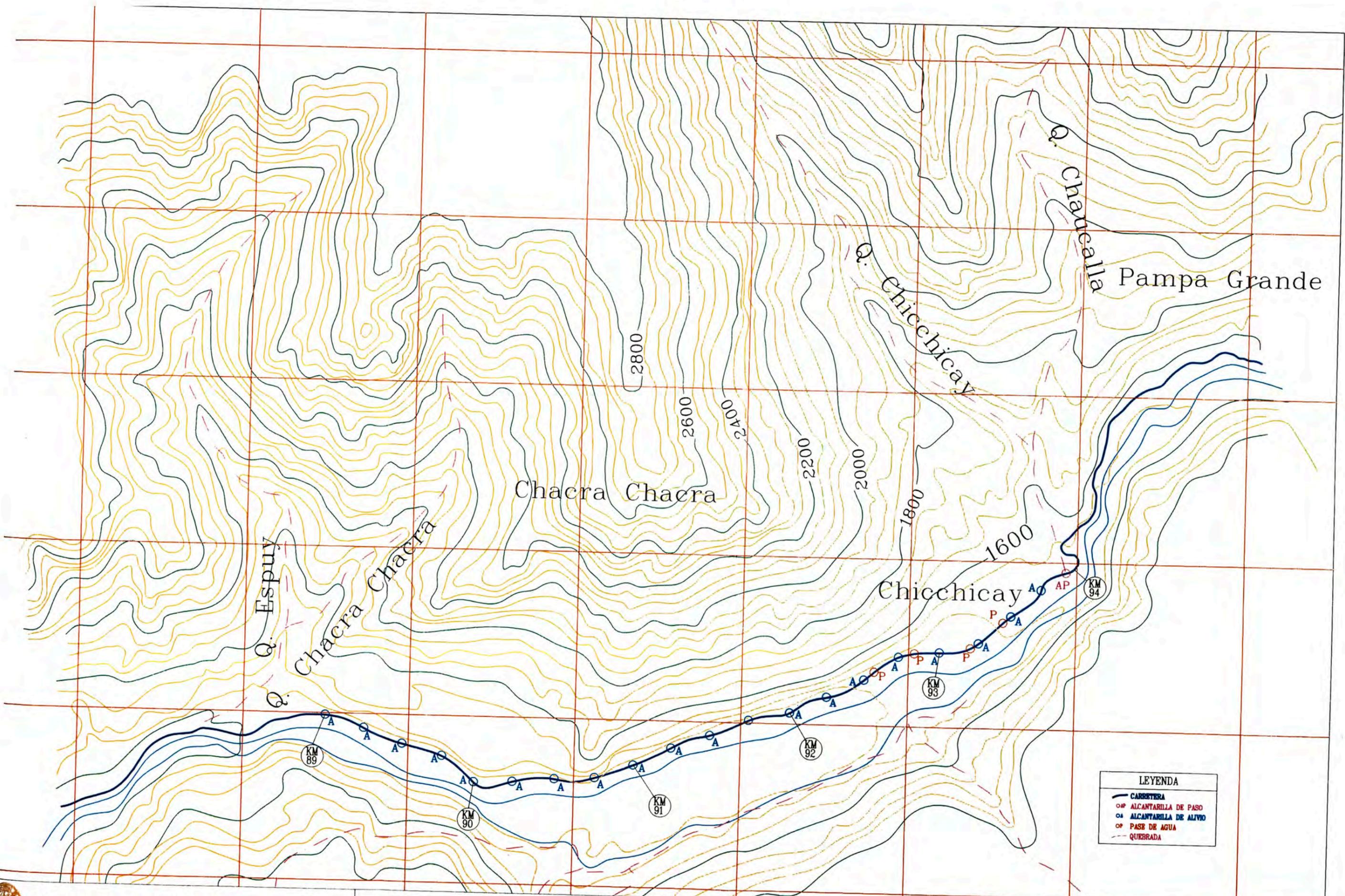
Fotografía N° 7: Fuerte pendiente del terreno y poco espacio entre la carretera y el terreno



Fotografía N° 8: Quebrada Chichicay y Chaucalla

ANEXO E

PLANOS



LEYENDA	
	CARRERA
	ALCANTARILLA DE PASO
	ALCANTARILLA DE ALIVIO
	PASE DE AGUA
	QUEBRADA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

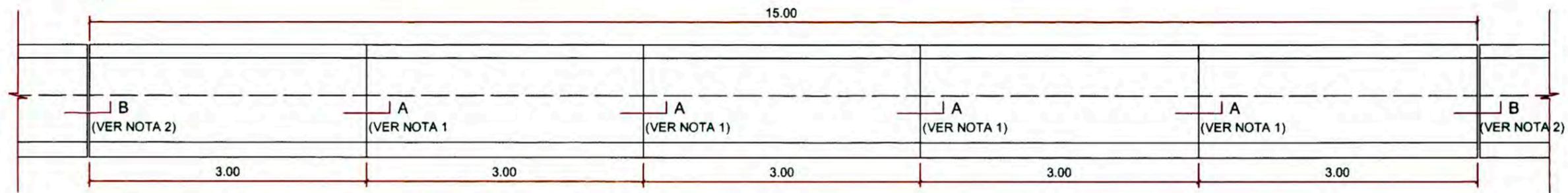
MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA
CAÑETE-YAUYS DEL KM. 89+000 AL KM. 94+000
ESTUDIO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

PLANO:
PLANO TOPOGRAFICO Y UBICACION EN PLANTA
DE LAS ALCANTARILLAS Y PASES DE AGUA

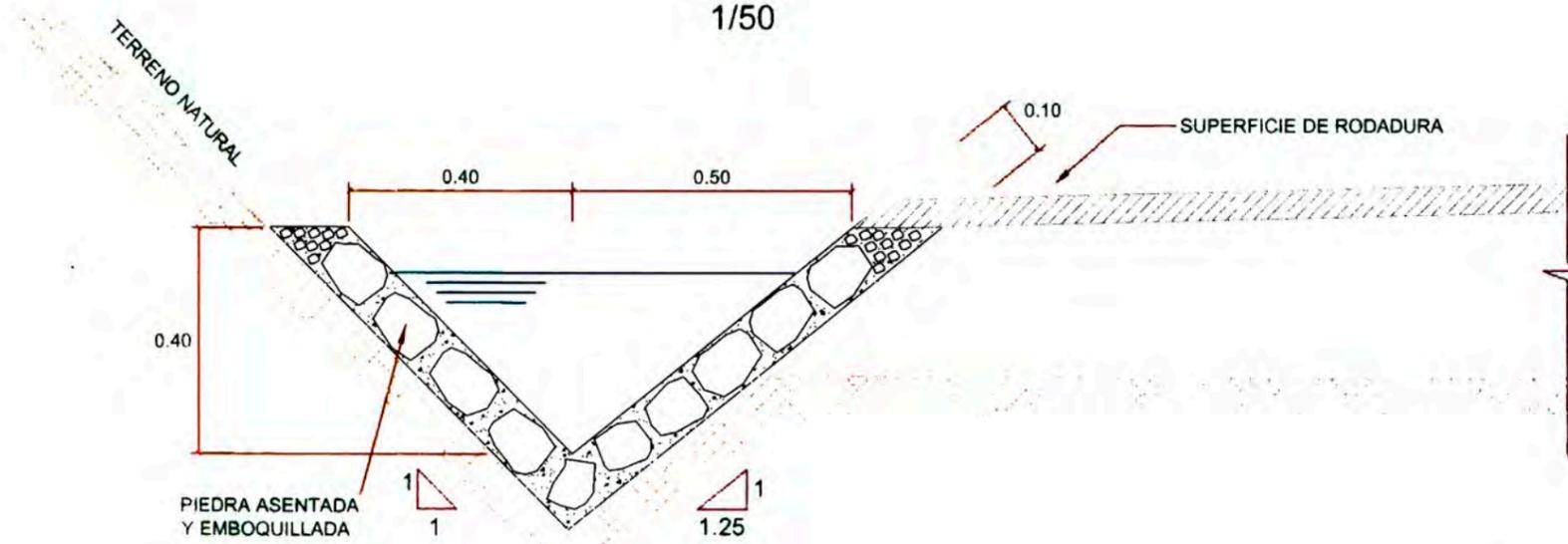
DISEÑO:
JORGE FARFAN CASASVERDE
980406F

ESCALA:
S/E

LAMINA:
OD-01



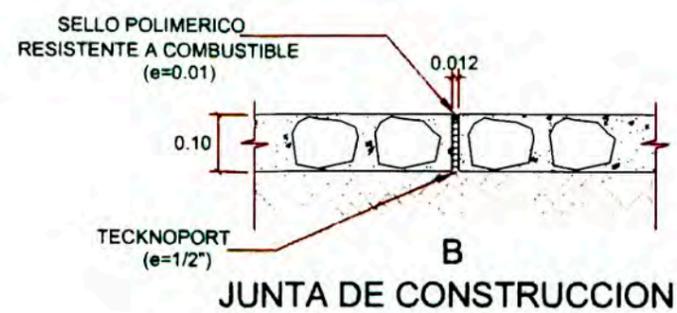
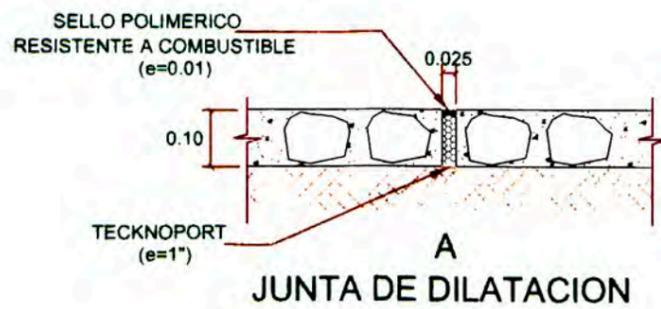
PLANTA
1/50



CORTE
1/12.5

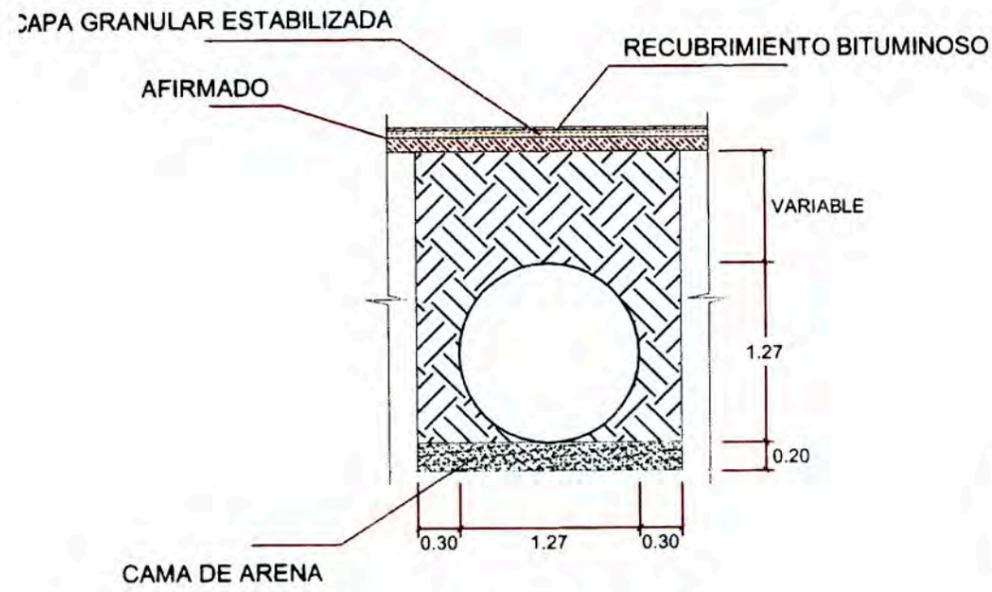
CUNETA TRIANGULAR

- NOTAS
1. LOS VACEADOS SE HARAN EN PACHOS DE 3m DE LONGITUD Y ENTRE CADA VACEADO SE COLOCARA UNA JUNTA DE CONSTRUCCION CONSTITUIDA POR TECKNOPOR (e=1/2") Y UN SELLO ELASTOMERICO RESISTENTE A COMBUSTIBLE.
 2. CADA 15m SE UBICARA UNA JUNTA DE DILATACION CONSTITUIDA POR TECKNOPORT (e=1") Y SELLO POLIMERICO RESISTENTE A COMBUSTIBLE.

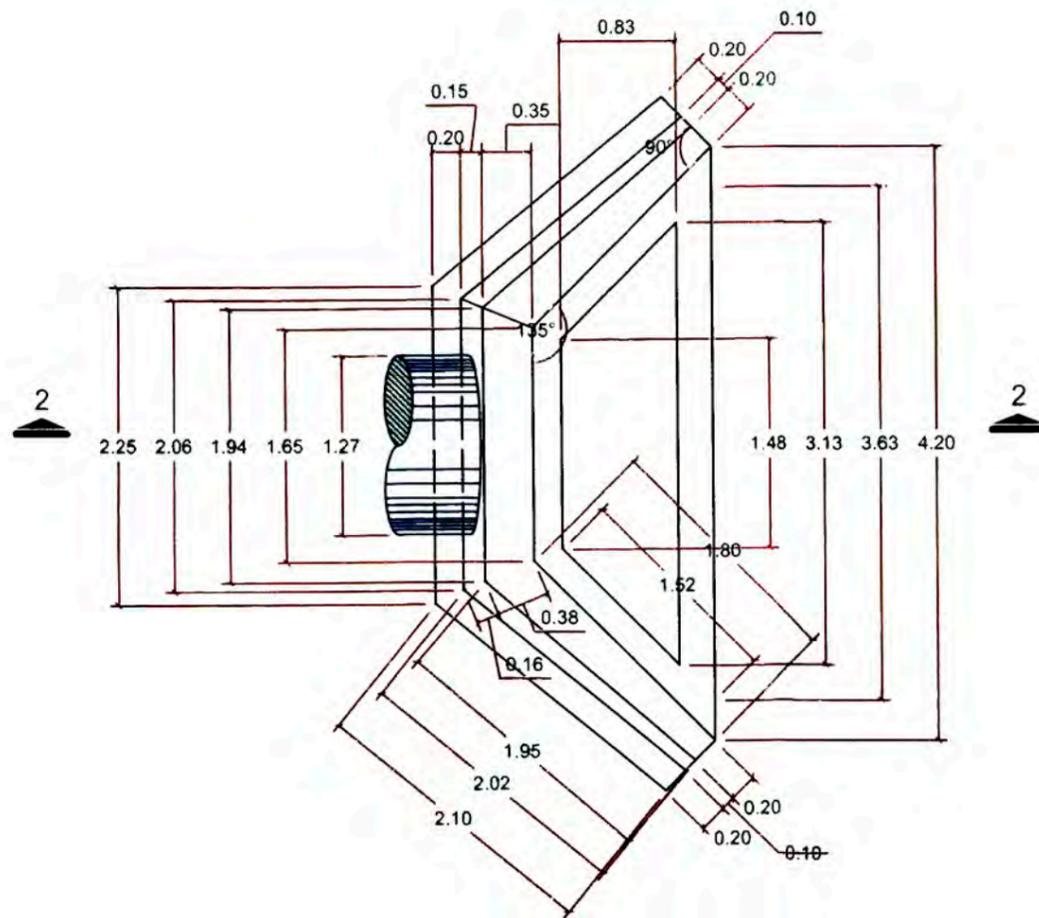
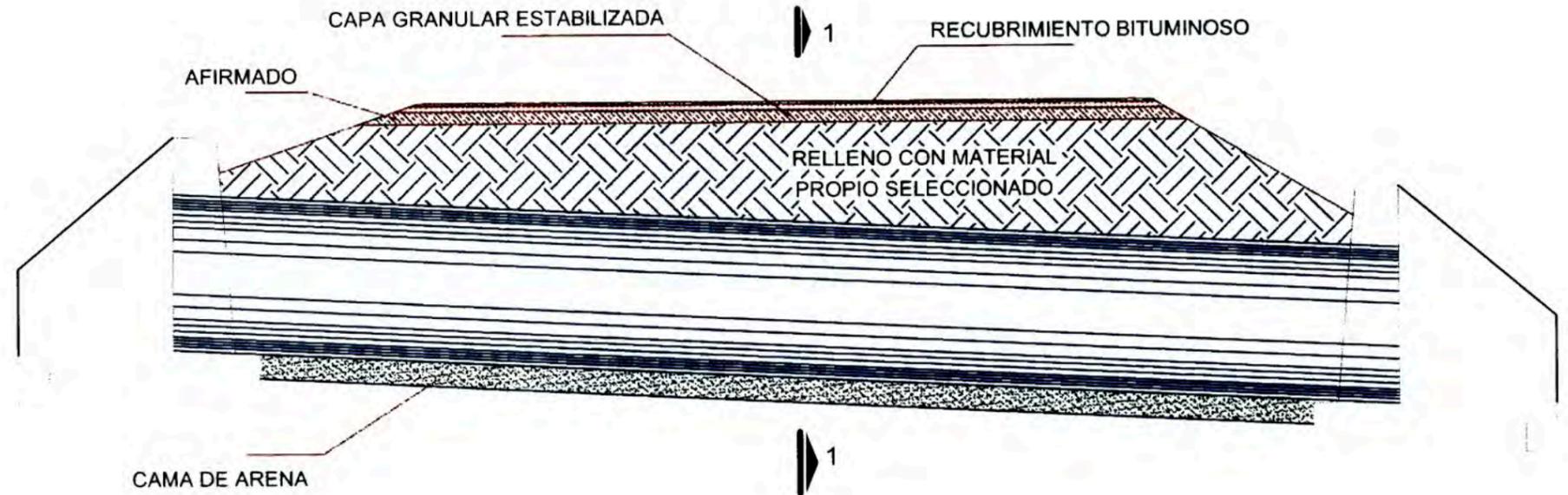


DETALLE DE JUNTAS
1/12.5



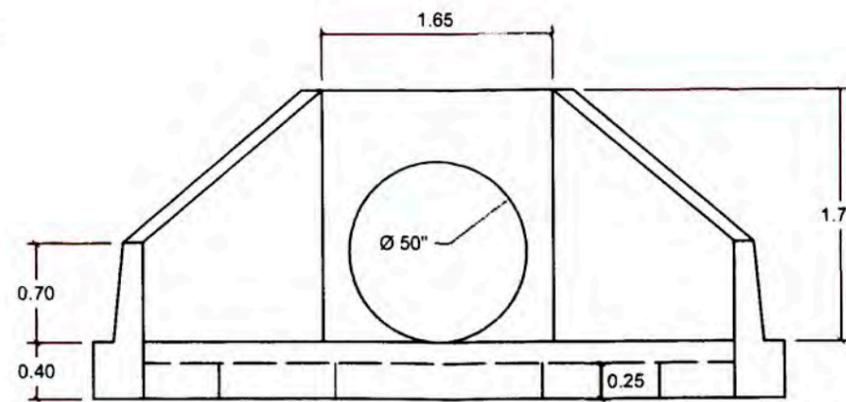


CORTE 1 - 1

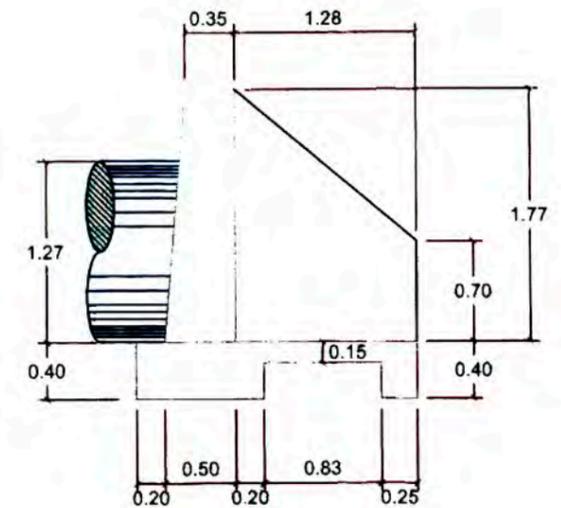


PLANTA

ALCANTARILLA TMC	
KM.	93+945
C.S.R	1528.35
PENDIENTE	5%
DIAMETRO	50"
LONGITUD	10.00m



ELEVACION



CORTE 2 - 2

