

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



**MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA
CAÑETE - YAUYOS DEL Km. 84+000 AL Km. 89+000
MEJORAMIENTO DEL DRENAJE SUPERFICIAL**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

MARLON GALA GARCÍA

Lima- Perú

2009

ÍNDICE

ÍNDICE	1
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	5
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: RESUMEN EJECUTIVO DEL PERFIL DEL PROYECTO	10
1.1. OBJETIVO	10
1.2. ANTECEDENTES	10
1.3. UBICACIÓN	11
1.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	12
1.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA	17
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. NORMATIVIDAD	19
2.2. MÉTODO DE ANÁLISIS	19
2.2.1. Recopilación de información	19
2.2.2. Trabajo de campo	20
2.2.3. Trabajo de gabinete	20
2.3. MÉTODOS DE DISEÑO	20
2.3.1. Metodología para el diseño hidráulico	20
2.3.2. Metodología para la conservación de las obras	27
CAPÍTULO III: EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL	31
3.1. DIAGNÓSTICO	31
3.2. ANÁLISIS	38
3.2.1. Información básica	38
3.2.2. Parámetros de diseño y análisis	40
3.3. DISEÑO	42
3.3.1. Diseño del drenaje longitudinal	43

3.3.2. Diseño del drenaje transversal	47
3.3.3. Conservación de las obras de drenaje	51
CAPÍTULO IV: EXPEDIENTE TÉCNICO	59
4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA	59
4.1.1. Antecedentes	59
4.1.2. Objetivo	59
4.1.3. Ubicación del proyecto	59
4.1.4. Vías de acceso	60
4.1.5. Descripción de las obras proyectadas	60
4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	61
4.3. METRADOS	62
4.4. PRESUPUESTO	63
4.5. CRONOGRAMA	64
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	68

RESUMEN

El presente informe se desarrolla de acuerdo a los términos de referencia del Curso Taller "Monitoreo de Cambio de Estándar de la Carretera Cañete-Yauyos-Huancayo" para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil por la modalidad de Actualización de Conocimientos, para lo cual se ha elegido el tramo del Km. 84+000 al Km. 89+000 como base de estudio.

De acuerdo a ello, se evaluaron tres alternativas de solución para el cambio de estándar explicados en el Perfil del Proyecto y con ello se realizó el diseño y expediente técnico correspondiente al mejoramiento del drenaje superficial para la mejor alternativa.

En el Capítulo I, se presenta el resumen del estudio a nivel de perfil del Monitoreo de Cambio de Estándar de la Carretera Cañete-Yauyos del Km. 84+000 al Km. 89+000 en el cual se detalló la ubicación del proyecto, los objetivos, la descripción y evaluación económica de las tres alternativas de solución al problema planteado siendo la mejor alternativa técnica y económica la que considera el mejoramiento del drenaje con cunetas y alcantarillas, reforzar taludes erosionados con estructuras de sostenimiento y vegetación y mejoramiento de la superficie de rodadura de la vía con la aplicación de un TSM.

En el Capítulo II, se hace referencia a la normatividad vigente para el diseño y conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito así como las consideraciones hidráulicas e hidrológicas para el diseño de las estructuras para el drenaje longitudinal (cunetas) y transversal (alcantarillas).

En el Capítulo III, se aplican los conceptos expuestos en el Capítulo II llegándose a definir el tipo, dimensiones y ubicación de las estructuras de drenaje.

Las cunetas serán triangulares, revestidas en algunos tramos y no revestidas para otros, para ello se realizó un análisis de las precipitaciones máximas en 24 horas de la estación meteorológica de Pacarán mediante métodos estadísticos y probabilísticos de donde se determinó el caudal de diseño.

Las alcantarillas proyectadas serán de PVC, son de alivio y ubicadas convenientemente de acuerdo a la topografía del terreno y según la longitud de las cunetas para descargar en ellas el agua que conducen.

En el Capítulo IV, se desarrolla el expediente técnico en base al diseño final de las estructuras para el drenaje superficial visto en el capítulo anterior, esto incluye las especificaciones técnicas, metrados, presupuesto, el cronograma de ejecución..

Finalmente se desarrollan las conclusiones y recomendaciones para el buen funcionamiento de la vía. Asimismo se presentan los anexos de la información recopilada y analizada que sirvieron de apoyo al presente informe.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1. Centros poblados del área de influencia del tramo asignado	12
Cuadro 1.2. Estado actual de la carretera	13
Cuadro 1.3. IMD por sectores de carretera	14
Cuadro 1.4. Tráfico al año 2005, Zúñiga – Dv. Yauyos	15
Cuadro 1.5. Costos de inversión y mantenimiento	16
Cuadro 1.6. Costos de operación vehicular	16
Cuadro 1.7. Resumen de la evaluación económica	17
Cuadro 1.8. Flujo neto del proyecto	17
Cuadro 2.1. Períodos de retorno	22
Cuadro 2.2. Coeficiente de escorrentía C	24
Cuadro 2.3. Coeficiente de rugosidad n de Manning	25
Cuadro 2.4. Coeficiente de sedimentación β	26
Cuadro 2.5. Velocidad máxima del agua	26
Cuadro 2.6. Normas de cantidad – obras de conservación rutinaria	29
Cuadro 2.7. Normas de cantidad - Obras de conservación puntual, recuperación obra existente, deteriorada o perdida	30
Cuadro 3.1. Inventario de alcantarillas	32
Cuadro 3.2. Inventario de puentes	32
Cuadro 3.3. Problemas puntuales	33
Cuadro 3.4. Pendientes longitudinales	33
Cuadro 3.5. Estaciones pluviométricas	38
Cuadro 3.6. Capacidad máxima de alcantarillas existentes	39
Cuadro 3.7. Parámetros fisiográficos, $L = 0.23$ Km, $S=6\%$	40
Cuadro 3.8. Parámetros fisiográficos, $L = 0.35$ Km, $S=4\%$	40
Cuadro 3.9. Valores de P_{24h} probables (mm)	41
Cuadro 3.10. Tiempo de concentración	42
Cuadro 3.11. Caudales de diseño - $T_r = 7$ años, $L=0.23$, $S=6\%$	42
Cuadro 3.12. Caudales de diseño - $T_r = 7$ años, $L=0.35$, $S=4\%$	43
Cuadro 3.13. Drenaje longitudinal	46
Cuadro 3.14. Drenaje transversal - Alcantarillas	49
Cuadro 3.15. Drenaje transversal – Puente Matica	50
Cuadro 3.16. Actividades y frecuencias – Mantenimiento	50
Cuadro 3.17. Programa de conservación rutinaria - Periodo de 7 años	52

Cuadro 3.18. Programa de conservación puntual (periódica)	
- Período de 7 años	52
Cuadro 3.19. Ficha para el monitoreo de alcantarillas	55
Cuadro 3.20. Ficha para el monitoreo de cunetas	56
Cuadro 3.21. Ficha para el registro de intervención de alcantarillas	57
Cuadro 3.22. Ficha para el registro de intervención de cunetas	58
Cuadro 4.1. Resumen de planilla de metrados	62
Cuadro 4.2. Presupuesto de obra	63
Cuadro 4.3. Cronograma de obra – Drenaje superficial	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación del proyecto	11
Figura 1.2. Perspectiva del tramo	12
Figura 1.3. Estructura existente del tramo de vía	13
Figura 1.4. Flujo de beneficios del proyecto	18
Figura 3.1. Alcantarilla parcialmente obstruida – Km. 84+195	34
Figura 3.2. Puente Matica – Km. 85+377	34
Figura 3.3. Estancamiento de agua – Km. 86+160	35
Figura 3.4. Canal de riego - Km. 86+160 - 86+360	35
Figura 3.5. Cuneta obstruida por una roca - Km. 88+440	36
Figura 3.6. Cuneta obstruida, recorrido del agua - Km. 88+440	36
Figura 3.7. Alcantarilla con falla estructural – Km. 88+665	37

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

SÍMBOLOS

A	Área
C	Coeficiente de escorrentía
D	Duración
I	Intensidad de la precipitación
L	Longitud
P_D	Precipitación para una tormenta de duración D
P_{24h}	Precipitación máxima en 24 horas
Q	Caudal
R	Radio hidráulico
S	Pendiente
T_r	Periodo de retorno
T_c	Tiempo de concentración
U	Velocidad media límite, que no produce deposición
h	Altura de agua
n	Coeficiente de rugosidad de Manning
k, m, n	Constantes
β	Coeficiente que depende del tipo de material

SIGLAS

CGC	Consorcio Gestión de Carreteras
IDF	Intensidad - duración – frecuencia
IGN	Instituto Geográfico Nacional
IMD	Índice medio diario
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
TIR	Tasa interna de retorno
TSB	Tratamiento superficial bicapa
TSM	Tratamiento superficial monocapa
MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
PVC	Policloruro de vinilo
VAN	Valor actual neto

INTRODUCCIÓN

La Carretera Central es una vía de conexión entre los corredores económicos Costa, Sierra y Selva del país, mediante la cual se hace posible el intercambio comercial entre Lima, los valles interandinos y la selva peruana.

El monitoreo de serviciabilidad del tramo de la carretera Cañete - Yauyos nace de la necesidad de optar por un desvío alternativo para la Carretera Central la cual actualmente no cuenta con un tránsito fluido y rápido debido a características propias de demanda, clima y topografía.

A su vez dicho proyecto forma parte del Programa de Desarrollo Vial “Proyecto Perú” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal, dentro de la cual se encuentra el tramo en estudio.

El Contrato de servicios de conservación vial por niveles de servicio de esta carretera está en ejecución y está a cargo del Consorcio Gestión de Carreteras (CGC) que actualmente viene desarrollando trabajos de mantenimiento rutinario y periódico de la vía.

La zona en estudio se encuentra en el tramo Zúñiga – Dv. Yauyos – Ronchas y corresponde al Km. 84+000 al Km. 89+000, al cual se le desarrollará el diseño del drenaje superficial para que junto al desarrollo de las otras especialidades se logre mejorar la serviciabilidad de la vía para una vida útil de 7 años.

Para este fin se ha dividido el informe cuatro capítulos. El Capítulo I, explica un resumen del Perfil del proyecto, analizando sus tres alternativas y eligiendo la mejor de ellas. El Capítulo II, hace referencia a las normas y fundamento teórico en los que se ha basado el presente estudio. El Capítulo III, muestra las consideraciones hidrológicas e hidráulicas para el diseño de las estructuras del drenaje longitudinal y transversal así como su conservación en el tiempo. El Capítulo IV, es el expediente técnico de la solución adoptada para el drenaje superficial diseñado en el Capítulo III. Finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado con el presente informe.

CAPÍTULO I

RESUMEN EJECUTIVO DEL PERFIL DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVO

El objetivo general del proyecto es mejorar la transitabilidad y serviciabilidad del tramo asignado para garantizar una rápida, segura y confortable vía de transporte y así aumentar el nivel de competitividad de la carretera como vía alterna de la Carretera Central. Las acciones identificadas para este fin son:

Mejoramiento del drenaje: proyección de alcantarillas con estructura de sección hidráulica suficiente, construcción de cunetas y revestimiento de canal de regadío para disminuir filtraciones hacia la estructura del pavimento.

Construcción de muros de sostenimiento en puntos críticos: pueden ser de concreto ciclópeo o suelo reforzado

Mejoramiento de Pavimento, que incluye la colocación de un TSM nuevo, tratamiento superficial bicapa (TSB) o carpeta asfáltica.

Programación de mantenimientos periódicos y rutinarios

1.2 ANTECEDENTES

Proyecto Perú del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Contrato de servicios de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete – Lunahuaná – Pacaran – Chupaca y rehabilitación del tramo Zuñiga Dv. Yauyos – Ronchas.

El Proyecto Perú pretende mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal, dentro de la cual se encuentra el tramo en estudio.

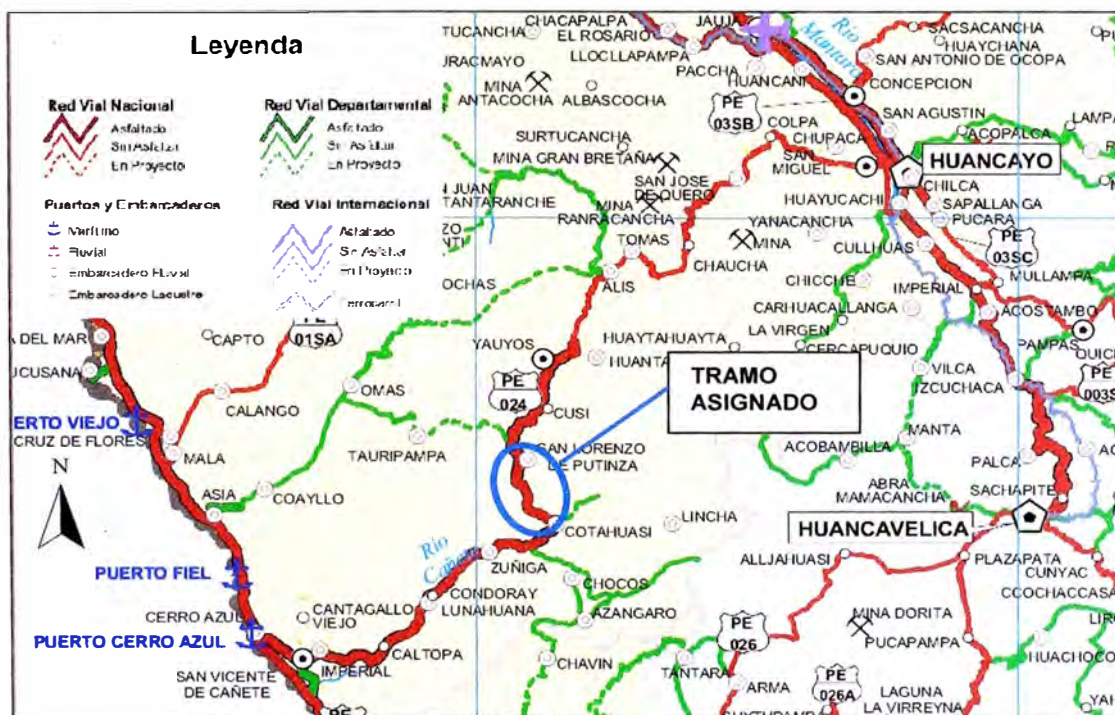
El Contrato de servicios de conservación vial por niveles de servicio de esta carretera está en ejecución y está a cargo del Consorcio Gestión de Carreteras (CGC) que actualmente viene desarrollando trabajos de mantenimiento rutinario y periódico de la vía.

Dentro de la fase pre-operativa se ha realizado el inventario vial calificado durante los meses de abril, mayo y junio del 2008.

1.3 UBICACIÓN

El tramo en estudio pertenece a la carretera Cañete – Yauyos – Huancayo, y forma parte de la Ruta N° PE-24 de la Red Vial Nacional, está ubicado 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 de la vía (ver Cuadro 1.1). Su altitud varía desde los 165 m.s.n.m. (Cañete) hasta 3249 (Huancayo) m.s.n.m., su punto más alto se encuentra en el Abra Chaucha ubicada en el Km 195+135 con una altitud de 4751 msnm y su longitud total es de 284.531 Km. aproximadamente. El tramo asignado a estudiar va desde el Km 84+000 hasta el Km 89+000 entre los pueblos de Canchan y Chicicay. (Ver Figuras 1.1 y 1. 2)

Figura 1.1
Ubicación del proyecto



FUENTE: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto-MTC-JULIO 2009

Figura 1.2
Perspectiva del tramo



FUENTE: Google Earth.

Cuadro 1.1
Centros poblados del área de influencia del tramo asignado

ID	Ubicación	Progresiva	Altitud (msnm)
1	Zuñiga	58+405	821
2	San Juan	67+405	928
3	San Jeronimo	73+005	1019
4	Huayllampi	77+105	1125
5	Catahuasi	78+805	1206
6	Canchan	83+345	1260
7	Chichicay	93+915	1553
8	Capillucas	96+445	1581

FUENTE: Oficina General de Planeamiento y Presupuesto-MTC-JULIO 2009

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El tramo asignado de la carretera comprende del Km 84+000 al Km 89+000 y actualmente la estructura está conformada por afirmado de 0.1 m de espesor, 0.05 m de base estabilizada con emulsión y 10 mm de TSM colocados sobre terreno natural nivelado, tal como se indica en el Cuadro 1.2 y la Figura 1.3.

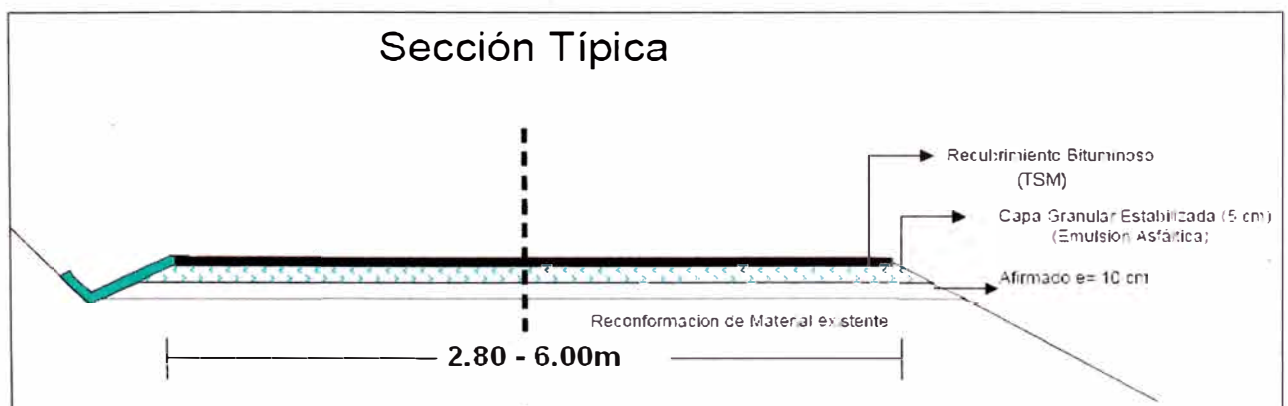
Entre los principales problemas del tramo se encuentran: diseño geométrico deficiente, tortuosidad elevada, sección inadecuada para el paso de camiones pesados, problemas de drenaje deficiente debido principalmente a su cercanía al río, puente Matica con tablero deteriorado, superficie de rodadura con problemas de exudación, falta de señalización o señalización deficiente, algunos taludes erosionados y/o inestables.

Cuadro 1.2
Estado actual de la carretera

TRAMO PRINCIPAL	TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	LONGITUD (km)
Lunahuaná - Pacarán	TSB	11.91
Pacarán - Zúñiga	TSB	3.74
Zúñiga- Dv. Yauyos	Afirmado + Base estabilizada +TSM	70.4

FUENTE: Elaboración propia.

Figura 1.3
Estructura existente del tramo de vía



FUENTE: MTC.- Términos de Referencia del Contrato de Conservación Vial por niveles de servicio de la Carretera Cañete – Chupaca.

Del trabajo de campo en el tramo asignado, se ha encontrado que el principal problema existente es la exudación del asfalto del Monocapa colocado, lo que puede ocasionar accidentes y el deterioro prematuro de la vía, adicionalmente el sistema de drenaje es deficiente en gran parte de tramo que a su vez presenta anchos de plataforma muy reducidos, curvas con radios menores que el mínimo establecido y pendientes que llegan al 9%.

El ancho promedio de la vía varía entre 2.8 y 6.00 m.

Las estructuras de drenaje longitudinal como canales y cunetas, en su mayoría de tierra, requieren ser reemplazadas.

No presenta señalización horizontal en el eje central pero si en los laterales y algunos postes delineadores provisionales.

La señalización vertical lo constituyen algunas señales preventivas, reglamentarias e informativas y los postes kilométricos en su mayoría en mal estado de conservación o no existen.

Análisis de la Demanda:

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). Para cada tramo de la carretera, el Cuadro 1.3 muestra los IMD por sectores de carretera y el Cuadro 1.4 los IMD al 2005

Cuadro 1.3
IMD por sectores de carretera

Tramo		Ruta	IMD
Inicio	Fin		
CAÑETE	LUNAHUANÁ	R-022	713
LUNAHUANÁ	PACARÁN	R-022	331
PACARÁN	ZUÑIGA	R-022	97
ZUÑIGA	DV. YAUYOS		
DV. YAUYOS	CHUPACA	R-022	21
CHUPACA	HUANCAYO	R-022	344

FUENTE: Estudio de Pre-inversión a nivel de Factibilidad del Proyecto: "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca."

Cuadro 1.4.

Tráfico al año 2005, Zúñiga - Dv. Yauyos

VEHICULO	IMD	%
AUTOS	1	25.71%
CAMIONETAS	7	
CAMIONETA RURAL	1	
MICRO	0	
OMNIBUS 2E	13	74.29%
OMNIBUS 3E	0	
CAMION 2E	7	
CAMION 3E/4E	5	
ARTICULADOS	1	
TOTAL	35	100.00%

Alternativas de Solución:

Alternativa 1

Mejoramiento del drenaje (construcción y mantenimiento de cunetas, reemplazo de alcantarillas por otras de mejor sección y construcción de nuevas alcantarillas), reforzamiento taludes erosionados o inestables, mantenimiento del tablero del puente Matica, señalización en zonas problema, aplicación de un nuevo TSM y actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

Alternativa 2

Mejoramiento del drenaje (construcción y mantenimiento de cunetas, reemplazo de alcantarillas por otras de mejor sección y construcción de nuevas alcantarillas), construcción de muro de concreto ciclópeo en taludes erosionados o inestables, reemplazo total del tablero del puente Matica, señalización en zonas problema y colocación de TSB. Incluye programa de actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

Alternativa 3

Mejoramiento del drenaje (construcción y mantenimiento de cunetas, reemplazo de alcantarillas por otras de mejor sección y construcción de nuevas alcantarillas), construcción de muro de concreto ciclópeo en taludes erosionados o inestables, reemplazo total del tablero del puente Matica, señalización en zonas problema y colocación de carpeta asfáltica. Incluye programa de actividades de mantenimiento periódico y rutinario.

Costos:

Para el presente perfil los costos de 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. El resumen de los costos de inversión para cada alternativa esta descrito en el Cuadro 1.5 y los costos de operación vehicular se muestran en el Cuadro 1.6.

Cuadro 1.5
Costos de inversión y mantenimiento

(en miles de dólares)

	Alternativa N° 1	Alternativa N° 2	Alternativa N° 3	Situación Inicial Optimizada
Costo de Construcción	987.50	1,422.00	1,580.00	
Mantenimiento	33.75	27.00	24.38	52.50

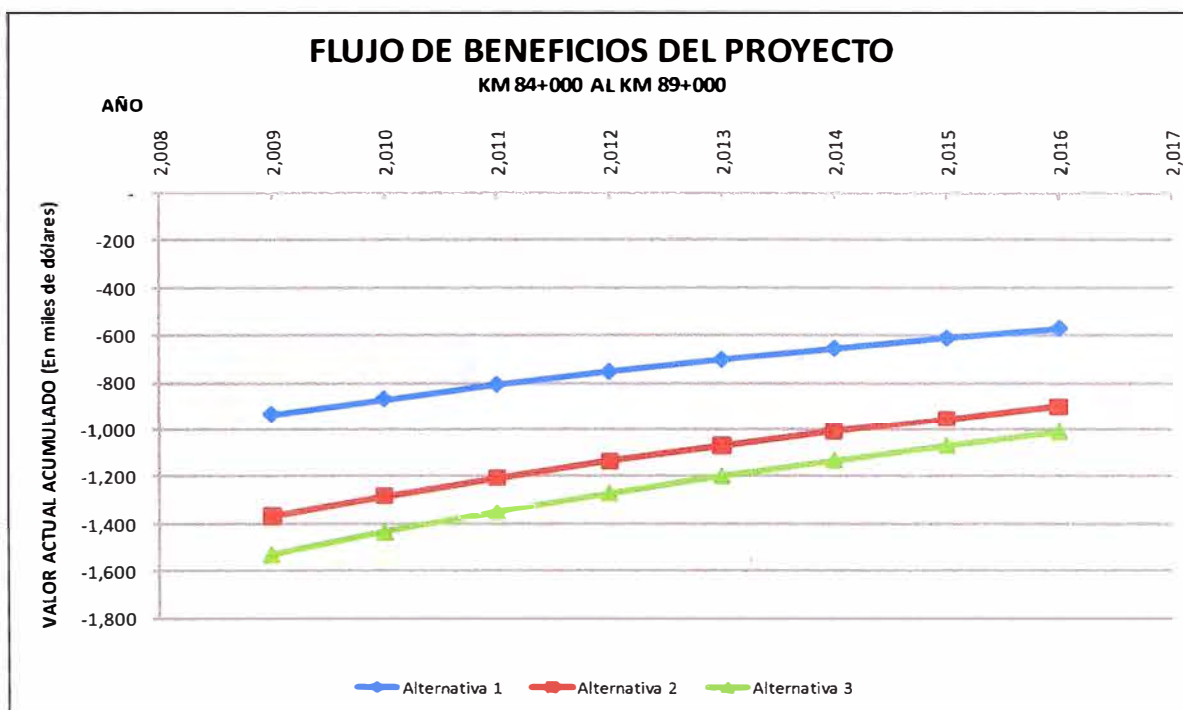
Cuadro 1.6
Costos de operación vehicular

(en dólares por vehículo por Km.)

Tipo de Vehículo	Sin Proyecto	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Tramo Desvío
		Con Proyecto TSM	Con Proyecto TSB	Con Proyecto Asfaltado	Carretera Central
AUTOS	0.53	0.27	0.26	0.24	0.27
CAMIONETAS	0.70	0.50	0.37	0.36	0.50
CAMIONETA RURAL	0.70	0.50	0.37	0.36	0.50
MICRO	1.09	0.63	0.58	0.53	0.63
OMNIBUS 2E	1.09	0.63	0.58	0.53	0.63
OMNIBUS 3E	1.48	1.06	0.80	0.77	1.06
CAMION 2E	2.49	1.32	1.02	0.87	1.32
CAMION 3E/4E	2.95	1.77	1.38	1.21	1.77
ARTICULADOS	3.29	2.21	1.71	1.58	2.21

Figura 1.4

Flujo de beneficios del proyecto



Conclusiones:

- De la evaluación económica del proyecto concluimos que ninguna de las alternativas analizadas es viable comparando con la situación actual, debido al bajo IMD que presentan, pero se considera que el proyecto es viable debido a que es una manera de incentivar el uso de la vía para poder aumentar la demanda de la vía y hacer inversiones más grandes en el futuro.
- La alternativa seleccionada incluye mejoramiento de drenaje, reforzamiento de taludes, mantenimiento de las estructuras existentes y aplicación de tratamiento superficial monocapa de 10 mm.
- Una alternativa para incrementar el IMD puede ser mejorar el diseño geométrico de la vía, logrando que el uso de la vía sea más cómodo para los transportistas y pasajeros, con lo cual se generaría una mayor demanda por el uso de la vía.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. NORMATIVIDAD

Las bases para la elaboración del presente informe se encuentran en los términos de referencia del Curso Taller “Monitoreo de Cambio de Estándar de la Carretera Cañete-Yauyos-Huancayo”.

Las consideraciones técnicas han sido desarrolladas según lo recomendado en:

- Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MTC, 2008).
- Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MTC, 2008).

Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras de bajo volumen de tránsito, (MTC, 2007).

2.2. MÉTODO DE ANÁLISIS

Se desarrolló el estudio mediante la siguiente metodología:

2.2.1. Recopilación de información

Con la cual se determinó las características del tramo en estudio, ubicación, clima, IMDs, problemática general, etc. en base a:

- Informe de conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete–Lunahuaná–Pacarán–Chupaca y rehabilitación del tramo Zúñiga-Dv. Yauyos – Ronchas desarrollado por CGC
- Estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto: “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuaná-Dv. Yauyos-Chupaca desarrollado por Provias Nacional.
- Cartas Geográfica y Geológica del IGN, Tupe (1745) 26-I.
- Precipitaciones pluviométricas de la estación Pacarán del SENAMHI.
- Informes de suficiencia de estudios realizados cercanos a la área asignada.

2.2.2. Trabajo de campo

Desarrollado el 5 de setiembre, es sin duda el que define con claridad la problemática específica del tramo asignado, la información recopilada se complementa con una inspección visual y encuesta a pobladores que da una mejor idea del comportamiento del entorno sobre el sistema de drenaje, sus deficiencias y fortalezas, tipo y ubicación de posibles estructuras y las soluciones más aplicables.

2.2.3. Trabajo de gabinete

Finalmente toda esta información se procesó y analizó elaborándose el perfil del proyecto, las alternativas de solución y eligiéndose la mejor de ellas para su desarrollo en el presente informe. Para este fin se determinó que se debe realizar una verificación, en base a los datos hidrológicos, del sistema de drenaje actual y luego proponer las actividades a desarrollar para su mejoramiento y los procedimientos de conservación en el tiempo.

2.3. MÉTODOS DE DISEÑO

Se emplearan los métodos descritos en los manuales del MTC mencionados anteriormente, asimismo estos manuales permiten el uso de otros métodos conocidos, que son los que también se usarán para la verificación del diseño de las obras de drenaje superficial, así tenemos los métodos para el análisis hidráulico e hidrológico y los métodos para la conservación del sistema de drenaje diseñado.

2.3.1. Metodología para el diseño hidráulico

Para diseñar las estructuras de drenaje se necesitan como datos los caudales que serán captados, conducidos y evacuados por estas estructuras. Para calcularlos se emplearán los métodos hidrológicos que permiten determinar el caudal de diseño apoyado en las característica de la cuenca, el tipo de suelo y la tormenta de diseño. La metodología a seguir será la siguiente:

- Determinación de los parámetros fisiográficos del área de aporte.
- Análisis de precipitaciones máximas en 24 horas
- Cálculo de los caudales de diseño
- Diseño hidráulico de las estructuras

Los parámetros fisiográficos son el resultado del análisis de la información cartográfica y de la visita de campo, estos datos son necesarios para determinar el tiempo de concentración.

Tiempo de concentración

Es el tiempo que dura el viaje de una gota de agua desde el punto más alejado de la cuenca hasta la sección de estudio.

Entre las expresiones más empleadas para el cálculo de este tiempo se tienen:

Fórmula de Kirpich:

$$T_c = 0.06628 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Fórmula del US Corps of Engineers:

$$T_c = 0.3 \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Fórmula de Bransby-Williams:

$$T_c = 0.2433LA^{-0.1} \frac{1}{S^{0.2}}$$

Donde:

T_c : Tiempo de concentración (horas)

L : Longitud del cauce (Km)

S : Pendiente del cauce (m/m)

Para el análisis de precipitaciones máximas se requiere de un procedimiento estadístico y probabilístico que dará como resultado el cálculo de los caudales de diseño, base para el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje longitudinal y transversal para un tiempo de retorno dado.

Periodo de retorno

El periodo de retorno es el tiempo para el cual se proyecta un drenaje superficial durante el cual existe la probabilidad de que su caudal de diseño sea igualado o superado al menos una vez.

El Manual de diseño de carreteras de bajo volumen de tránsito recomienda algunos valores de períodos de retorno para el sistema de drenaje indicados en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1
Períodos de retorno

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

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

Análisis de precipitaciones máximas en 24 horas

Ubicadas las estaciones pluviométricas cuyos datos influyen en el flujo superficial de la cuenca estudiada, se analiza la distribución de frecuencias de precipitaciones para hallar una ecuación que permita calcular la precipitación máxima en 24 horas para un período de retorno dado. Entre los modelos de mayor aceptación mediante los cuales se efectúa el análisis son:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal
- Distribución Gumbel
- Distribución Pearson III

Los datos de precipitaciones se pueden o no ajustar a estas distribuciones, para encontrar la distribución teórica a la cual se ajustan con mejor precisión los datos históricos se debe realizar una prueba de bondad de ajuste. Entre los métodos de ajuste más conocidos se tiene:

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

Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Definida la mejor distribución para los datos de precipitación máxima en 24 horas se elaboran en base a la metodología de Dick y Peschke las curvas IDF, con la finalidad obtener a través de este modelo analítico (Aparicio, 1992) una ecuación que relacione la intensidad, el período de retorno y el tiempo de concentración, esta ecuación es válida sólo para la estación pluviométrica dada (cada estación tiene su propia ecuación característica).

La metodología de Dick y Peschke establece la siguiente ecuación:

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

Donde:

P_D : Precipitación para una tormenta de duración D (mm)

P_{24h} : Precipitación máxima en 24 horas para un periodo de retorno

D : Duración de la tormenta (min)

Con esta ecuación se tabulan para diferentes valores de D y para diferentes periodos de retorno las curvas IDF.

El modelo de regresión lineal múltiple se expresa por:

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

Que resulta de aplicar logaritmos a la ecuación inicial que es de la forma:

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

Donde:

I : Intensidad de la precipitación (mm/h)

T_r : Periodo de retorno (años)

D : Duración (horas)

k, m, n : Constantes que resultan del análisis de regresión lineal múltiple

La intensidad que se determine servirá para el cálculo del caudal de diseño de acuerdo al método aplicable para cuencas pequeñas conocido como método racional.

Método racional

Es un método ampliamente usado en cuencas pequeñas, que son aquellas cuencas menores a 2.5 km² (Ven Te Chow, 1994).

La idea del método es si una lluvia con intensidad I empieza en forma instantánea y continúa en forma indefinida, la tasa de escorrentía continuará hasta que se llegue al tiempo de concentración T_c , en la cual toda la cuenca está contribuyendo al flujo de salida. La ecuación del método racional es:

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

Donde:

Q : Caudal de diseño (m³/s)

C : Coeficiente de escorrentía (ver Cuadro 2.2)

I : Intensidad de la precipitación máxima (mm/h)

A : Área (Km²)

Cuadro 2.2
Coeficiente de escorrentía C

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PENDIENTE PROMEDIO DEL CAUCE PRINCIPAL	TIPO	PERIODOS DE RETORNO						
			2	5	10	25	50	100	500
AREAS DESARROLLADAS									
ASFALTICO	-		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
AREAS NO DESARROLLADAS									
ÁREAS DE CULTIVO	0-2%	1	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
	2-7%	2	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
	> 7%	3	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
PASTIZALES	0-2%	4	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
	2-7%	5	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
	> 7%	6	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
BOSQUES	0-2%	7	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
	2-7%	8	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
	> 7%	9	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, 1994.

Método de Manning

Con el caudal de diseño determinado el siguiente paso es diseñar la sección hidráulica de las estructuras de drenaje. Para este fin empleamos la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q : Caudal de diseño (m³/s)

A : Área hidráulica (m²)

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente (m/m)

n : Coeficiente de rugosidad de Manning (ver Cuadro 2.3)

Cuadro 2.3
Coeficiente de rugosidad n de Manning

SUPERFICIE	n
Superficie metálica, corrugada	0,025
Mortero de cemento	0,013
Concreto liso	0,013
Concreto bien acabado, usado	0,014
Concreto frotachado	0,015
Concreto sin terminar	0,017
Superficie asfáltica lisa	0,016
Tierra, limpia, sección nueva	0,018
Tierra, limpia, sección antigua	0,022
Tierra gravosa	0,025
Tierra, con poca vegetación	0,027
Tierra, con vegetación	0,035
Tierra, con piedras	0,035
Tierra, con pedrones	0,040
Para secciones circulares (trabajando como canal)	
Metal, liso	0,010
Acero soldado	0,012
Acero riveteado	0,016
Fierro fundido	0,013 – 0,014
Cemento	0,011 – 0,013

FUENTE: Hidráulica de Tuberías y Canales, Arturo Rocha, 2007.

Velocidad mínima de sedimentación

Las partículas en suspensión que son conducidas por el agua puede sedimentarse si la velocidad del flujo es menor a una velocidad límite, esta velocidad fue estudiada por Robert G. Kennedy (Rosell, 1993), su expresión es:

$$U = \beta \cdot h^{0.64}$$

Donde:

U : Velocidad media límite, que no produce deposición (m/s)

β : Coeficiente que depende del material en suspensión (ver Cuadro 2.4)

h : Altura de agua (m)

Cuadro 2.4
Coeficiente de sedimentación β

Material transportado	Valores
Arcilla muy fina	0.53
Arena muy fina	0.58
Barro arenoso	0.54
Arcilla gruesa	0.70

FUENTE: *Irigración, Arturo Rosell Calderón, 1993.*

Velocidad máxima de erosión

Según del tipo de material de revestimiento de las estructuras de conducción se tienen velocidades máximas para evitar su erosión (ver Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5
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 *

FUENTE: *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, MTC, 2008.*

2.3.2. Metodología para la conservación de las obras

En el país la agreste morfología del terreno, las condiciones inclementes que impone el ambiente natural, y, las actividades antropológicas inadecuadas sobre la carretera afectan su conservación.

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.

Obra de conservación rutinaria

Son las actividades que se ejecutan para conservar la calzada, el sistema de drenaje, área lateral, la señalización y las obras de arte. Son de carácter preventivo y se ejecutan durante todo el año, se programan en función de prioridades, estacionalidad y características de la carretera.

Obra de conservación periódica

La obra de conservación periódica es la actividad que se ejecuta sólo para reconformar y restablecer las características técnicas de la superficie de rodadura. La actividad se repite en periodos de más de un año, según el efecto del tránsito.

Obra de conservación puntual

Aplicable a la conservación de explanaciones, drenaje, cauces, estructuras y señalización.

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 estudio o diseño específico justificatorio de la correspondiente asignación presupuestal y el expediente técnico.

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.

Normas de cantidad

Se refiere a las cantidades de trabajo que se requieren realizar en un año para las obras de conservación, actualmente se tiene información de las normas de cantidad basadas principalmente en:

- Normas previas desarrolladas por el MTC.
- Juicio de ingenieros especialistas con experiencia previa en trabajos de conservación vial.
- La experiencia de otros países podría ser útil si la fuente ha sido sistematizada.

Así como la conservación vial es un proceso dinámico, igualmente lo deben ser las normas de cantidad. En consecuencia son susceptibles de reajustar, adecuándolas a las condiciones y tipos de carreteras, así como a las nuevas metodologías de trabajo empleadas.

Niveles de intervención

Los niveles de intervención resultantes de la ejecución del presupuesto anual para cada actividad de conservación, están referidos a:

- a) Condición: Definida por los deterioros, o estado de los diferentes elementos de la carretera. Los niveles de condición son: Muy bueno, Bueno, Regular, Malo y Muy malo.
- b) Ubicación: Definida por la ubicación geográfica: Costa, Sierra y Selva.
- c) Volumen de tránsito: Su aplicación está en función del IMD:
 - Nivel de Intervención 0: clase 0, con IMD igual o menor a 15 vehículos por día.
 - Nivel de Intervención 1: clase 1, con IMD entre 16 y 50 vehículos día.
 - Nivel de Intervención 2: clase 2, con IMD entre 51 y 100 vehículos día.
 - Nivel de Intervención 3: clase 3, con IMD entre 101 y 200 vehículos día.
 - Nivel de Intervención 4: clase 4, con IMD mayor a 200 vehículos día.

Al igual que las normas de cantidad se pueden variar los niveles de intervención de una clase de carretera a otra si son justificados los requerimientos.

En el Cuadro 2.6 y Cuadro 2.7 se muestra las normas de cantidad con los niveles de intervención de acuerdo a cada actividad para un sistema de drenaje con alcantarillas y cunetas.

Cuadro 2.6

Normas de cantidad - Obras de conservación rutinaria

CÓDIGO	ACTIVIDAD	CARRETERA							UNIDAD DE MEDIDA
		CONDICION	UBICACIÓN	NIVELES DE INTERVENCION					
				0	1	2	3	4	
141.0	Limpieza de cunetas no revestidas		Costa	25	50	100	150	200	m/km cuneta
			Sierra	50	100	250	400	500	m/km cuneta
			Selva	50	100	250	400	500	m/km cuneta
142.0	Limpieza de cunetas revestidas		Costa	10	30	50	70	100	m/km cuneta
			Sierra	20	60	100	150	200	m/km cuneta
			Selva	20	60	100	150	200	m/km cuneta
146.0	Reperfilado de cunetas no revestidas	Muy bueno	Todo	0	0	0	0	0	m/m cuneta
		Bueno		0.1	0.2	0.5	0.8	1	m/m cuneta
		Regular		0.5	1	2	2.5	3	m/m cuneta
		Malo		1	2	3	3.5	4	m/m cuneta
		Pésimo		1.5	3	4	4.5	5	m/m cuneta
147.0	Reparación de cunetas revestidas		Costa	1	3	5	7	10	m/km cuneta
			Sierra	2	6	10	15	20	m/km cuneta
			Selva	2	6	10	15	20	m/km cuneta
151.0	Limpieza de alcantarillas metálicas incluyendo cabezales		Todo	0.02	0.1	0.2	0.25	0.3	alcantarilla / alcantarilla
152.0	Limpieza de alcantarillas de concreto y/o mampostería incluyendo cabezales		Todo	0.02	0.1	0.2	0.25	0.3	alcantarilla / alcantarilla

FUENTE: Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, MTC, 2008.

Cuadro 2.7

Normas de cantidad - Obras de conservación puntual, recuperación obra existente, deteriorada o perdida

CÓDIGO	ACTIVIDAD	CARRETERA						UNIDAD DE MEDIDA
		UBICACIÓN	NIVELES DE INTERVENCION					
			0	1	2	3	4	
351.0	Recuperación total o parcial de alcantarillas metálicas incluyendo cabezal	Todo	0.05	0.05	0.1	0.15	0.2	m/m alcantarilla
352.0	Recuperación total o parcial de alcantarillas de concreto y/o mampostería incluyendo cabezal	Todo	0	0.05	0.1	0.1	0.1	m/m alcantarilla

FUENTE: Manual de conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, MTC, 2008.

Estos valores son solo referenciales, sin embargo se deberán considerar valores de cantidades en base a las características del tramo en estudio, como el clima, la altitud, las referencias de los pobladores de la zona, la experiencia de ingenieros, etc. además del hecho de tener un tratamiento superficial le da un comportamiento a la superficie de rodadura, y a la estructura en su conjunto, diferente al de un afirmado.

Los valores que se estimen deberán luego ser reevaluados en campo, para ello es necesario realizar labores de monitoreo permanente para registrar las actividades que han sido necesarias realizar en el tiempo y de esa forma se tendrá una mejor aproximación de las labores que serán necesarias en los próximos años.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN Y DISEÑO DEL DRENAJE SUPERFICIAL

3.1. DIAGNÓSTICO

De acuerdo al reconocimiento realizado en el trabajo de campo del día 05 de setiembre del 2009, en el tramo del Km. 84+000 al Km. 89+000 se tienen 25 obras de drenaje transversal conformados por 24 alcantarillas y 1 puente, los cuales se encuentran inventariados en el Cuadro 3.1 y Cuadro 3.2.

Todas las alcantarillas son artesanales construidas con piedra y madera, el estado en general es bueno, presentando 1 de ellas daño de tipo estructural debido a que no ha soportado al paso de vehículos de gran carga. En cuanto a la funcionalidad es regular debido a la poca sección que presentan se obstruyen con hojas, arbustos y basura por lo que se recomienda mantenimiento constante.

El Puente Matica se encuentra en el Km. 85+377, ha sido cimentado sobre roca la cual es una buena protección al paso del agua del río Cañete y no presenta problemas para grandes volúmenes de agua. El día de la visita tenía un gálibo de 5 m, sólo presenta daños menores producto del uso y el paso del tiempo pero que no han afectado su condición estructural.

En cuanto al drenaje longitudinal se observó que no existen cunetas, por lo que el flujo superficial tiene trayectorias que siguen los puntos bajos, llegando a producir estancamientos de agua en algunos casos, solo al ingreso de las alcantarillas hay cierta conformación del ingreso para captar el flujo cercano.

Existe un canal de regadío cuya influencia en la vía está entre el Km. 86+160 y Km. 86+360 que necesita ser revestido para evitar que la filtración de agua dañe la vía, tal como se apreció en la inspección visual, asimismo hay obstrucciones puntuales en la ruta de las cunetas, estos datos se muestran en el Cuadro 3.3.

Además de ello se encontró que la pendiente longitudinal es variable a lo largo de todo el tramo, llegándose a considerar para efectos del presente informe las pendientes promedio indicadas en el Cuadro 3.4.

La carretera se desarrolla mayoritariamente a media ladera y presenta anchos variables entre 2.8 y 6 m por lo que se considerará para efectos del cálculo posteriores que las alcantarillas tienen un ancho promedio de 4.5 m.

Cuadro 3.1
Inventario de alcantarillas

UBICACIÓN	SENTIDO DEL FLUJO	ANCHO	ALTO	CONDICION	
				ESTRUCTURAL	FUNCIONAMIENTO
84+054	D → I	0.60	0.40	BUENA	BUENA
84+195	D → I	0.25	0.30	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
84+292	D → I	0.30	0.40	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
84+297	D → I	0.10	0.20	BUENA	BUENA
84+358	D → I	0.30	0.20	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
84+362	D → I	0.30	0.20	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
84+588	D → I	0.30	0.20	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
84+650	D → I	0.30	0.10	BUENA	BUENA
84+830	D → I	0.30	0.15	BUENA	BUENA
84+912	D → I	0.30	0.20	BUENA	BUENA
84+972	D → I	0.30	0.10	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
84+990	D → I	0.30	0.15	BUENA	BUENA
85+025	D → I	0.20	0.15	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
85+078	D → I	0.20	0.10	BUENA	BUENA
85+118	D → I	0.20	0.10	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
85+156	D → I	0.20	0.10	BUENA	BUENA
85+654	I → D	0.30	0.20	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
86+360	D → I	0.40	0.50	BUENA	BUENA
87+156	I → D	0.20	0.10	BUENA	BUENA
88+173	I → D	0.20	0.15	BUENA	BUENA
88+267	I → D	0.20	0.15	BUENA	BUENA
88+454	I → D	0.40	0.40	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
88+665	I → D	0.50	0.50	DAÑO PARCIAL	OBSTRUCCIÓN PARCIAL
88+965	I → D	0.40	0.40	BUENA	OBSTRUCCIÓN PARCIAL

D → I: Derecha a izquierda, I → D: Izquierda a derecha

Cuadro 3.2
Inventario de puentes

UBICACIÓN	DESCRIPCION	LARGO m	ANCHO m	CONDICION	
				ESTRUCTURAL	FUNCIONAMIENTO
85+377	PUENTE MATICA	17	3.6	DAÑOS MINIMOS	BUENA

Cuadro 3.3
Problemas puntuales

UBICACIÓN	LADO DE LA VIA	DESCRIPCION	LONGITUD m	ACCION CORRECTIVA
84+310 – 84+317	DERECHO	TRAMO DE ROCA EN CUNETETA	7.00	PICAR Y EXCAVAR
84+340 – 84+354	DERECHO	TRAMO DE ROCA EN CUNETETA	14.00	PICAR Y EXCAVAR
84+380 – 84+388	DERECHO	TRAMO DE ROCA EN CUNETETA	8.00	PICAR Y EXCAVAR
84+920 – 84+928	DERECHO	TRAMO DE ROCA EN CUNETETA	8.00	PICAR Y EXCAVAR
86+360 + 86+160	IZQUIERDO	CANAL REGADIO SIN REVESTIR	200.00	REVESTIR
86+710 – 86+700	IZQUIERDO	TRAMO DE ROCA EN CUNETETA	10.00	PICAR Y EXCAVAR
88+444 – 88+440	IZQUIERDO	TRAMO DE ROCA EN CUNETETA	4.00	PICAR Y EXCAVAR

Cuadro 3.4
Pendientes longitudinales

TRAMO	PENDIENTE
84+000 - 84+685	+ 6%
84+685 - 85+200	- 6%
85+200 - 89+000	+ 4%

Se recomienda reformular el plan de mantenimiento así como reforestar en la ruta de la carretera donde se encuentren laderas de cerro para disminuir la velocidad del flujo superficial y los materiales de arrastre que pueda obstruir las cunetas y alcantarillas.

Es necesario realizar un análisis hidrológico para determinar el escurrimiento superficial y verificar si las dimensiones de las obras de drenaje actuales son suficientes para permitir una buena captación, transporte y evacuación del agua superficial.

A continuación se muestran algunas fotografías representativas del tramo en estudio y de las estructuras explicadas anteriormente.

Figura 3.1
Alcantarilla parcialmente obstruida – Km. 84+195



Figura 3.2
Puente Matica – Km. 85+377



Figura 3.3
Estancamiento de agua – Km. 86+160



Figura 3.4
Canal de riego - Km. 86+160 - 86+360



Figura 3.5
Cuneta obstruida por una roca - Km. 88+440



Figura 3.6
Cuneta obstruida, recorrido del agua - Km. 88+440



Figura 3.7
Alcantarilla con falla estructural – Km. 88+665



Dimensiones: 0.50m x 0.50m

3.2. ANÁLISIS

El análisis consiste en evaluar la información recopilada e ir determinando los parámetros básicos previos al diseño del sistema de drenaje.

3.2.1. Información básica

Información cartográfica y topográfica

Se utilizó la siguiente información.

- Carta Geográfica y Geológica Tupe Hoja 26-I a escala 1:100 000, elaborado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Planos topográficos tomados del estudio a nivel de factibilidad del Proyecto: "Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuaná – Dv. Yauyos – Chupaca".

Información pluviométrica

Para el presente estudio se ha utilizado la información de precipitaciones máximas en 24 horas adquiridas del Senamhi, para lo cual se ha buscado las estaciones pluviométricas más cercanas a la zona en estudio (ver Cuadro 3.5).

Cuadro 3.5
Estaciones pluviométricas

Estación	Altitud m.s.n.m.	Diferencia altitudinal con el tramo (m)	Ubicación		Número de años	Periodo de Registro
			Latitud	Longitud		
Colonia	3379	2039	12°27' S	75° 49' W	30	1968 – 1987
Huangascar	2556	1216	12°54' S	75° 50' W	30	1968 – 1971 1973 – 1977 1979 – 1994 1996 – 2000
Pacarán	721	619	12°51' S	76° 03' W	20	1987 – 2003 2006 – 2008

FUENTE: SENAMHI

La altura promedio del tramo es de 1340 m, luego se observa que la estación más cercana tanto altitudinalmente como espacialmente (ver Anexo AH: Análisis Hidrológico, Figura AH-1) es la estación Pacarán, además de acuerdo a la información de campo se determinó que la zona tiene precipitaciones de baja intensidad, por lo que se elige esa estación para el análisis hidrológico.

Información de campo

Con los datos del trabajo de campo se determinó que la zona en su mayoría presenta áreas de cultivo de pendientes entre 2 y 7%, además que la vía se desarrolla mayoritariamente a media ladera.

Luego con las dimensiones de las alcantarillas existentes del inventario realizado se determinó su capacidad máxima de conducción, considerando que trabajarán con un borde libre de 20%, coeficiente de rugosidad de 0.033 y pendiente promedio de 2%, los resultados se presentan en el Cuadro 3.6.

Cuadro 3.6

Capacidad máxima de alcantarillas existentes

UBICACIÓN	SENTIDO DE FLUJO	ANCHO	ALTO	CAUDAL (m ³ /s)	≥ 0.020 m ³ /s
84+054	D → I	0.60	0.40	0.240	OK
84+195	D → I	0.25	0.30	0.050	OK
84+292	D → I	0.30	0.40	0.090	OK
84+297	D → I	0.10	0.20	0.008	-
84+358	D → I	0.30	0.20	0.038	OK
84+362	D → I	0.30	0.20	0.038	OK
84+588	D → I	0.30	0.20	0.038	OK
84+650	D → I	0.30	0.10	0.014	-
84+830	D → I	0.30	0.15	0.026	OK
84+912	D → I	0.30	0.20	0.038	OK
84+972	D → I	0.30	0.10	0.014	-
84+990	D → I	0.30	0.15	0.026	OK
85+025	D → I	0.20	0.15	0.015	-
85+078	D → I	0.20	0.10	0.005	-
85+118	D → I	0.20	0.10	0.005	-
85+156	D → I	0.20	0.10	0.005	-
85+654	I → D	0.30	0.20	0.038	OK
86+360	D → I	0.40	0.50	0.180	OK
87+156	I → D	0.20	0.10	0.009	-
88+173	I → D	0.20	0.15	0.015	-
88+267	I → D	0.20	0.15	0.015	-
88+454	I → D	0.40	0.40	0.140	OK
88+665	I → D	0.50	0.50	0.250	OK
88+965	I → D	0.40	0.40	0.140	OK

D → I: Derecha a izquierda, I → D: Izquierda a derecha

3.2.2. Parámetros de diseño y análisis

Consideraciones generales para el diseño

Durante el desarrollo del curso “Monitoreo de serviciabilidad de la carretera Cañete - Yauyos” para el desarrollo del informe de suficiencia se establece que:

- El proyecto tiene una vida útil de 7 años.
- Deben efectuarse inversiones mínimas para garantizar la serviciabilidad de la vía en ese periodo.

Por lo tanto debe optimizarse los diseños proponiendo soluciones que satisfagan técnica y económicamente esas condiciones.

Parámetros fisiográficos

Para las cunetas del tramo, se definió en base al reconocimiento de campo el área de aporte que discurre sus aguas hacia la carretera considerándose un ancho de 200 m. Luego para el tramo de pendiente 6% se observa que la mayor distancia entre alcantarillas con capacidad suficiente es de 230 metros, por lo que se tienen los parámetros del área de aporte mostrados en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7
Parámetros fisiográficos, $L = 0.23$ Km, $S = 6\%$

Longitud de cauce (Km.)	0.23
Área de aporte (Km ² .)	0.046
Pendiente cauce principal (m/m)	0.06

Luego, dada las características topográficas del terreno, en el tramo de pendiente 4%, se observó que la distancia para proyectar las alcantarillas puede prolongarse a una distancia de 350 m. El resumen de los parámetros, según lo explicado, se muestra en el Cuadro 3.8:

Cuadro 3.8
Parámetros fisiográficos, $L = 0.35$ Km, $S = 4\%$

Longitud de cauce (Km.)	0.35
Área de aporte (Km ² .)	0.070
Pendiente cauce principal (m/m)	0.04

Análisis de precipitaciones

Para el análisis de las distribuciones de frecuencia se emplearon los métodos:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal
- Distribución Gumbel
- Distribución Pearson III

Para determinar cuál se ajusta mejor a los datos de precipitación se realizó la prueba de bondad de ajuste mediante el método de Kolmogorov-Smirnov y dio como resultado a la distribución Gumbel. Los resultados del análisis se muestran en el Anexo AH: Análisis Hidrológico.

Los valores de la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno se muestran en el Cuadro 3.9.

Cuadro 3.9
Valores de P_{24h} probables (mm)

Estación	Distribución de mejor ajuste	Periodos de retorno (años)					
		2	5	10	25	50	100
Pacarán	Gumbel	3.9	6.2	7.7	9.6	11	12.3

A continuación se graficaron las curvas IDF, según la metodología expuesta en el Capítulo II llegándose a determinar mediante un análisis de regresión múltiple la ecuación para la estación Pacarán:

$$I = \frac{10^{1.658} T^{0.201}}{D^{0.75}}$$

Donde:

I : Intensidad de la precipitación (mm/hr)

T : Periodo de retorno (años)

D : Duración de la lluvia (minutos)

Establecidos en los términos de referencia para el desarrollo del informe de suficiencia que el proyecto tiene una vida útil de 7 años, se considera este periodo como el de diseño. La intensidad de diseño será cuando la duración de la lluvia D sea igual a la del tiempo de concentración.

Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se calculó con los métodos de Kirpich, Corps of Engineers y Bransby – Williams cuyo resumen se muestra en el Cuadro 3.10.

Cuadro 3.10
Tiempo de concentración

L (Km)	Pendiente del cauce principal	Kirpich	Corps of Engineers	Bransby – Williams	T_c promedio (horas)	T_c promedio (minutos)
0.23	0.06	0.063	0.168	0.134	0.151	9.04
0.35	0.04	0.102	0.249	0.211	0.230	13.82

Debido a las condiciones del tramo en estudio, el tiempo de concentración no puede ser muy corto como el obtenido por el método de Kirpich, por lo que se considera como más probables los valores obtenidos por los otros métodos y se toma el valor promedio.

Luego con los datos de periodo de retorno de 7 años y el tiempo de concentración se puede calcular la intensidad, con la fórmula deducida de las curvas IDF, y así calcular los caudales de diseño mediante el método racional.

3.3. DISEÑO

Se calcula el caudal de diseño para el tramo de pendiente 6% con longitud de aporte de 0.23 Km y para el tramo de pendiente de 4% con longitud de aporte de 0.35 Km, los resultados se muestran en los Cuadros 3.11 y 3.12:

Cuadro 3.11
Caudales de diseño - $T_r = 7$ años, $L = 0.23$, $S = 6\%$

Parámetros fisiográficos				Cálculo del caudal			
Zona de aporte	Area (Km ²)	Long. de cauce (Km)	Pendiente prom. "S" (m/m)	Duración de lluvia (min)	I (mm/h)	C	Caudal de diseño (m ³ /s)
AT	0.046	0.23	0.06	9.04	12.9	0.39	0.065
AP	0.0005	0.23			12.9	0.81	0.001
							0.066

AT: Aporte del terreno, AP: Aporte del pavimento

Cuadro 3.12

Caudales de diseño - $T_r = 7$ años, $L = 0.35$, $S=4\%$

Parámetros fisiográficos				Cálculo del caudal			
Zona de aporte	Area (Km ²)	Long. de cauce (Km)	Pendiente prom. "S" (m/m)	Duración de lluvia (min)	I (mm/hr)	C	Caudal de diseño (m ³ /s)
AT	0.070	0.35	0.04	13.82	9.39	0.39	0.071
AP	0.0008	0.35			9.39	0.81	0.002
							0.073

AT: Aporte del terreno, AP: Aporte del pavimento

Luego con estos caudales calculados se procede al diseño del drenaje longitudinal y transversal.

3.3.1. Diseño del drenaje longitudinal

Se está considerando que el desarrollo de las cunetas será a un lado de la vía por ser el tramo a media ladera.

Con la finalidad de facilitar el ingreso del agua que llega a la superficie de rodadura hacia las cunetas y así evitar la formación de charcos sobre el pavimento, se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 2.5% en el sentido transversal de la plataforma. En el caso del tramo de carretera asignado se consideran pendientes promedio de 6% hasta la progresiva Km 85+200 y de 4% hasta la progresiva Km 89+000.

Dado que la pendiente longitudinal es variable la velocidad del flujo longitudinal también es variable determinándose dos tipos de cunetas: no revestidas cuando la velocidad de erosión no supere la permitida para el suelo (1.2-1.5 m/s) que de acuerdo al estudio de mecánica de suelos es un GC, y revestidas cuando la velocidad sea erosiva al tipo de suelo pero menor que la permitida por el material de revestimiento, en este caso concreto (4.5-6 m/s).

Calculado el caudal de diseño determinamos el tirante de agua y velocidad de flujo mediante el empleo del programa H-Canales, que usa la ecuación de Manning, resultados que sirven para determinar las dimensiones de la cuneta y el material de revestimiento.

Primero para el tramo de pendiente 6% considerando cunetas no revestidas:

Cálculo de tirante normal sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: Proyecto:

Tramo: Revestimiento:

Datos:

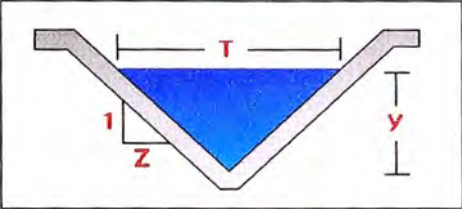
Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m

Perímetro (p): m

Area hidráulica (A): m²

Radio hidráulico (R): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Número de Froude (F):

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Tipo de flujo:

Ingresar el nombre del Proyecto

La velocidad es mayor a la permisible, se reevalúa con cunetas de concreto:

Cálculo de tirante normal sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: Proyecto:

Tramo: Revestimiento:

Datos:

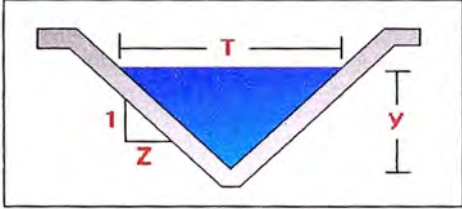
Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m

Perímetro (p): m

Area hidráulica (A): m²

Radio hidráulico (R): m

Espejo de agua (T): m

Velocidad (v): m/s

Número de Froude (F):

Energía específica (E): m-Kg/Kg

Tipo de flujo:

Ingresar el nombre del Proyecto

Con revestimiento de concreto la velocidad es menor a las máximas admisibles, luego con un borde libre de 25% se tiene una cuneta de 0.20m x 0.60m.

Para el tramo de pendiente 4%, se evalúa primero sin revestimiento:

Cálculo de tirante normal sección Trapezoidal, Rectangular, Triangular

Lugar: Yauyos - Lima **Proyecto:** Carretera Cañete-Yauyc

Tramo: 84+000 - 89+000 **Revestimiento:** Tierra

Datos:

Caudal (Q): 0.073 m³/s

Ancho de solera (b): 0 m

Talud (Z): 1.5

Rugosidad (n): 0.024

Pendiente (S): 0.04 m/m

Resultados:

Tirante normal (y): 0.1810 m

Perímetro (p): 0.6525 m

Área hidráulica (A): 0.0491 m²

Radio hidráulico (R): 0.0753 m

Espejo de agua (T): 0.5429 m

Velocidad (v): 1.4859 m/s

Número de Froude (F): 1.5771

Energía específica (E): 0.2935 m-Kg/Kg

Tipo de flujo: Supercrítico

Botones: Ejecutar, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal

Ingresar el nombre del Proyecto

Cumple con la velocidad máxima permisible, entonces el tramo de 4% será sin revestir, luego con un borde libre del 25%, la cuneta sería de 0.25m x 0.75m.

Existe un tramo que merece especial atención, hay un canal de riego que se desarrolla al lado izquierdo de la vía del Km. 86+360 al Km. 86+200 (160 m), luego del cual ingresa gradualmente al terreno aledaño por lo que se plantea revestirlo hasta el Km. 86+160 y evitar las filtraciones de agua hacia la carretera, es necesario evaluar si el canal puede ser empleado como cuneta en ese tramo.

El día de la visita se observó un tirante promedio en el canal de 0.30 m, su ancho 0.40 m, luego considerando un coeficiente de rugosidad de 0.033, pendiente promedio de 0.04, aplicando las fórmulas de Manning el caudal en ese momento era de 0.18 m³/s. Luego recibirá el caudal aportado por el terreno en esos 160 m, que son 0.033 m³/s, lo que hace un total de 0.213 m³/s.

Además de ello según la distribución de alcantarillas el canal recibirá adicionalmente el caudal proveniente de la cuneta del Km. 86+704 al 86+360 que es de 0.073 m³/s, lo que hace un total de 0.286 m³/s. Se plantea preparar el canal para que en el tramo paralelo a la vía pueda transportar este caudal y luego deje pasar el caudal adicional al siguiente tramo de cuneta.

Considerando ahora un revestimiento de mampostería con coeficiente de rugosidad de 0.030, pendiente de 0.04 y ancho de 0.40 m, se tiene que el tirante necesario para 0.286 m³/s es 0.41 m, entonces el canal será de 0.40 m x 0.50 m.

El tirante para los 0.213 m³/s en el canal revestido es: 0.33 m, luego a esa altura se unirá con el fondo de la cuneta (en el Km. 85+200) a modo de una derivación lateral que dejará pasar el caudal adicional (0.073 m³/s) hacia la cuneta y de ahí a la alcantarilla proyectada (Km. 85+160), el caudal aportado por el terreno del Km. 85+200 al Km. 85+160 no es considerado debido a que sería captado por el canal revestido. El resumen del drenaje longitudinal se muestra en el Cuadro 3.13:

Cuadro 3.13
Drenaje longitudinal

INICIO	FIN	LADO	LONGITUD (m)	PENDIENTE PROMEDIO	ENTREGA A
84+054	84+000	DER	54	+ 0.06	TRAMO ANTERIOR
84+195	84+054	DER	141	+ 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+292	84+195	DER	97	+ 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+358	84+292	DER	66	+ 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+362	84+358	DER	4	+ 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+588	84+362	DER	226	+ 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+686	84+588	DER	98	+ 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+686	84+830	DER	144	- 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+830	84+912	DER	82	- 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+912	84+990	DER	78	- 0.06	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+990	85+200	DER	210	- 0.06	ALCANTARILLA PROYECTADA
85+377	85+200	IZQ	177	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
85+654	85+394	IZQ	260	+ 0.04	RIO CAÑETE
85+850	85+654	IZQ	196	+ 0.04	ALCANTARILLA EXISTENTE
86+200	85+850	IZQ	350	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
86+360	86+200	IZQ	160	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
86+704	86+360	IZQ	344	+ 0.04	CANAL REVESTIDO
87+054	86+704	IZQ	350	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
87+404	87+054	IZQ	350	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
87+754	87+404	IZQ	350	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
88+104	87+754	IZQ	350	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
88+454	88+104	IZQ	350	+ 0.04	ALCANTARILLA PROYECTADA
88+665	88+454	IZQ	211	+ 0.04	ALCANTARILLA EXISTENTE
88+965	88+665	IZQ	300	+ 0.04	ALCANTARILLA EXISTENTE

Para establecer la longitud de las cunetas no se ha considerado las alcantarillas existentes con capacidad menor a $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ debido a que son muy pequeñas para captar eficientemente el caudal de la cuneta.

3.3.2. Diseño del drenaje transversal

La distribución de alcantarillas se realizó en el diseño del drenaje longitudinal y llevaran el caudal que la cuneta descargue sobre ella, para este caso se emplearán alcantarillas de tubería estructural de PVC de 400 mm de diámetro exterior. El cálculo hidráulico se ha realizado con el programa H-Canales:

También se realizó la verificación de diseño estructural de la tubería mediante el programa ALGOPIPE2.

Los datos de entrada para el empleo del programa son:

Diámetro externo: 400 mm

Espesor: 15.1 mm

Rigidez: 4 (4 kN/m^2 , medida según norma ISO 9969)

Altura de relleno sobre la parte superior de la tubería: 0.65 m

Ancho de la zanja: 0.8 m

Densidad del suelo: 1800 kN/m² (aprox. 1.8 kg/cm²)

Tipo de compactación: Controlada

A su vez se debe indicar que hay carga vehicular sobre ella (Heavy traffic load).

Structural design : Non-Standard pipe

External diameter (mm) [400] Thickness (mm) [15.1] Stiffness [4]

Depth of cover (m) [0.65] Width of trench (m) [0.8]

Soil group: [3- Clay with Silica and Rock]

Soil density (kN/m³) [18] Compaction class [CC Controlled Compaction]

Heavy traffic load

Ground water

Lateral trench protection:

Height of embankment (m) [] Vertical pressure due to surcharge (kN/m²) []

Vertical Pressure (kN/m ²)	99.07	Average Pressure (kN/m ²)	56.96
Critical buckling pressure (kN/m ²)	393.36	>= 2.5 volte Press. Media	Conforme: Si
Short term diam. vertical deform. (%)	6.37	<=8% per SN4 <=5% per SN2	Conforme: Si
Long term diam. vertical deform. (%)	9.78	<=10% per SN4 <=8% per SN2	Conforme: Si
Long term maximum strain (MPa)	11.86	<=25 MPa	Conforme: Si

Calculate Save Load New Menu Print

Se observa que la alcantarilla seleccionada cumple con los requerimientos de sección para conducir el volumen de caudal, este diámetro (400 mm, aprox.) es relativamente pequeño, sin embargo dada las condiciones de alcantarillas de alivio y las condiciones del tramo en estudio, el riesgo de arrastre de material de gran tamaño es bajo. A su vez se le ha dado una pendiente de 2% para generar un flujo supercrítico que es rápido y podrá llevar más fácilmente los objetos en suspensión.

También se ha calculado la velocidad mínima de sedimentación, según:

$$U = \beta \cdot h^{0.64}$$

Donde:

U : Velocidad media límite, que no produce deposición (m/s)

β : Coeficiente que depende del material en suspensión

h : Altura de agua (m)

Reemplazando datos se obtiene:

Arcilla fina $\Rightarrow \beta = 0.53 \Rightarrow U = 0.15 \text{ m/s} < V = 2.47 \text{ m/s}$ OK!

Arena fina $\Rightarrow \beta = 0.58 \Rightarrow U = 0.17 \text{ m/s} < V = 2.47 \text{ m/s}$ OK!

Barro arenoso $\Rightarrow \beta = 0.64 \Rightarrow U = 0.18 \text{ m/s} < V = 2.47 \text{ m/s}$ OK!

Arcilla gruesa $\Rightarrow \beta = 0.70 \Rightarrow U = 0.2 \text{ m/s} < V = 2.47 \text{ m/s}$ OK!

Luego el resumen del drenaje transversal referente a alcantarillas se muestra en el cuadro 3.14.

Cuadro 3.14
Drenaje transversal - Alcantarillas

UBICACIÓN	SENTIDO DEL FLUJO	ANCHO	ALTO O DIAMETRO	OBSERVACIÓN
84+054	D → I	0.60	0.40	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+195	D → I	0.25	0.30	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+292	D → I	0.30	0.40	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+358	D → I	0.30	0.20	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+362	D → I	0.30	0.20	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+588	D → I	0.30	0.20	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+830	D → I	0.30	0.15	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+912	D → I	0.30	0.20	ALCANTARILLA EXISTENTE
84+990	D → I	0.30	0.15	ALCANTARILLA EXISTENTE
85+200	D → I	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
85+654	I → D	0.30	0.20	ALCANTARILLA EXISTENTE
85+850	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
86+200	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
86+704	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
87+054	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
87+404	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
87+754	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
88+104	I → D	-	0.40	ALCANTARILLA PROYECTADA
88+454	I → D	0.40	0.40	ALCANTARILLA EXISTENTE
88+665	I → D	0.50	0.50	ALCANTARILLA EXISTENTE
88+965	I → D	0.40	0.40	ALCANTARILLA EXISTENTE

D → I: Derecha a izquierda, I → D: Izquierda a derecha

Se observa que para las condiciones de máximo caudal no hay problemas con el depósito de sedimentos, sin embargo la caída eventual de material de tamaño mayor al de los sedimentos evaluados, ocasionaría acumulación de material en las alcantarillas, entonces ello justifica la recomendación de realizar un mantenimiento constante.

El diámetro exterior de la alcantarilla de 400 mm se ha considerado porque la carretera en la mayor parte de su recorrido es de una sola vía con un ancho promedio de 4.5 m, longitud que si permite realizar el mantenimiento por ambos lados de la alcantarilla. El plano de la alcantarilla se muestra en el Anexo PL.

Además se hizo la evaluación para el drenaje del río Cañete, llegándose a determinar el caudal que pasa a debajo del puente Matica.

Durante el trabajo de campo se observó que el nivel de aguas en ese momento era de aprox. 1.5 m, además el nivel máximo de aguas según las marcas encontradas en la base rocosa del puente Matica llegan hasta una altura de 3.5 m, luego la base del río es 14 m con taludes 1:1, el coeficiente de rugosidad de Manning de 0.045 y pendiente de 4.0 %, con estos datos se determinan los caudales presentados en el Cuadro 3.15.

Cuadro 3.15
Drenaje transversal – Puente Matica
Km. 85+377 – Km. 85+394

TIRANTE (m)	BASE (m)	TALUD	COEFICIENTE DE MANNING	PENDIENTE PROMEDIO (%)	CAUDAL (m ³ /s)
1.5	14	1:1	0.045	0.04	121.5
3.5	14	1.1	0.045	0.04	509.8

El día del trabajo de campo se tuvo un caudal de 121.5 m³/s, mientras que para las máximas avenidas se tendría un caudal del orden de 509.8 m³/s.

Estos resultados indican que el puente Matica tendría un gálibo de 3.0 m en la época de máximas avenidas, lo que garantiza su buen funcionamiento como sistema de drenaje transversal.

3.3.3. Conservación de las obras de drenaje

Actividades y cantidad

De acuerdo a las actividades descritas en el Capítulo II, en el presente estudio se consideran las labores descritas en el Cuadros 3.16:

Cuadro 3.16

Actividades y frecuencias – Mantenimiento

ACTIVIDAD	MANTENIMIENTO		
	RUTINARIO		PUNTUAL (PERIODICO)
	EPOCA SECA	EPOCA DE LLUVIAS	
Limpieza de cunetas no revestidas	1 vez por mes	2 veces por mes	
Limpieza de cunetas revestidas	1 vez por mes	2 veces por mes	
Reperfilado de cunetas no revestidas	1 vez	1 vez	
Reparación de cunetas revestidas	1 vez	1 vez	
Limpieza de alcantarillas de PVC incluyendo cabezales	1 vez al mes o cuando su sección esté obstruida un 50%	2 veces al mes o cuando su sección esté obstruida un 50%	
Limpieza de alcantarillas artesanales	1 vez al mes o cuando su sección esté obstruida un 50%	2 veces al mes o cuando su sección esté obstruida un 50%	
Monitoreo	diario	diario	
Recuperación total o parcial de alcantarillas PVC incluyendo cabezal			1 vez cada dos años
Recuperación total o parcial de alcantarillas artesanales			1 vez cada dos años

Para cada actividad se ha estimado un porcentaje del tramo en total, para este caso se ha considerado 10% para cada actividad, el resumen de estos metrados y su aplicación en el tiempo se encuentra en el Cuadro 3.17 y 3.18.

Cuadro 3.17
Programa de conservación rutinaria - Periodo de 7 años

DESCRIPCIÓN	UND	METRADO	EPOCA SECA		EPOCA DE LLUVIAS		TOTAL	PERIODO	METRADO TOTAL	UND
			7MESES		5MESES					
			FRECUENCIA	VECES	FRECUENCIA	VECES				
Limpieza de cunetas no revestidas	m	379.88	1/mes	7	2/mes	10.000	17	7	45205.72	m
Limpieza de cunetas revestidas	m	117.90	1/mes	7	2/mes	10.000	17	7	14030.10	m
Reperfilado de cunetas no revestidas	m	379.88	1/7meses	1	1/5meses	1.000	2	7	5318.32	m
Reparación de cunetas revestidas	m	117.90	1/7meses	1	1/5meses	1.000	2	7	1650.60	m
Limpieza de alcantarillas de PVC incl. cabezales	m	3.60	1/mes	7	2/mes	10.000	17	7	428.40	m
Limpieza de alcantarillas artesanales	m	10.80	1/mes	7	2/mes	10.000	17	7	1285.20	m
Monitoreo	Km	5.00	diario		diario		365	7	12775.00	Km

Cuadro 3.18
Programa de conservación puntual (periódica) - Período de 7 años

DESCRIPCION	UND	METRADO	FRECUENCIA	PERIODO	METRADO TOTAL	UND
Recuperación total o parcial de alcantarillas PVC incluyendo cabezal	m	3.60	0.5/año	7	12.60	m
Recuperación total o parcial de alcantarillas artesanales (piedra y madera)	m	10.80	0.5/año	7	37.80	m

Estos valores son estimados para el inicio de las labores, sin embargo debe establecerse un programa de monitoreo que permita mediante una inspección visual observar el comportamiento de la carretera bajo las nuevas condiciones.

Monitoreo

Este monitoreo se realizará con personal capacitado, el cual recorrerá diariamente los 5 km. registrando para cada una de las estructuras:

Para **alcantarillas**, se propone los siguientes datos predefinidos.

- Ubicación (Progresiva)
- Tipo (PVC o artesanal)
- Dimensiones (ancho x alto o diámetro)

Y los datos de campo a ser llenados por el monitor:

- Estado del ingreso (Obstruido, limpio, observaciones)
 - Altura de agua (cuando está en funcionamiento)
 - Altura de sedimentos (si los tuviera)
- Estado de la salida (Obstruido, limpio, observaciones)
 - Altura de agua (cuando está en funcionamiento)
 - Altura de sedimentos (si los tuviera)

Para **cunetas**, se propone los siguientes datos predefinidos.

- Ubicación (Progresiva de inicio y fin)
- Tipo (Revestida o no revestida)
- Dimensiones (base x alto)

Y los datos de campo a ser llenados por el monitor:

- Estado (Obstruido, limpio, observaciones)
 - Altura de agua (cuando está en funcionamiento)
 - Altura de sedimentos (si los tuviera)

De esta forma se sabrá con mayor precisión como está funcionando el sistema propuesto.

Cuando haya que hacer intervenciones estas se irán registrando de la misma forma para tener un registro histórico de las intervenciones y el tipo de estas.

Tanto para **alcantarillas**

- Ubicación (Progresiva)
- Tipo (PVC o artesanal)
- Dimensiones (ancho x alto o diámetro)

Los datos a llenar por el monitor serán:

- Tipo de intervención
- Motivo de la intervención
- Cuadrilla necesaria
- Duración de la intervención

Como para las **cunetas**

- Ubicación (Progresiva de inicio y fin)
- Tipo (Revestida o no revestida)
- Dimensiones (base x alto)

Los datos a llenar por el monitor serán:

- Tipo de intervención
- Motivo de la intervención
- Cuadrilla necesaria
- Duración de la intervención

Con esta metodología se irá modificando paulatinamente el programa inicial, de tal modo que en el primer año, luego de haber ocurrido la época seca y la época de lluvias, se tendrá bases más sólidas para saber qué actividades son las más probables para la conservación rutinaria, y luego de los primeros dos años, lo planteado para la conservación puntual o periódica.

Se desarrollaron fichas para el monitoreo, los cuales se muestran en los Cuadros 3.19, 3.20, 3.21 y 3.22.

Cuadro 3.19
Ficha para el monitoreo de alcantarillas

RESPONSABLE:		CARRETERA:				FECHA:		
PROGRESIVA	TIPO ⁽¹⁾	DIMENSIONES (m)		ALTURA EN EL INGRESO (m)		ALTURA EN LA SALIDA (m)		OBSERVACIÓN
		ANCHO	ALTO O DIAMETRO	AGUA	SEDIMENTOS	AGUA	SEDIMENTOS	

⁽¹⁾ PVC : Alcantarilla circular de PVC
AR : Alcantarilla artesanal

Cuadro 3.20
Ficha para el monitoreo de cunetas

RESPONSABLE:			CARRETERA:				FECHA:
INICIO	FIN	TIPO ⁽¹⁾	DIMENSIONES (m)		ALTURA DE (m)		OBSERVACIÓN
			BASE	ALTO	AGUA	SEDIMENTOS	

⁽¹⁾ RV : Cunetas revestidas
T : Cunetas de tierra

Cuadro 3.21
Ficha para el registro de intervención de alcantarillas

RESPONSABLE:		CARRETERA:				FECHA:		
PROGRESIVA	TIPO ⁽¹⁾	DIMENSIONES (m)		INTERVENCIÓN			CUADRILLA NECESARIA	OBSERVACIÓN
		ANCHO	ALTO O DIAMETRO	TIPO ⁽²⁾	MOTIVO ⁽³⁾	DURACIÓN		

⁽¹⁾ PVC : Alcantarilla circular de PVC
 AR : Alcantarilla artesanal

⁽²⁾ L : Limpieza
 REP : Reparación
 REC : Recuperación

⁽³⁾ MR : Mantenimiento rutinario
 E : Emergencias
 MP : Mantenimiento puntual

Cuadro 3.22
Ficha para el registro de intervención de cunetas

RESPONSABLE:			CARRETERA:					FECHA:	
INICIO	FIN	TIPO ⁽¹⁾	DIMENSIONES (m)		INTERVENCIÓN			CUADRILLA NECESARIA	OBSERVACIÓN
			BASE	ALTO	TIPO ⁽²⁾	MOTIVO ⁽³⁾	DURACIÓN		

⁽¹⁾ RV : Cuneta revestida
 T : Cuneta de tierra

⁽²⁾ L : Limpieza
 REP : Reparación o Reperfilado
 REC : Recuperación

⁽³⁾ MR : Mantenimiento rutinario
 E : Emergencias

CAPÍTULO IV

EXPEDIENTE TÉCNICO

4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

4.1.1. Antecedentes

La Carretera Central, es una importante vía de comunicación para unir la ciudad de Lima con el centro del país, no obstante se encuentra colapsada por el incremento del tráfico que ha ocurrido en los últimos años. Para solucionar este problema el Ministerio de Transportes y Comunicaciones creó el Proyecto Perú.

El Proyecto Perú, es un programa de infraestructura vial diseñado para mejorar las vías de integración de corredores económicos, conformando ejes de desarrollo sostenido con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales, en la Red Vial Nacional, Departamental y Vecinal.

El Proyecto Perú ha establecido una política de conservación vial a través de contratos a nivel de servicios y por plazos mayores o iguales a tres años, lo que implica una transferencia de riesgo al contratista; de este modo, mediante Convenio N° 018-2008-MTC/20, la empresa “Consortio Gestión de Carreteras”, asume las obligaciones de Conservación Vial por Niveles de Servicio de la Carretera Cañete – Lunahuaná – Pacarán - Chupaca y Rehabilitación del Tramo Zúñiga - Dv. Yauyos – Dv. Roncha.

4.1.2. Objetivo

El objetivo principal del presente estudio es el mejoramiento del drenaje superficial de la carretera Cañete – Yauyos, del Km. 84+000 al Km. 89+000, para que en un periodo de 7 años no ocurran daños serios en la superficie de rodadura y de esa forma sea una ruta alterna a la Carretera Central.

4.1.3. Ubicación del proyecto

Geográficamente se encuentra ubicado en:

Distrito	San Lorenzo de Putinza
Provincia	Yauyos

Departamento	Lima
Altitud promedio	1,340 msnm.
Longitud	5 Km.

El tramo en estudio se encuentra en la carretera Cañete-Yauyos entre las progresivas:

Km. 84+000, de coordendas Norte 8'587,065 y Este 400,048

Km. 89+000, de coordenadas Norte 8'589,807 y Este 397,186

4.1.4. Vías de acceso

Para llegar al tramo asignado se tienen dos posibles rutas:

Desde Lima por la carretera Panamericana Sur hacia San Vicente de Cañete donde inicia la carretera Cañete – Yauyos en la progresiva Km. 0+000 de ahí continuar hasta la progresiva Km. 84+000, se pasa por Los pueblo de San Vicente de Cañete, Imperial, Caltopa, Lunahuaná, Condoray, Zúñiga, Cotahuasi y el centro poblado de Canchán.

Desde Huancayo por la carretera Cañete – Yauyos en la progresiva Km. 284+530 hasta el Km. 89+000, se pasa por los pueblos de San Miguel, Colpa, San José de Quero, Chauca, Tomas, Alis, Yauyos, Cusi, San Lorenzo de Putinza y el centro poblado de Chichicay.

4.1.5. Descripción de las obras proyectadas

Cunetas.

Serán sin revestir (de tierra) y revestidas, sus secciones y características son:

Tipo	Pendiente	Sección
Revestidas	6%	0.20 x 0.60
Tierra	4%	0.25 x 0.75

El suelo de las cunetas sin revestimiento es GC, la longitud total es de 3,790 m.

Las cunetas revestidas son de concreto $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ con base de piedras de 2", tienen una longitud total de 1,179 m.

Alcantarillas.

Las características de las alcantarillas son:

Material: PVC SN 4

Pendiente: 2%

Diámetro exterior: 400 mm

Longitud promedio: 4.5 m

Caja de recepción: De muro de albañilería de piedra, concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, emboquillado 1:5 y protección de la base de enrocado acomodado de 8"

Cabezal de salida: De muro de albañilería de piedra, concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, emboquillado 1:5 y protección a la salida del agua de piedras acomodadas de 8"

Se han proyectado 8 y descargan sus aguas en el río Cañete

4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se tienen especificaciones técnicas de:

Excavación para estructuras

Relleno para estructuras

Concretos

Encofrados

Cunetas revestidas

Muro de albañilería de piedra

Mampostería de piedra

Piedra acomodada

Tubería de PVC

Los cuales se encuentran descritos en el Anexo: Especificaciones Técnicas.

4.3. METRADOS

Los metrados de las diversas obras consideradas se han elaborado considerando las diferentes partidas a ejecutarse, la unidad de medida y los diseños propuestos.

El resumen de la planilla de metrados se adjuntan a continuación:

Cuadro 4.1.

Resumen de planilla de metrados

DESCRIPCION	UND	METRADO
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE		
Cama de arena para tuberías	M3	2.88
Encofrado y desencofrado	M2	200.00
Encofrado y desencofrado de cunetas	ML	547.06
Enrocado colocado, Diam min = 8"	M3	20.32
Excavación manual en roca suelta	M3	35.22
Excavación manual para canal	M3	42.00
Excavación manual para cunetas	M3	536.39
Excavación no clasificada para estructuras	M3	59.69
Sellado de Juntas	ML	547.06
Muro de piedra concreto $f_c=175\text{kg/cm}^2$, emboquillado 1:5	M3	10.24
Relleno para Estructuras	M3	36.54
Revestimiento concreto $f_c=140\text{ Kg/cm}^2$, base piedras 2"	M3	109.65
Revestimiento mampostería de piedra $f_c=175\text{kg/cm}^2$, Diam. 6"	M3	28.00
Tubería PVC, Diam 0.40m	ML	36.00

4.4. PRESUPUESTO

Los costos y presupuestos de obra se ha desarrollando considerando la ejecución de la obra por el sistema de precios unitarios en base a los metrados y precios unitarios de cada partida.

El resumen del presupuesto del proyecto del sistema de drenaje superficial es:

Cuadro 4.2.
Presupuesto de obra

DESCRIPCION	UND	METRADO	P. U. (S/.)	PARCIAL
OBRAS DE ARTE Y DRENAJE				
Cama de arena para tuberías	M3	2.88	89.72	258.38
Encofrado y desencofrado	M2	200.00	23.43	4,685.84
Encofrado y desencofrado de cunetas	ML	547.06	8.56	4,684.17
Enrocado colocado, Diam min = 8"	M3	20.32	76.26	1,549.60
Excavación manual en roca suelta	M3	35.22	71.13	2,505.39
Excavación manual para canal	M3	42.00	28.41	1,193.35
Excavación manual para cunetas	M3	536.39	28.41	15,240.40
Excavación no clasificada para estructuras	M3	59.69	48.22	2,878.04
Sellado de Juntas	ML	547.06	6.67	3,649.82
Muro de piedra, concreto f'c=175kg/cm2, emboquillado 1:5	M3	10.24	366.16	3,749.52
Relleno para Estructuras	M3	36.54	28.07	1,025.74
Revestimiento concreto f'c=140 Kg/cm2, base piedras 2"	M3	109.65	190.86	20,927.59
Revestimiento mampostería de piedra f'c=175kg/cm2, Diam. 6"	M3	28.00	235.74	6,600.76
Tubería PVC, Diam 0.40m	ML	36.00	94.05	3,385.80

COSTO DIRECTO

S/.

72,334.64

4.5. CRONOGRAMA

En base a las actividades a desarrollar se elaboró el cronograma de obra. Se debe tener presente que el cronograma de las obras de drenaje superficial forma parte del cronograma total que incluye obras de estabilidad de taludes y superficie de rodadura.

Cuadro 4.3.

Cronograma de obra – Drenaje superficial

OBRAS DE ARTE Y DRENAJE	MAYO				JUNIO			
	1	2	3	4	5	6	7	8
EXCAVACIÓN PARA CUNETAS Y CANALES		■	■	■	■			
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO			■	■	■	■		
REVESTIMIENTO CON CONCRETO				■	■	■	■	
SELLADO DE JUNTAS						■	■	■
EXCAVACIÓN PARA ALCANTARILLAS			■					
CAMA DE ARENA Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA			■					
CONCRETO ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA				■				
RELLENO					■			

CONCLUSIONES

- Para la estimación del caudal de diseño del sistema de drenaje de una carretera no basta contar con la información hidrológica y cartográfica, si no que es imprescindible contar con un trabajo de campo, ya que debido a la escasez o calidad de la información al momento de tomar decisiones sobre qué métodos usar y qué valores considerar como más probables, la información de campo es la que define el diseño.
- La fórmula empleada para el cálculo de la intensidad de diseño debe determinarse para cada zona, de acuerdo a la información hidrológica disponible, pues cada zona presenta sus particularidades y por lo tanto no puede emplearse una sola fórmula para todas las zonas.
- Muchas de las alcantarillas existentes tienen buen funcionamiento hidráulico, razón por la cual han sido considerados en el diseño final reduciendo el número de alcantarillas nuevas.
- Los materiales predominantes de la zona son importantes para elegir el tipo de obras a realizar, en este caso se ha proyectado para el revestimiento de cunetas y el ingreso y salida de las alcantarillas una solución que tiene como principal insumo a la piedra que abunda en esta zona.
- Las soluciones adoptadas han sido desarrolladas considerando que la carretera será ampliada y modificada, por lo que las alcantarillas han sido diseñadas con la finalidad de ser temporales, en ese sentido se emplearon diseños de bajo costo como tubería de PVC y la caja de recepción y cabezal de salida se han hecho de muro de piedra y piedras acomodadas, pero que cumplen con la función durante el periodo del proyecto.
- Se ha establecido un programa de mantenimiento para la época seca y la época de lluvias debido a que el sistema de drenaje trabajará de forma diferente para cada época, así como un plan de monitoreo diario para establecer con precisión su comportamiento frente a las exigencias del entorno y el uso de la vía, de tal modo que en el primer año, luego de haber ocurrido la época seca y la época de lluvias, se tendrá bases más sólidas para saber las actividades y cantidades más probables para la conservación rutinaria y luego de los dos primeros años, para la conservación puntual o periódica.

RECOMENDACIONES

- Aunque las precipitaciones en el tramo estudiado no son de gran magnitud se recomienda realizar las obras entre los meses de mayo a noviembre que es la época de menor precipitación.
- Debido a que la carretera cruza muchos terrenos de cultivo, los cuales dejan pasar sus aguas de regadío hacia las cunetas y a las alcantarillas, se recomienda capacitar a los pobladores sobre el funcionamiento de las obras de drenaje aledaños a sus terrenos haciéndoles comprender que son los directos beneficiados en que el sistema funcione correctamente y así indicarles que alerten sobre algún desperfecto o cuando haya emergencias que puedan ocurrir en el tiempo entre los monitoreos planificados.
- En la inspección de campo, se encontró algunas alcantarillas artesanales de menor tamaño obstruidas con hojas y basura, en ese sentido es recomendable que en las épocas secas se cubra la entrada de las mismas con piedras de tamaño mayor al de su ingreso, dejando sólo pequeñas aberturas para permitir bajos caudales pero esto evitará que ingresen las hojas y basura, esta solución se apreció en algunas de las alcantarillas del tramo asignado. Asimismo hacer labores de educación a los pobladores para evitar el arrojo de basura y comprendan la importancia de estos sistemas de drenaje para la vía, para sus terrenos y para el desarrollo de sus pueblos.
- Para los contratos por niveles de servicio de una carretera, se considera que no es muy conveniente periodos de contrato cortos ya que no permiten hacer inversiones importantes que son necesarias sobre todo en el sistema de drenaje. Además se estima conveniente que se considere una partida menor para desarrollar el cambio de trazo en puntos específicos, muchas veces esto puede solucionar sin mayores costos problemas que de no remediarlos de esa forma requerirían constante inversión y afectan directamente la transitabilidad, por ejemplo excavar un volumen pequeño de roca que obstruye el libre tránsito, razón por la cual se tiene un trazo de curva cerrada al ingreso de un puente o en la cercanía a una alcantarilla, ello produce que los vehículos de carga pesada hagan maniobras para poder circular y dañen continuamente a estas estructuras, esto se reflejó en el tramo estudiado.

BIBLIOGRAFÍA

Aparicio Mijares, Francisco Javier, Fundamentos de Hidrología de superficie, Limusa, México D. F., México, 1992.

Condorchua Fernández César Augusto, Mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos del Km. 57+600 al Km. 57+900, Estudio Hidrológico y Drenaje, Informe de Suficiencia – Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2008, Lima, Perú.

Chow Ven Te, Maidment David R., Mays Larry W., Hidrología Aplicada, Mc Graw Hill, 1994, Santa Fé, Bogotá, Colombia.

CGC, Conservación vial por niveles de servicio de la carretera Cañete–Lunahuaná–Pacarán-Chupaca y rehabilitación del tramo Zúñiga-Dv. Yauyos – Ronchas, 2008, Lima, Perú.

Inrena, Estudio del desarrollo integral de recursos hídricos en la cuenca del Río Cañete, 1999, Lima, Perú.

Loyaga Torres Daniel, Mejoramiento de la carretera Cañete – Yauyos del Km. 57+900 al Km. 58+200, Drenaje Superficial, Informe de Suficiencia – Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, 2008, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Especificaciones Técnicas Generales para la conservación de carreteras, 2007, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, 2008, Lima, Perú.

Provias Nacional, Estudio de preinversión a nivel de factibilidad del proyecto: “Rehabilitación y mejoramiento de la Carretera Ruta 22 Tramo: Lunahuaná-Dv. Yauyos-Chupaca, 2005, Lima, Perú.

Rocha Felices, Arturo, Hidráulica de Tuberías y Canales, Universidad Nacional de Ingeniería, 2007, Lima, Perú.

Rosell Calderón, César Arturo, Irrigación, Colegio de Ingenieros del Perú, 1993, Lima, Perú.

ANEXOS

ANEXO AH · ANALISIS HIDROLÓGICO

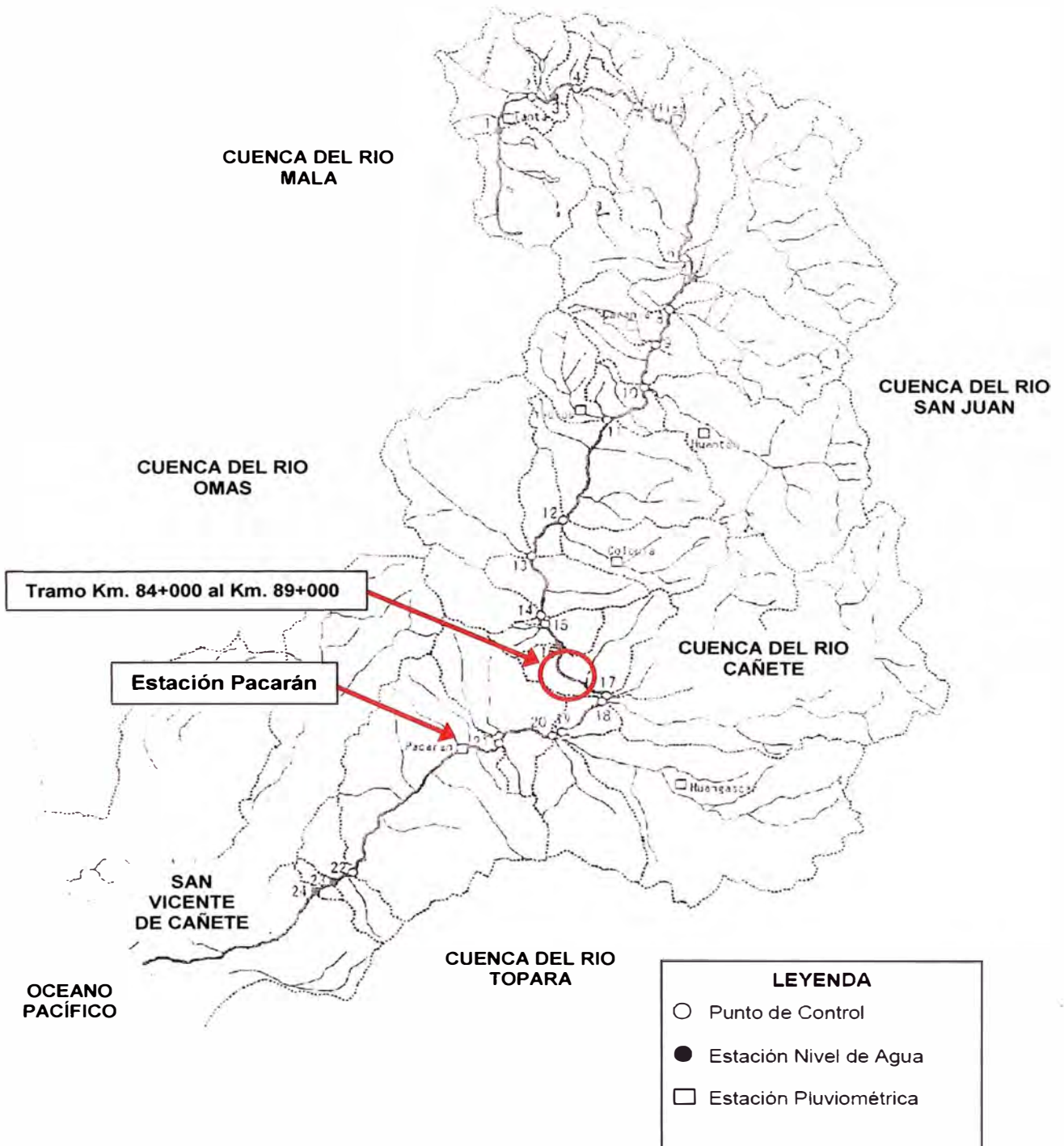
ANEXO PL · PLANOS

ANEXO ET · ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ANEXO AH: ANÁLISIS HIDROLÓGICO

Figura AH – 1

Estaciones pluviométricas en la cuenca del río Cañete



Fuente Estudio del desarrollo integral de recursos hídricos en la cuenca del Río Cañete, INRENA, 1999.

Cuadro AH - 2
Análisis de datos
Precipitación máxima en 24 horas - estación Pacarán

Nº	AÑO	ORDEN	P24	log(P24)
1	1987	8	4.8	0.6812
2	1988	13	3.3	0.5185
3	1989	4	6.0	0.7782
4	1990	19	1.2	0.0792
5	1991	18	1.5	0.1761
6	1992	20	1.2	0.0792
7	1993	14	3.0	0.4771
8	1994	2	9.0	0.9542
9	1995	3	6.2	0.7924
10	1996	15	2.6	0.4150
11	1997	11	3.6	0.5563
12	1998	7	5.5	0.7404
13	1999	1	11.2	1.0492
14	2000	10	3.8	0.5798
15	2001	6	5.6	0.7482
16	2002	5	5.9	0.7709
17	2003	9	4.4	0.6435
18	2006	12	3.5	0.5441
19	2007	17	2.3	0.3617
20	2008	16	2.6	0.4150

Numero de datos n	20	20
Suma Σ	87.2	11.3600
Máximo	11.2	1.0492
Mínimo	1.2	0.0792
Promedio \bar{x}	4.4	0.5680
Desviación estándar s	2.5442	0.2645
Coficiente asimetría Cs	1.1596	-0.3153
Cs/6 k	0.1933	-0.0525

Cuadro AH - 3
Prueba de bondad de ajuste - Kolmogorov - Smirnov
Estación Pacarán

m	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$ Normal	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Normal	$F(y_m)$ Log - Normal	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log-Normal	$F(x_m)$ Gumbel	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Gumbel	$F(y_m)$ Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Pearson III
1	11.20	0.952	0.996	0.044	0.966	0.013	0.982	0.02992	0.993	0.041
2	9.00	0.905	0.966	0.061	0.928	0.023	0.947	0.04254	0.962	0.057
3	6.20	0.857	0.765	0.092	0.802	0.055	0.801	0.05629	0.957	0.100
4	6.00	0.810	0.740	0.069	0.787	0.023	0.782	0.02731	0.928	0.118
5	5.90	0.762	0.728	0.034	0.778	0.017	0.772	0.01044	0.839	0.077
6	5.60	0.714	0.687	0.027	0.752	0.038	0.740	0.02616	0.817	0.102
7	5.50	0.667	0.673	0.006	0.743	0.076	0.729	0.06236	0.790	0.124
8	4.80	0.619	0.569	0.050	0.666	0.047	0.638	0.01872	0.743	0.124
9	4.40	0.571	0.506	0.065	0.612	0.041	0.577	0.00537	0.724	0.153
10	3.80	0.524	0.413	0.111	0.518	0.006	0.475	0.04889	0.725	0.201
11	3.60	0.476	0.383	0.094	0.482	0.006	0.439	0.03734	0.682	0.206
12	3.50	0.429	0.368	0.061	0.464	0.035	0.421	0.00801	0.658	0.230
13	3.30	0.381	0.338	0.042	0.426	0.045	0.384	0.00269	0.658	0.277
14	3.00	0.333	0.296	0.037	0.366	0.032	0.328	0.00524	0.631	0.298
15	2.60	0.286	0.245	0.041	0.281	0.004	0.256	0.02994	0.631	0.346
16	2.60	0.238	0.245	0.006	0.281	0.043	0.256	0.01768	0.632	0.394
17	2.30	0.190	0.209	0.019	0.218	0.027	0.205	0.01425	0.632	0.441
18	1.50	0.143	0.130	0.012	0.069	0.074	0.093	0.04974	0.632	0.489
19	1.20	0.095	0.107	0.012	0.032	0.063	0.063	0.03204	0.632	0.536
20	1.20	0.048	0.107	0.059	0.032	0.015	0.063	0.01558	0.603	0.555

$\Delta_{\text{máx}}$	0.11092
$\Delta_{\text{crítico}}$	0.29535

$\Delta_{\text{crítico}} > \Delta_{\text{máx}}$ OK

0.07600
0.29535

OK

0.06236
0.29535

OK
MINIMO

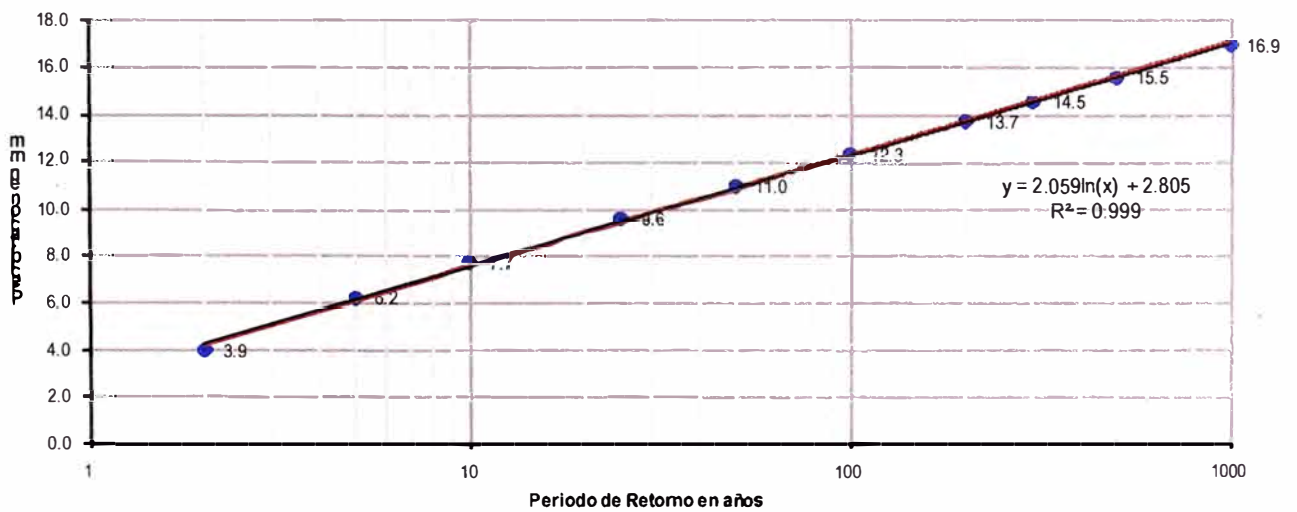
0.55524
0.29535

NO CUMPLE

Cuadro AH - 4
Precipitación máxima anual en 24 horas
Estación Pacarán - Distribución Gumbel

Tr (años)	DISTRIB. GUMBEL		P _{MAX} mm
	K _T	X _T	
2	-0.1643	3.9	3.9
5	0.7195	6.2	6.2
10	1.3046	7.7	7.7
25	2.0438	9.6	9.6
50	2.5923	11.0	11.0
100	3.1367	12.3	12.3
200	3.6791	13.7	13.7
300	3.9959	14.5	14.5
500	4.3947	15.5	15.5
1000	4.9355	16.9	16.9

Figura AH - 2
Precipitación máxima anual para diferentes periodos de retorno
Estación Pacarán - Distribución gumbel



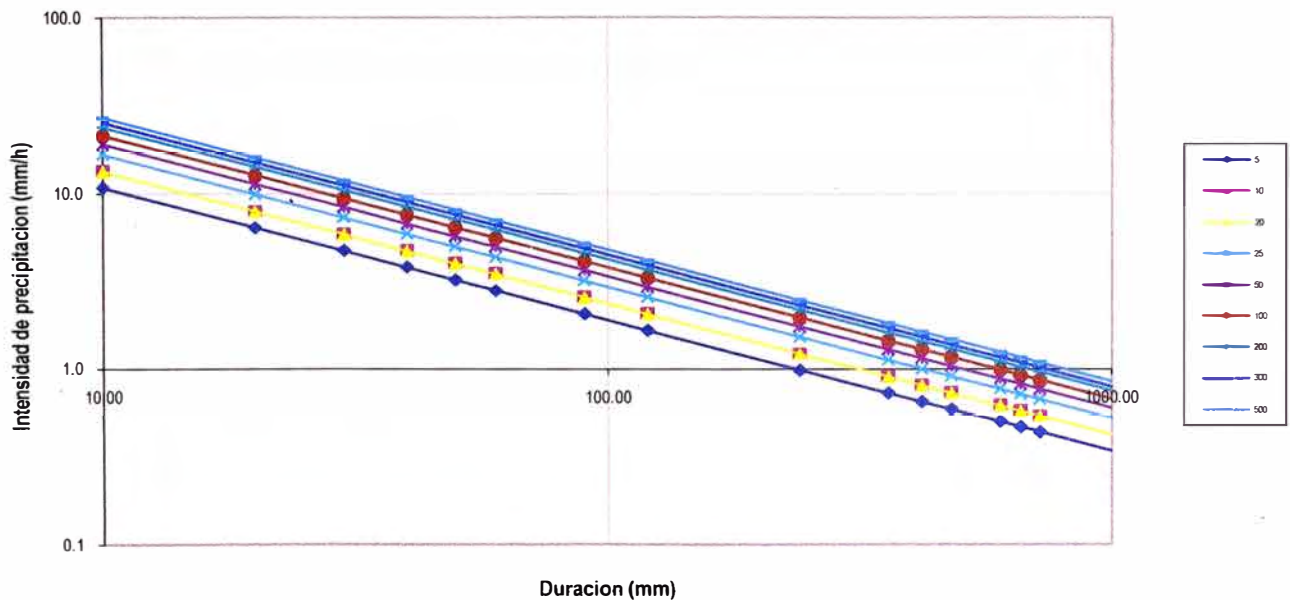
Cuadro AH - 5
Precipitación de diseño para duraciones menores a 24 horas
Estación Pacarán

DURACION		PERIODO DE RETORNO								
Hr	min	5	10	20	25	50	100	200	300	500
0.17	10.00	1.8	2.2	2.2	2.8	3.2	3.6	4.0	4.2	4.5
0.33	20.00	2.1	2.6	2.6	3.3	3.8	4.2	4.7	5.0	5.3
0.50	30.00	2.4	2.9	2.9	3.6	4.2	4.7	5.2	5.5	5.9
0.67	40.00	2.5	3.1	3.1	3.9	4.5	5.0	5.6	5.9	6.3
0.83	50.00	2.7	3.3	3.3	4.1	4.7	5.3	5.9	6.3	6.7
1.00	60.00	2.8	3.5	3.5	4.3	4.9	5.6	6.2	6.6	7.0
1.50	90.00	3.1	3.8	3.8	4.8	5.5	6.2	6.9	7.3	7.8
2.00	120.00	3.3	4.1	4.1	5.1	5.9	6.6	7.4	7.8	8.3
4.00	240.00	4.0	4.9	4.9	6.1	7.0	7.9	8.8	9.3	9.9
6.00	360.00	4.4	5.4	5.4	6.8	7.7	8.7	9.7	10.3	11.0
7.00	420.00	4.5	5.6	5.6	7.0	8.1	9.1	10.1	10.7	11.4
8.00	480.00	4.7	5.8	5.8	7.3	8.3	9.4	10.4	11.0	11.8
10.00	600.00	5.0	6.2	6.2	7.7	8.8	9.9	11.0	11.7	12.5
11.00	660.00	5.1	6.3	6.3	7.9	9.0	10.2	11.3	12.0	12.8
12.00	720.00	5.2	6.5	6.5	8.0	9.2	10.4	11.5	12.2	13.1
24.00	1440.00	6.2	7.7	7.7	9.6	11.0	12.3	13.7	14.5	15.5

Cuadro AH - 6
Intensidades de diseño para duraciones menores a 24 horas
Estación Pacarán

DURACION		PERIODO DE RETORNO								
Hr	min	5	10	20	25	50	100	200	300	500
0.17	10.00	10.7	13.3	13.3	16.6	19.0	21.4	23.8	25.2	26.9
0.33	20.00	6.4	7.9	7.9	9.8	11.3	12.7	14.1	15.0	16.0
0.50	30.00	4.7	5.8	5.8	7.3	8.3	9.4	10.4	11.0	11.8
0.67	40.00	3.8	4.7	4.7	5.9	6.7	7.6	8.4	8.9	9.5
0.83	50.00	3.2	4.0	4.0	5.0	5.7	6.4	7.1	7.5	8.1
1.00	60.00	2.8	3.5	3.5	4.3	4.9	5.6	6.2	6.6	7.0
1.50	90.00	2.1	2.6	2.6	3.2	3.7	4.1	4.6	4.8	5.2
2.00	120.00	1.7	2.1	2.1	2.6	2.9	3.3	3.7	3.9	4.2
4.00	240.00	1.0	1.2	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.3	2.5
6.00	360.00	0.7	0.9	0.9	1.1	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8
7.00	420.00	0.6	0.8	0.8	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
8.00	480.00	0.6	0.7	0.7	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5
10.00	600.00	0.5	0.6	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
11.00	660.00	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2
12.00	720.00	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1
24.00	1440.00	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6

Figura AH - 3
Curva Intensidad – Duración – Frecuencia

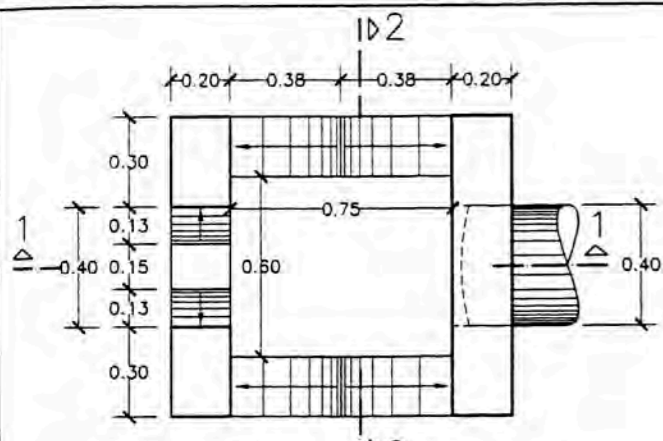


CURVA INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

- I*: Intensidad máxima (mm/h)
- T*: Período de retorno en años
- D*: Duración de la precipitación (min)

$$I = \frac{10^{1.638} T^{0.201}}{D^{0.75}}$$

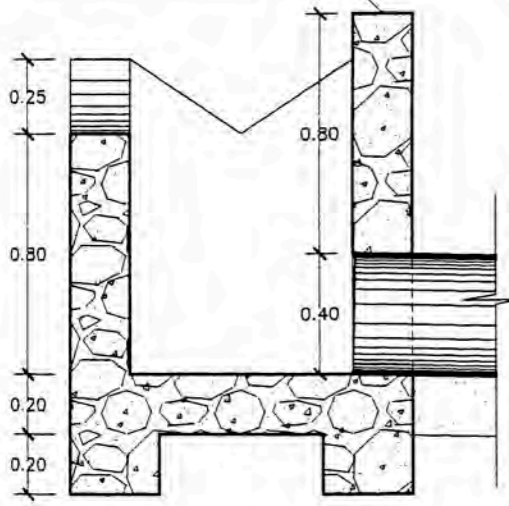
ANEXO PL: PLANOS



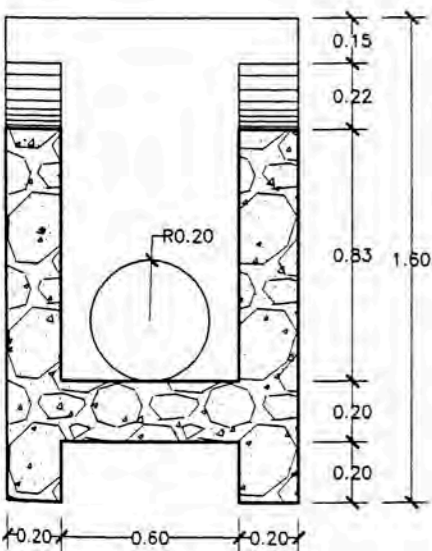
CAJA RECEPTORA

PLANTA
ESCALA 1:25

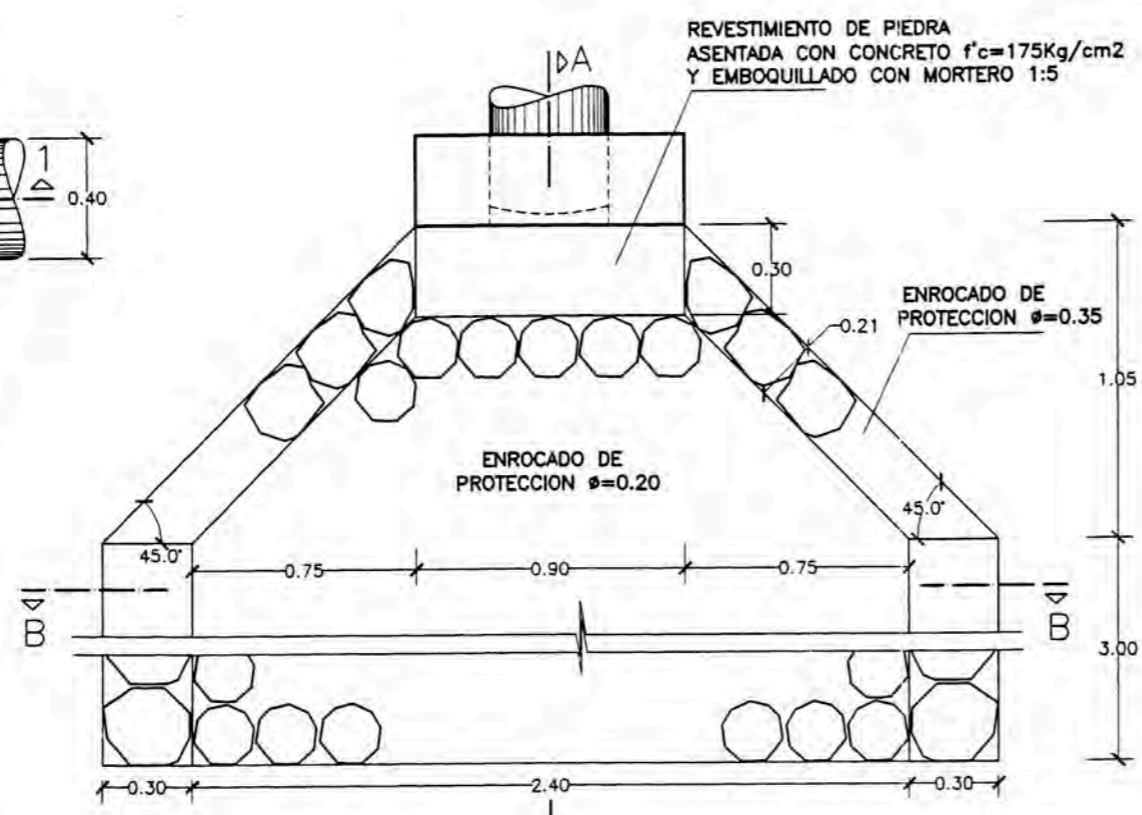
MURO DE ALBAÑILERÍA DE PIEDRA
ASENTADA CON CONCRETO $f'_c=175\text{Kg/cm}^2$
Y EMBOQUILLADO CON MORTERO 1:5



CORTE 1-1
ESCALA 1:25

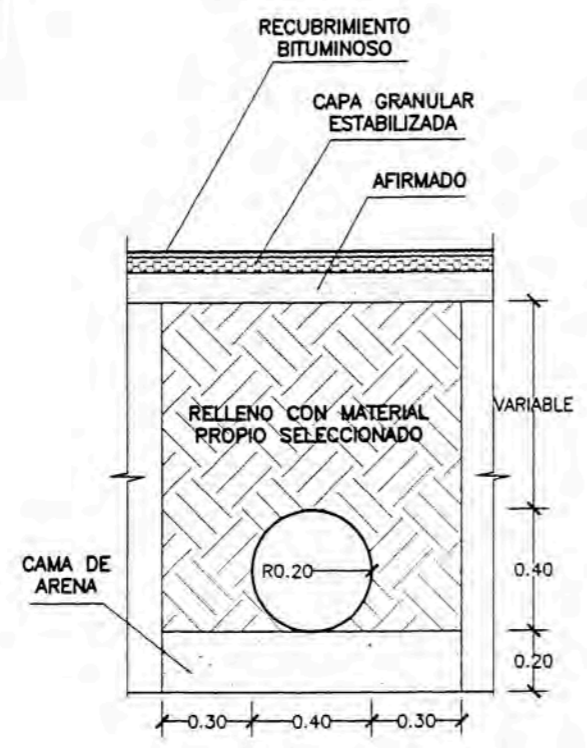


CORTE 2-2
ESCALA 1:25

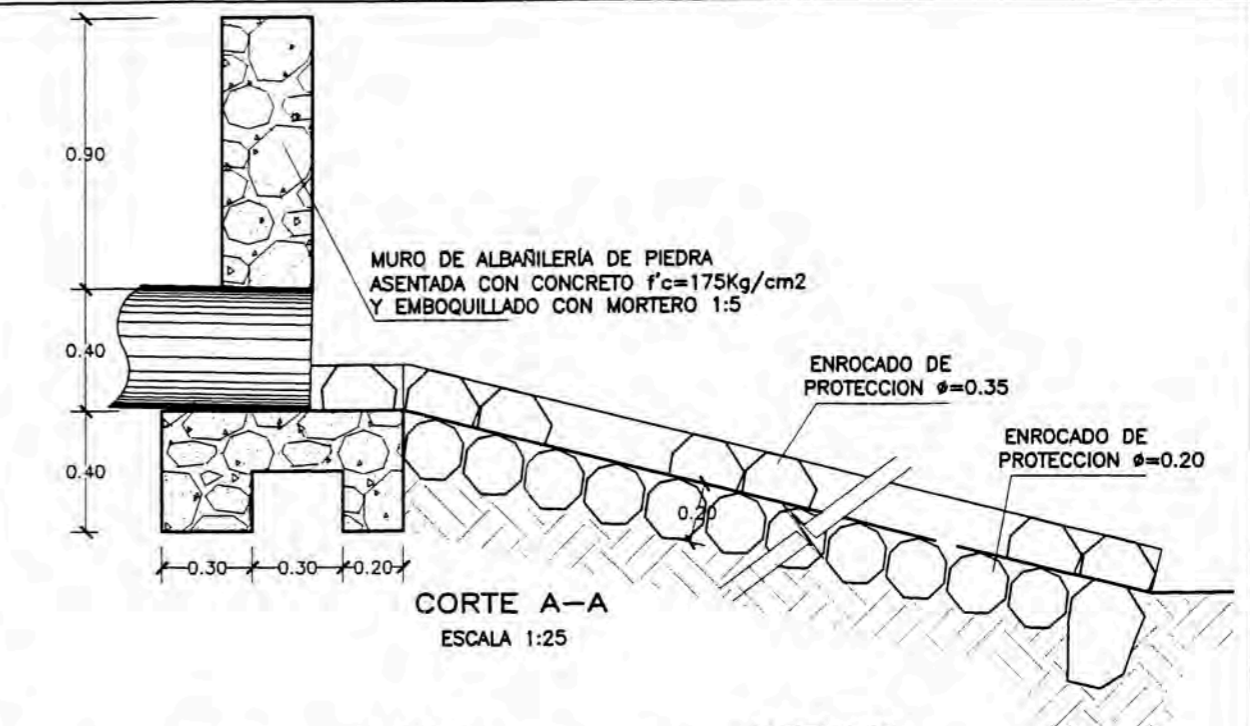


SALIDA

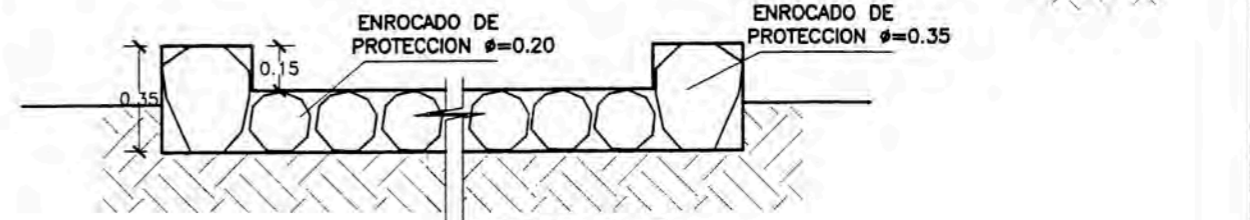
PLANTA
ESCALA 1:25



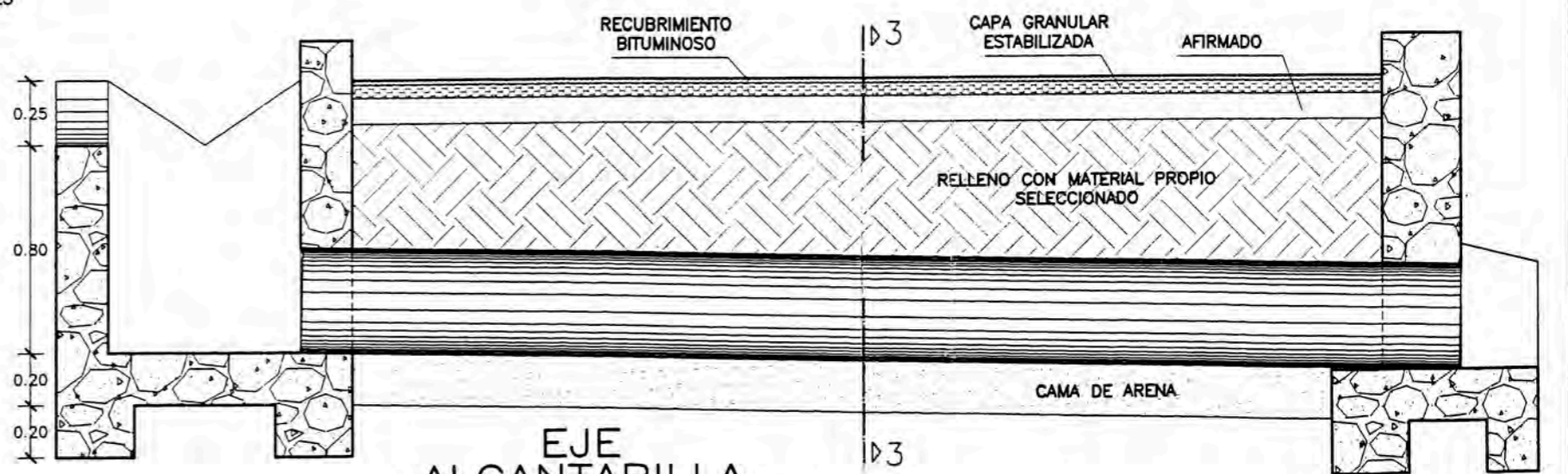
CORTE 3-3
ESCALA 1:25




CORTE A-A
ESCALA 1:25



CORTE B-B
ESCALA 1:25



EJE
ALCANTARILLA
ESCALA 1:25

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</p>	<p>TEMA: MONITOREO DE SERVICIABILIDAD DE LA CARRETERA CAÑETE - YAUYOS DEL Km. 84+000 AL Km. 89+000 MEJORAMIENTO DEL DRENAJE SUPERFICIAL</p>	<p>ESCALA: 1:25</p>	<p>FECHA: DIC-09</p>
	<p>CURSO: TITULACIÓN PROFESIONAL POR ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTO</p>	<p>PLANO: DETALLES DE ALCANTARILLA (DRENAJE TRANSVERSAL)</p>	<p>LAMINA: AD-01</p>

ANEXO ET: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS

Descripción

Este trabajo comprende la ejecución de las excavaciones necesarias para la alcantarillas, cunetas y otras obras de arte: comprende además, bombeo, drenaje, entibado, apuntalamiento y construcción de ataguías, cuando fueran necesarias, así como el suministro de los materiales para excavaciones y el subsiguiente retiro de entibados y ataguías.

Excavaciones en material suelto

Consiste en la excavación y eliminación de material suelto, que puede ser removido sin mayores dificultades por un equipo convencional de excavación, sin la utilización de aditamentos especiales. Dentro de este tipo de materiales están las gravas, arenas, limos, los diferentes tipos de arcillas o piedras pequeñas y terrenos consolidados como: hormigón compactado, afirmado o mezcla de ellos.

Excavación en roca fisurada y suelta

La excavación de esta roca incluye todo tipo de roca que pueda excavarse con un martillo neumático o similar, sin necesidad de explosivos.

Equipo

Todos los equipos empleados serán 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.

Requerimientos de construcción

Las excavaciones se ceñirán a los alineamientos, pendientes y cotas indicadas en los planos. En general, los lados de la excavación tendrán caras verticales conforme a las dimensiones de la estructura.

El contratista protegerá la excavación contra derrumbes; todo derrumbe causado por error o procedimientos inapropiados del contratista, no será materia de pago el volumen desprendido y la reconfiguración a las formas establecidas en el proyecto, pues estos serán por cuenta y costo del contratista.

El supervisor previamente debe aprobar la profundidad y naturaleza del material de cimentación. Toda sobre excavación por debajo de las cotas autorizadas de cimentación, que sea atribuible a descuido del contratista, será rellenada por su cuenta, con concreto pobre - $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$.

Todos los materiales excavados que sean adecuados y necesarios para rellenos serán almacenados en forma tal de poderlos aprovechar en la construcción de éstos no se podrán desechar ni retirar de la obra para fines distintos a ésta, sin la aprobación previa del supervisor.

En caso de excavaciones que se efectúen sobre vías abiertas al tráfico, se dispondrán los respectivos desvíos y adecuada señalización en todo momento incluyendo la noche hasta la finalización total de los trabajos o hasta que se restituyan niveles adecuados de seguridad al usuario.

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 y cualquier otra obra que requiera excavaciones, se cumplirán los siguientes requerimientos:

- En el caso de muros y, principalmente, cuando en la ladera debajo de la Ubicación de éstos existe vegetación, los materiales excavados deben ser depositados temporalmente en algún lugar adecuado de la plataforma de la vía, en espera de ser trasladado al depósito de desechos aprobado.
- En el caso de la construcción de cunetas, etc., los materiales producto de la excavación, no deben ser colocados sobre terrenos con vegetación o con cultivos. Es necesario emplear lugares seleccionados hacia el interior de la carretera, para que no produzcan daños ambientales en espera de que sea removidos al depósito de desechos aprobado.
- 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 al depósito de desechos aprobado.

Aceptación de los trabajos

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo a ser utilizado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajos aceptados.

- Controlar que no se excedan las dimensiones de la excavación según se indica.
- Medir los volúmenes de las excavaciones.
- Vigilar que se cumplan con las especificaciones ambientales incluidas en la Sección 900 del Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito

Medición

Las medidas de las excavaciones para estructuras será el volumen en metros cúbicos (m3). 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 de pago.

La medida de la excavación de acequias, zanjas o similares se hará con base en secciones transversales, tomadas antes y después del trabajo respectivo.

Pago

El pago se hará por metro cúbico, al precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada conforme a esta especificación y aceptada por el supervisor, para los diferentes tipos de excavación, eventual perfilación 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 y en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

Ítem de pago	Unidad de Pago
Excavación para estructuras	Metro cúbico (m3)

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 se indican en la tabla 605B-1, 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.

Obtenida la humedad apropiada, se procederá a la compactación mecánica de la capa. En áreas inaccesibles a los equipos mecánicos, se autorizará el empleo de compactadores manuales que permitan obtener los mismos niveles de densidad del resto de la capa. La compactación se continuará hasta alcanzar el 95% como mínimo.

Aceptación de los trabajos

(a) Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento del equipo utilizado por el contratista.
- Supervisar la correcta aplicación de los métodos de trabajo aceptados.
- Comprobar que los materiales cumplan los requisitos de calidad exigidos.
- Realizar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.

Verificar la densidad de cada capa compactada. Este control se realizará en el espesor de cada capa realmente construida, de acuerdo con el proceso constructivo aprobado.

- Medir los volúmenes de relleno y material filtrante colocados por el contratista en acuerdo a la presente especificación.

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.

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.

Todo relleno con material filtrante se pagará al respectivo precio unitario del contrato, por toda obra ejecutada satisfactoriamente y aceptada por el supervisor.

El precio unitario deberá cubrir todos los costos por concepto de construcción o adecuación de las vías de acceso a las fuentes de materiales, la extracción, preparación y suministro de los materiales, así como su carga, transporte, descarga, almacenamiento, colocación, humedecimiento o secamiento, compactación y, en general, todo costo relacionado con la correcta construcción de los rellenos para estructuras y las capas filtrantes, de acuerdo con los planos del proyecto, esta especificación.

Ítem de pago	Unidad de Pago
Relleno para estructuras	Metro cúbico (m3)

CONCRETOS

Descripción

Este trabajo consiste en el suministro de materiales, fabricación, colocación, vibrado, curado y acabados de los concretos de cemento Portland, utilizados para la construcción de estructuras de drenaje, muros de contención, cabezales de alcantarillas, cajas de captación, aletas, sumideros y estructuras en general, de acuerdo con los planos y especificaciones del proyecto

Materiales

Cemento

El cemento a utilizar será Portland o Puzolánico, de acuerdo al diseño aprobado por el Supervisor, el cual deberá cumplir lo especificado en la Norma Técnica Peruana NTP334.009, Norma AASHTO M85 o la Norma ASTM-C150.

Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se empleará el denominado Tipo I o Cemento Portland Normal.

Agregados

(a) Agregado fino

Se considera como tal, a la fracción que pase la malla de 4.75 mm (N° 4). Provenirá de arenas naturales o de la trituración de rocas o gravas. El porcentaje de arena de trituración no podrá constituir más del treinta por ciento (30%) del agregado fino.

Granulometría

La curva granulométrica del agregado fino deberá encontrarse dentro de los límites que se señalan a continuación:

Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3 /8")	100
4,75 mm (N° 4)	95 -100
2,36 mm (N° 8)	80 -100
1,18 mm (N° 16)	50 – 85
600 mm (N° 30)	25 – 60
300 mm (N° 50)	10 – 30
150 mm (N° 100)	02 – 10

(b) Agregado grueso

Se considera como tal, al material granular que quede retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4). Será grava natural o provendrá de la trituración de roca, grava u otro producto cuyo empleo resulte satisfactorio, a juicio del Supervisor.

Los requisitos que debe cumplir el agregado grueso son los siguientes:

(1) Durabilidad

Las pérdidas de ensayo de solidez (norma de ensayo MTC E 209), no podrán superar el doce por ciento (12%) o dieciocho por ciento (18%), según se utilice sulfato de sodio o de magnesio, respectivamente.

(2) Abrasión L.A.

El desgaste del agregado grueso en la máquina de Los Angeles (norma de ensayo MTC E 207) no podrá ser mayor de cuarenta por ciento (40%).

(3) Granulometría

Deberá satisfacer una de las siguientes franjas, según se especifique en los documentos del proyecto o apruebe el Supervisor con base en el tamaño máximo de agregado a usar, de acuerdo a la estructura de que se trate, la separación del refuerzo y la clase de concreto especificado.

Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa						
	AG-1	AG-2	AG-3	AG-4	AG-5	AG-6	AG-7
63 mm (2,5")	-	-	-	-	100	-	100
50 mm (2")	-	-	-	100	95 – 100	100	95 – 100
37,5mm (1½")	-	-	100	95 – 100	-	90 – 100	35 – 70
25,0mm (1")	-	100	95 – 100	-	35 – 70	20 – 55	0 – 15
19,0mm (¾")	100	95 – 100	-	35 – 70	-	0 – 15	-
12,5 mm (½")	95 –	-	25 – 60	-	10 – 30	-	0 – 5

	100						
9,5 mm (3/8")	40 – 70	20 – 55	-	10 – 30	-	0 – 5	-
4,75 mm (N° 4)	0 – 15	0 – 10	0 – 10	0 – 5	0 – 5	-	-
2,36 mm (N° 8)	0 -5	0 – 5	0 – 5	-	-	-	-

(d) Agua

El agua por emplear en las mezclas de concreto deberá estar limpia y libre de impurezas perjudiciales, tales como aceite, ácidos, álcalis y materia orgánica.

Ensayos	Tolerancias
Sólidos en Suspensión (ppm)	5000 máx.
Materia Orgánica (ppm)	3,00 máx.
Alcalinidad NaHCO ₃ (ppm)	1000 máx.
Sulfatos como ión Cl (ppm)	1000 máx.
Ph	5,5 a 8

Equipo

Los principales elementos requeridos para la elaboración de concretos y la construcción de estructuras con dicho material, son los siguientes:

(a) Equipo para la producción de agregados y la fabricación del concreto

Se permite, el empleo de mezcladoras portátiles en el lugar de la obra. También se permite la utilización de planta de concreto en casos de volúmenes apreciables lo que deberá ser notificado al Supervisor para la debida aprobación.

La mezcla manual sólo se podrá efectuar, previa autorización del Supervisor, para estructuras pequeñas de muy baja resistencia. En tal caso, las tandas no podrán ser mayores de un cuarto de metro cúbico (0,25 m³).

(e) Vibradores

Los vibradores para compactación del concreto deberán ser de tipo interno, y deberán operar a una frecuencia no menor de siete mil (7 000) ciclos por minuto y ser de una intensidad suficiente para producir la plasticidad y adecuada consolidación del concreto, pero sin llegar a causar la segregación de los materiales. Para estructuras delgadas, donde los encofrados estén especialmente diseñados para resistir la vibración, se podrán emplear vibradores externos de encofrado.

Fabricación de la mezcla

Salvo indicación en contrario del Supervisor, la mezcladora se cargará primero con una parte no superior a la mitad ($\frac{1}{2}$) del agua requerida para la tanda; a continuación se añadirán simultáneamente el agregado fino y el cemento y, posteriormente, el agregado grueso, completándose luego la dosificación de agua durante un lapso que no deberá ser inferior a cinco segundos (5 s), ni superior a la tercera parte ($\frac{1}{3}$) del tiempo total de mezclado, contado a partir del instante de introducir el cemento y los agregados.

Antes de cargar nuevamente la mezcladora, se vaciará totalmente su contenido. En ningún caso, se permitirá el remezclado de concretos que hayan fraguado parcialmente.

Cuando se haya autorizado la ejecución manual de la mezcla (sólo para resistencias menores a $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$), esta se realizará sobre una superficie impermeable, en la que se distribuirá el cemento sobre la arena, y se verterá el agua sobre el mortero anhidro en forma de cráter.

Operaciones para el vaciado de la mezcla

(a) Descarga, transporte y entrega de la mezcla

El concreto al ser descargado de mezcladoras estacionarias, deberá tener la consistencia, trabajabilidad y uniformidad requeridas para la obra. La descarga de la mezcla, el transporte, la entrega y colocación del concreto deberán ser completados en un tiempo máximo de una y media ($1 \frac{1}{2}$) horas, desde el momento en que el cemento se añade a los agregados, salvo que el Supervisor fije un plazo diferente según las condiciones climáticas, el uso de aditivos o las características del equipo de transporte.

A su entrega en la obra, el Supervisor rechazará todo concreto que haya desarrollado algún endurecimiento inicial, determinado por no cumplir con el asentamiento dentro de los límites especificados, así como aquel que no sea entregado dentro del límite de tiempo aprobado.

(b) Colocación del concreto

Esta operación se deberá efectuar en presencia del Supervisor, salvo en determinados sitios específicos autorizados previamente por éste.

El concreto no se podrá colocar en instantes de lluvia, a no ser que el Contratista suministre cubiertas que, a juicio del Supervisor, sean adecuadas para proteger el concreto desde su colocación hasta su fraguado.

El concreto se deberá colocar en capas continuas horizontales cuyo espesor no exceda de medio metro (0.5 m). El Supervisor podrá exigir espesores aún menores cuando lo estime conveniente, si los considera necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

(d) Vibración

El concreto colocado se deberá consolidar mediante vibración, hasta obtener la mayor densidad posible, de manera que quede libre de cavidades producidas por partículas de agregado grueso y burbujas de aire, y que cubra totalmente las superficies de los encofrados y los materiales embebidos. Durante la consolidación, el vibrador se deberá operar a intervalos regulares y frecuentes, en posición casi vertical y con su cabeza sumergida profundamente dentro de la mezcla.

(e) Curado

Durante el primer período de endurecimiento, el concreto se someterá a un proceso de curado que se prolongará, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climáticas del lugar.

En general, los tratamientos de curado se deberán mantener por un período no menor de catorce (14) días después de terminada la colocación de la mezcla de concreto; en algunas estructuras no masivas, este período podrá ser disminuido, pero en ningún caso será menor de siete (7) días.

Aceptación de los Trabajos

(a) Controles

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

- Verificar el estado y funcionamiento de todo el equipo empleado por el Contratista.
- Supervisar la correcta aplicación del método aceptado previamente, en cuanto a la elaboración y manejo de los agregados, así como la manufactura,

transporte, colocación, consolidación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas.

- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y mezcla de concreto durante el período de ejecución de las obras.
- Tomar, de manera cotidiana, muestras de la mezcla elaborada para determinar su resistencia.
- Realizar medidas para determinar las dimensiones de la estructura y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Medir, para efectos de pago, los volúmenes de obra satisfactoriamente ejecutados.

(b) Calidad del cemento

Cada vez que lo considere necesario, el Supervisor dispondrá que se efectúen los ensayos de control que permitan verificar la calidad del cemento.

(c) Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna sospecha sobre su calidad, se determinará su Ph y los contenidos de materia orgánica, sulfatos y cloruros, además de la periodicidad fijada para los ensayos.

(d) Calidad de los agregados

Se verificará mediante la ejecución de las mismas pruebas ya descritas en este documento. En cuanto a la frecuencia de ejecución, ella se deja al criterio del Supervisor, de acuerdo con la magnitud de la obra bajo control. De dicha decisión, se deberá dejar constancia escrita.

Medición

La unidad de medida será el metro cúbico (m³), de mezcla de concreto realmente suministrada, colocada y consolidada en obra, debidamente aceptada por el Supervisor.

Pago

El pago se hará al precio unitario real por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada a satisfacción por el Supervisor.

Deberá cubrir, también todos los costos de construcción o mejoramiento de las vías de acceso a las fuentes, los de la explotación de ellas; la selección, trituración, y eventual lavado y clasificación de los materiales pétreos; el suministro, almacenamiento, desperdicios y mezclas de todos los materiales constitutivos de la mezcla cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, los aditivos si están previstos en los documentos del proyecto o solicitados por el Supervisor.

Ítem de Pago	Unidad de Pago
Concreto f'c =175 kg/cm ²	Metro cúbico (m ³)
Concreto f'c =140 kg/cm ²	Metro cúbico (m ³)

ENCOFRADOS

Descripción

Con el objeto de confinar el concreto y darle la forma deseada, deberá emplearse encofrados donde sea necesario. Estos serán suficientemente sólidos y estables para resistir la presión debida a la colocación y vibrado del concreto manteniéndose rígidamente en su posición correcta. Los encofrados para las superficies que vayan a quedar expuestas se revestirán.

Tirantes para encofrados

Las varillas metálicas que se dejen empotradas en el concreto para fijar los encofrados permanecerán empotrados, y sus extremos quedarán dentro del concreto a una distancia mínima de 50 mm de las caras encofradas. Los huecos que dejan los tirantes para fijar los encofrados deberán rellenarse con concreto, mortero o lechada de cemento.

En los muros cuyos dos lados vayan a quedar cubiertos por terraplenes, los encofrados podrán fijarse empleando tirantes de alambre que se cortarán al ras, después que los encofrados se remuevan.

Limpieza y aceitado de los encofrados

En el momento de colocarse el concreto, la superficie de los encofrados deberá estar libre de incrustaciones de mortero, lechada u otros materiales indeseables que puedan contaminar el concreto o interferir con el cumplimiento de los requisitos de las especificaciones referidas al acabado de la superficie.

Tipos de encofrados

A fin de obtener el acabado requerido de la superficie final de concreto, el Contratista utilizará el tipo de encofrado indicado en los planos o el que se

ordene. Los tipos de encofrado más comunes serán los siguientes: encofrado de madera bruta, encofrado de madera cepillada, machihembrado o enchapado.

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.

CUNETAS REVESTIDAS

Descripción

Este trabajo consiste en el acondicionamiento y el recubrimiento de las cunetas con base de piedra de 2" y concreto $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$, de acuerdo con las formas, alineamientos, rasantes, dimensiones y en los lugares señalados en el proyecto.

Materiales

Los materiales deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

Piedras

Las piedras para la base serán de diámetro promedio 2", aprobadas por el supervisor. Deberán estar limpias y exentas de costras. Si sus superficies tienen cualquier materia extraña que reduzca la adherencia, se limpiarán o lavarán. Serán rechazadas si tienen grasas, aceites y/o si las materias extrañas no son removidas.

Concreto

Sobre la base de piedras de 2" se colocará la capa de concreto de $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ para lo cual se seguirá lo descrito en el ítem Concretos.

Aceptación de los trabajos

Se aceptarán cunetas cuya forma y dimensión corresponda a la indicada en el diseño o autorizadas por él.

Medición y forma de pago

Para la medición valdrán las dimensiones del diseño y se medirá por m^3 .

MURO DE ALBAÑILERÍA DE PIEDRA

Descripción

Los materiales a ser utilizados para los trabajos de albañilería, se refieren al uso de piedra de río, concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ para la construcción de muros y revestimientos, tanto en el canal de conducción, como en las obras de arte y como complemento de las diversas estructuras que conforman el proyecto. Las piedras, serán procedentes de las canteras aprobadas por la Inspección y sus dimensiones estarán de acuerdo con los espesores de los muros y revestimientos que indican los planos. Los revestimientos, además llevarán un emboquillado con mortero de arena-cemento 1:5.

Materiales

Las piedras podrán ser de diferentes tamaños, de acuerdo con las dimensiones de los muros y del espesor de los revestimientos a ser aplicados, con la aprobación del Ing. Supervisor. Las piedras procedentes del río, deberán de gran dureza y resistencia a la abrasión.

Concreto

Para la construcción de los muros de albañilería y muros de las obras de arte, se ha considerado el uso de concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$, mediante el vaciado del concreto y la colocación alternada de la piedra según las dimensiones de los muros especificadas en los planos. Para el caso del canal de conducción, se debe considerar además el uso de encofrados.

Para el uso del concreto, el contratista deberá tener en cuenta lo establecido en el ítem relativo a Concretos.

Del mismo modo los revestimientos, tendrán el mismo tratamiento, en lo que corresponde a la colocación de la piedra y del concreto.

Mortero

Para el mortero se utilizará únicamente arena limpia y de granos de aristas vivas. El diámetro máximo de la arena no debe ser superior a la mitad del espesor de las juntas. La Granulometría deberá ser conforme a lo especificado en el ítem: Concretos.

El mortero se preparará en mezcladores y no deberá utilizarse después de 1 hora de fabricado.

Las mezclas serán normalmente: mortero de cemento 1:5 (cemento/arena), estando las proporciones dadas en volumen. El contenido de agua en el mortero deberá ser el mínimo necesario para producir una mezcla trabajable.

En caso que se utilicen mezcladoras, el tiempo de mezcla no deberá ser menor de dos minutos. No se permitirá mezclar más mortero del que se necesite para el uso inmediato. Todo mortero que no sea utilizado dentro de los 45 minutos siguientes a la terminación del mezclado, será rechazado.

Medición y forma de pago

Para la medición valdrán las dimensiones del diseño y se medirá por m³. Se deducirán las aberturas en las paredes sólo cuando tienen una superficie libre superior a 1 m².

MAMPOSTERÍA DE PIEDRA

Descripción

Comprende el suministro de la mano de obra, materiales y equipo y la ejecución de las operaciones necesarias para efectuar recubrimientos parciales en las zonas indicadas en los planos, mediante la colocación de piedras canteadas sin labrar, sobre una base de concreto de acuerdo a lo indicado en los planos o a lo ordenado por el Ing. Supervisor.

La piedra deberá ser de buena calidad, homogénea de forma regular, durable, fuerte y resistente a la acción de los agentes atmosféricos y no deberá tener grietas ni partes alteradas.

La piedra será extraída desde las canteras aprobadas por el Ing. Supervisor y se canteará según las dimensiones indicadas en los planos de las estructuras correspondientes

La mezcla que se empleará para el asentado, será concreto $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Antes de la colocación, cada piedra deberá ser quedar libre de polvo y materiales extraños. Asimismo, la superficie del terreno donde se asentará la piedra deberá ser firme y nivelada y será humedecida completamente antes de iniciar el trabajo.

Las piedras serán colocadas en una sola capa, sobre una capa de mezcla de 5 cm de espesor mínimo, de manera que las caras planas de las piedras queden visibles. La separación entre piedras no debe ser menor de 2 cm.

Primeramente se colocarán las piedras más grandes y luego se rellenarán los espacios que queden entre ellos con piedras más pequeñas del tamaño adecuado, procurando que la cantidad de vacíos sea la mínima posible y que todas las piedras queden sólidamente asentadas y ligadas entre si por el mortero. Las piedras no deberán sobresalir más de 3 cm por encima de la sección de diseño.

Debe cuidarse que durante las 24 horas siguientes a la terminación del asentado, no se aplique ninguna carga a esta superficie. Finalmente, la superficie terminada deberá curarse por tres días consecutivos, mediante el rociado periódico durante el día.

Medición y forma de pago

La mampostería de piedra se medirá por m³. Se deducirán las aberturas en las paredes sólo cuando tienen una superficie libre superior a 1 m².

PIEDRA ACOMODADA

Descripción

Esta partida se refiere al procedimiento de colocado de un enrocado de protección a las estructuras de concreto y al suelo de la erosión del agua sobre todo a la proveniente de la salida de las alcantarillas.

La piedra deberá ser de buena calidad, diámetro mínimo de 8", homogénea de forma regular, durable, fuerte y resistente a la acción de los agentes atmosféricos y no deberá tener grietas ni partes alteradas. La piedra será extraída desde las canteras aprobadas por el Ing. Supervisor.

Medición y pago

El método de medición y pago para la piedra acomodada es en metros cúbicos, medidas de acuerdo al avance de los trabajos de conformidad con las presentes especificaciones y con la aprobación del Ingeniero Supervisor.

TUBERÍA DE PVC

A menos que se especifique lo contrario, los Materiales, Accesorios y procesos constructivos deberán cumplir con las siguientes normas:

- Norma OS.060 "Drenaje Pluvial Urbano"
- Norma OS.070 "Redes De Aguas Residuales"
- NTP-ISO 4633 "Sellos De Caucho"
- Norma ISO 9969 "Tubos de Materiales Termoplásticos – Determinación de la Rigidez Anular"
- Norma EN 476 "Requisitos Generales para Componentes Usados en Tubos de Descarga, drenaje, y Desagües para Sistemas de Gravedad"
- Norma ASTM D 2564 "Cemento Solvente para Tuberías y Accesorios de PVC"
- NTP 399.090 "Cemento Disolvente para Tubos Y Conexiones de Poli (Cloruro de Vinilo) no Plastificado (PVC-U)"

Denominación del Bien:

Tubería Estructural de PVC-U NTP 399.163 SN 4 DN=400 MM L=6M

Diam. Nominal	Diam. Exterior	Diámetro Interior	Rigidez Mínima	Longitud Campana	Longitud total
(mm)	(mm)	(mm)	(kN/m ²)	(m)	(m)
400	400	369.80	4	0.25	6,00

* La rigidez mínima será medida o expresada obligatoriamente según la norma ISO 9969.

NORMAS

El suministro deberá cumplir con la edición vigente, en la fecha de la Licitación de las siguientes Normas:

Norma NTP 399.163:2000 Tubería estructural de PVC-U

Tubería PVC-U

La tubería y los accesorios para las Redes de Alcantarillado, será fabricada a

base de la resina termoplástico de Policloruro de vinilo “PVC” rígido, no plastificado, autoextinguible, resistente a la humedad y a los ambientes químicos, resistentes al impacto, al aplastamiento y a las deformaciones provocadas por las cargas externas fijas y móviles en las condiciones normales de servicio. Respecto al material de la tubería deberá cumplir la norma EN 476, según lo indicado en la NTP 399.163.

Las tuberías se especifican según su diámetro nominal (DN) y su rigidez nominal (SN) para todos los casos y comparaciones. La rigidez nominal estará expresada en kN/m² y será medida según la norma ISO 9969. La rigidez de la tubería deberá ser la misma rigidez tanto en el cuerpo de la tubería así como en la campana de empalme para garantizar una deflexión uniforme. La rigidez deberá cumplir con lo indicado en la NTP 399.163 numeral 1.11.

Denominación anterior SERIE	20
RIGIDEZ NOMINAL (SN)	SN 4
RIGIDEZ (según ISO 9969)	4 kN/m ²

En concordancia con la NTP 399.161 numeral 5.2 y 5.3; los tubos de rigidez 4 kN/m² pueden ser usados bajo condiciones normales de suelo, zanja, métodos de relleno y compactación. Y las tuberías con rigideces menores 4 kN/m² deberán utilizarse solo si son favorables las condiciones de suelo, método de relleno y compactación.

La longitud mínima del tubo, no será menor de 6 metros; de color anaranjado.

La Tubería deberá estar rotulada marcada en forma indeleble en intervalos de 2m como máximo, indicándose: norma NTP 399.163, nombre del fabricante y/o marca de fábrica, Diámetro Nominal en milímetros (DN), Clase de Rigidez según ISO 9969 (SN4), material PVC-U y datos para su trazabilidad como fecha de fabricación, numero de Lote etc.

Las tuberías deberán cumplir las características físicas y mecánicas según las tablas N° 14 y N° 20 respectivamente, según la NTP 399.163

Empalme de tuberías

El empalme entre tubos se realizará en general por medio del sistema Espiga-Campana, el tipo de empalme de la tubería será unión flexible mediante anillos de caucho. El anillo deberá cumplir con la NTP ISO 4633. El acoplamiento de las tuberías y las conexiones deberá cumplir con lo indicado en la NTP 399.163 numeral 12, tabla 24.

Pegamento

En todas las uniones del sistema que necesiten empalmarse con “pegamento” se deberá utilizar la soldadura adecuada para el diámetro adecuado del tipo recomendado por el fabricante de tubería para garantizar la hermeticidad de las mismas y como mínimo deberá cumplir obligatoriamente con la **NTP 399.090 “Cemento Disolvente para Tubos Y Conexiones de Poli (Cloruro de Vinilo) no Plastificado (PVC-U)”** o la **ASTM D2564 “Cemento Solvente para Tuberías y Accesorios de PVC”**

Este pegamento al ser una sustancia química deberá tener su **Hoja de Seguridad** en cumplimiento de las ordenanzas correspondientes de la OIT, así como en el **DS 009-2005-TR “Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo”**

Lubricante

El lubricante deberá tener un origen vegetal y se prohíbe para todos los casos el uso de lubricantes como grasas derivados del petróleo. El lubricante a ser utilizado también deberá tener su Hoja de Seguridad (MSDS) con una información similar a lo indicado líneas arriba (MSDS de pegamento), los mismos que deberán ser concordantes con las siguientes características:

REQUISITOS	ESPECIFICACION
<p>Aspecto</p> <p>Color</p> <p>pH a 22°C</p> <p>Solubilidad en el agua fría</p>	<p>Pasta cremosa</p> <p>Blanco / crema</p> <p>9 ± 2</p> <p>Mínimo: soluble al 1%</p>

Carga y transporte

Es conveniente efectuar el transporte en vehículos cuya plataforma sea del largo del tubo, evitando el balanceo y golpes con barandas u otros, el mal trato al

material trae como consecuencia problemas en la instalación y fallas en las pruebas, lo cual ocasiona pérdidas de tiempo y gastos adicionales.

Si se utiliza ataduras para evitar el desplazamiento de los tubos al transportarlos o almacenarlos, el material usado para las ataduras no deberá producir indentaciones, raspaduras o aplastamiento de los tubos. Para evitar daños se recomienda amarrar los tubos con elementos no metálicos y de preferencia debe utilizar correas anchas de lona.

Los tubos deben ser colocados siempre horizontalmente, tratando de no dañar las campanas; pudiéndose para efectos de economía introducir los tubos uno dentro de otros, cuando los diámetros lo permitan.

Es recomendable que el nivel de apilamiento de los tubos no exceda de 1,50 m o como máximo los 2 m de altura de apilado con la finalidad de proteger contra el aplastamiento los tubos de las camas posteriores.

En caso sea necesario transportar tubería de PVC de distinta clase o rigidez, deberán cargarse primero los tubos de paredes más gruesas.

Recepción en almacén de obra:

Al recibir la tubería PVC, será conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

Inspeccionar cada embarque de tubería que se recepcione, asegurándose que el material llegó sin pérdidas ni daños.

Si el acondicionamiento de la carga muestra roturas o evidencias de tratamientos rudos, inspeccionar cada tubo a fin de detectar cualquier daño.

Verifique las cantidades totales de cada artículo contra la guía de despacho (tubos, anillos de caucho, accesorios, lubricante, pegamento, etc.).

Cada artículo extraviado o dañado debe ser anotado en las guías de despacho.

Notifique al transportista inmediatamente y haga el reclamo de acuerdo a las instrucciones del caso.

Separe cualquier material dañado. No lo use, el fabricante informará del procedimiento a seguir para la devolución y reposición si fuere el caso.

Manipuleo y descarga.

El bajo peso de los tubos PVC permite que la descarga se haga en forma manual, pero es necesario evitar:

La descarga violenta y los choques o impactos con objetos duros y cortantes. Mientras se está descargando un tubo, los demás tubos en el camión deberán sujetarse de manera de impedir desplazamientos.

Se debe evitar en todo momento el arrastre de los mismos para impedir posibles daños por abrasión.

También debe prevenirse la posibilidad de que los tubos caigan o vayan a apoyarse en sus extremos o contra objetos duros, lo cual podría originar daños o deformaciones permanentes.

Almacenamiento:

La tubería debe ser almacenada lo más cerca posible del punto de utilización. El área destinada para el almacenamiento debe ser plana y bien nivelado para evitar deformaciones permanentes en los tubos.

La tubería de PVC debe almacenarse de tal manera que la longitud del tubo este soportada a un nivel con la campana de la unión totalmente libre. Si para la primera hilera de tubería no puede suministrarse una plancha total, pueden usarse bloques de madera de no menos de 100 mm de ancho y espaciados a un máximo de 1.50 m. De no contarse aún con los bloques de madera, se puede hacer uno de ancho mayor a 5 cm. Del largo de las campanas y de 3 cm. De profundidad para evitar que éstas queden en contacto con el suelo.

Los tubos deben ser almacenados siempre protegidos del sol, para lo cual se recomienda un almacén techado y no utilizar lonas o plásticos, permitiendo una ventilación adecuada en la parte superior de la pila.

El almacenamiento de larga duración a un costado de la zanja no es aconsejable, los tubos deben ser traídos desde el lugar de almacenamiento al sitio de utilización en forma progresiva a medida que se les necesite.

La altura de apilamiento no deberá exceder a 1.50 m.

Los pegamentos deben ser almacenados bajo techo, de igual manera los accesorios o piezas especiales de PVC.

Los anillos de caucho no deben almacenarse al aire libre, debiéndose proteger de los rayos solares.

Los tubos deben apilarse en forma horizontal, sobre maderas de 10 cm. De ancho aproximadamente, distanciados como máximo 1.50 m de manera tal que las campanas de los mismos queden alternadas y sobresalientes, libres de toda presión exterior.

En todos los casos no debe cargarse otro tipo de material sobre los tubos.

Excavación de la zanja

Como regla general no debe procederse a cavar las zanjas con demasiada anticipación al trabajo de colocación de la tubería.

La inclinación de los taludes de la zanja debe estar en función de la estabilidad de los suelos (niveles freáticos altos, presencia de lluvias, profundidad de excavaciones y el ángulo de reposo del material) y su densidad a fin de concretar la adecuada instalación, no olvidando el aspecto económico.

En zonas con nivel freático alto o lluviosas, cabe la posibilidad de tener que efectuar entibados o tablestacados en las paredes de la zanja, a fin de evitar derrumbes. Asimismo es posible tener que efectuar operaciones de bombeo a fin de bajar el nivel freático o recuperar una zanja inundada.

Material excavado

Todo el material excavado deberá ser ubicado de tal manera que no obstaculice el trabajo posterior de instalación de la tubería.

Esta recomendación también es valedera para la excavación donde se ubiquen los buzones y las conexiones domiciliarias.

Fondo de la zanja

El fondo de la zanja debe ser continuo, plano y libre de piedras, troncos, o materiales duros y cortantes.

El tipo y calidad de la cama de apoyo que soporta la tubería es muy importante para una buena instalación, la cual se puede lograr fácil y rápidamente, dando como resultado un alcantarillado sin problemas.

Las especificaciones mínimas para el soporte del alcantarillado por gravedad en PVC, se puede obtener en base a dos métodos constructivos:

- **Fondo formado**

La tubería debe ser encamada con una fundación de tierra en el fondo de la zanja con forma circular que se ajusta a la tubería con una tolerancia razonable por lo menos en un 50% del diámetro exterior. El relleno lateral y superior mínimo 30 cm. Sobre la clave del tubo y compactado a mano o mecánicamente.

- **Fondo de material seleccionado**

Se coloca material seleccionado sobre el fondo plano de la zanja, con un espesor mínimo de 10 cm en la parte inferior de la tubería y debe de extenderse entre 1/6 y 1/10 del diámetro exterior hacia los costados de la tubería. El resto del relleno hasta unos 30 cm. mínimo por encima de la clave del tubo será compactado a mano o mecánicamente.

El fondo de la zanja debe ser totalmente plano, regular y uniforme, libre de materiales duros y cortantes, considerando la pendiente prevista en el proyecto, exento de protuberancias o cangrejas, las cuales deben ser rellenas con material adecuado y convenientemente compactado al nivel del suelo natural.

Cuando el fondo de la zanja está formado de arcilla saturada o lodo, es saludable tender una cama de grava $\frac{1}{4}$ " – $1\frac{1}{2}$ " de 10 cm de espesor mínimo, compactada adecuadamente.

Más aún, si el tubo estuviese por debajo del nivel freático o donde la zanja puede estar sujeta a inundación, se deberá colocar material granular de $\frac{1}{4}$ " a $1\frac{1}{2}$ ", triturado (tipo I) hasta la clave del tubo.

Si el fondo es de un material suave o fino sin piedra y se puede nivelar fácilmente, no es necesario usar rellenos de base especial. En cambio si el fondo está conformado por material rocoso o pedregoso, es aconsejable colocar una capa de material fino, escogido, exento de piedras o cuerpos extraños con un espesor mínimo de 10 a 15 cm. Este relleno previo debe ser bien apisonado antes de la instalación de los tubos.

Se debe de retirar rocas y piedras del borde de la zanja, para evitar el deslizamiento al interior y ocasionar posibles roturas.

Ancho de la zanja

El ancho de la zanja debe ser uniforme en toda la longitud de la excavación y en general debe obedecer a las recomendaciones del proyecto.

El ancho de la zanja a nivel de la parte superior de la tubería debe ser lo menor posible, de manera que permita una instalación correcta y eficiente al minimizar la carga de la tierra sobre el tubo. Así, un aumento en el ancho de zanja pero por encima de la clave del tubo no incrementa la carga de tierra sobre éste, lo que se consigue dando una pendiente a los costados de la zanja o excavando una zanja secundaria como se muestra en las figuras siguientes.

Por otra parte una zanja muy angosta dificulta la labor de instalación de la tubería (tendido y compactación).

Como recomendación general se sugiere el siguiente ancho de la zanja a nivel de clave del tubo: De + 0,30 m.

Clasificación de terrenos

El tipo de suelo alrededor de la tubería de acuerdo con sus propiedades y calidad, absorberá cierta cantidad de carga transmitida por el tubo. Por lo tanto, la clase de suelo que se utilice para encamado, relleno lateral y superior, es fundamental en el comportamiento de la tubería.

De acuerdo a la clasificación Internacional de suelos (ASTM 2331) en función de sus características granulométricas y su comportamiento en ese tipo de aplicación, se tiene la siguiente tabla:

CLASE	DESCRIPCION Y SIMBOLOGIA
I	Material granular de ¼" a 1 ½" de diámetro (triturado)
II	Suelos tipo GW, GP, SW y SP
III	Suelos tipo GM, GC, SM y SC
IV	Suelos tipo ML, CL, MH y CH
V	Suelos tipo OL, OH y PT

Los suelos clase V no son recomendables para encamado, soporte lateral y superior de la zanja

Características de los suelos

En la siguiente tabla se presenta la descripción de los distintos tipos de suelos.

CLASE	SUELO (SIMBOLO)	DESCRIPCION
II	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de Grava y Arena con poco o nada de finos
II	GP	Gravas mal gradadas y mezclas de Grava y Arena con poco o nada de finos
III	GM	Gravas limosas, mezclas de Grava, arena y limo
III	GC	Gravas Arcillosas, mezclas de Grava, Arcilla y Arena
II	SW	Arenas bien gradadas, arenas con grava con poco o nada de finos
II	SP	Arenas mal gradadas y arenas con grava, con poco o nada de finos
III	SM	Arenas Limosas, mezclas de arena y Limo
III	SC	Arenas Arcillosas, mezclas de arena y Limo
IV	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arcillosos o arenosos ligeramente plásticos.
IV	CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas pobres.
V	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
IV	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos y diatomáceos, limos elásticos.
IV	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas
V	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad
V	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos.

Instalación de tubería:

La Red de Tubería PVC debe ser colocada en línea recta llevando la pendiente de diseño para la verticalidad, y para la horizontalidad deberá cuidarse el alineamiento de las tuberías.

La tubería debe ser instalada teniendo en cuenta el sentido del flujo del desagüe, debiendo ser siempre la campana opuesta al sentido de circulación del flujo.

Después de cada jornada de trabajo de entubado, de acuerdo al clima es necesario proteger la tubería de los rayos del sol y golpes o desmoronamiento de taludes de la zanja, debiendo cuidar esto con una sobrecama de arena gruesa o material seleccionado, dejando libres solo las uniones de la tubería.

Limpiar cuidadosamente ambas superficies de contacto de la espiga y la campana, antes de retirar la cinta de protección de los anillos.

Para tubos de unión flexible, se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

Limpiar cuidadosamente el interior de la campana, el anillo deberá estar ubicado en la segunda cresta de la tubería.

Sobre el anillo y la parte interna de la campana se aplicará el lubricante, prohibiéndose en todo momento el uso de grasas derivados del petróleo.

Empalmar introduciendo hasta el fondo de la campana manualmente o con ayuda de una barreta haciendo palanca; pero protegiendo el extremo del tubo con una madera.

El esfuerzo de empalme siempre deberá ser axial, si no se puede empalmar con la ayuda de barretas, se deberá emplear equipo de ensamble adecuado como los templadores manuales o malacates

Debe de tenerse en cuenta que el lubricante a ser utilizado en la instalación de la tubería debe ser el que cumpla mínimamente lo indicado líneas arriba.

Deflexión de tuberías

Al estar una tubería PVC enterrada a cierta profundidad y por tanto se encuentra sometida a una acción de cargas externas, ésta tenderá a deformarse dependiendo del tipo de material de relleno y su grado de compactación y la rigidez de la tubería.

La deformación ocasiona una disminución del diámetro vertical y la sección transversal decrece. En el punto de falla inminente, la parte superior de la tubería llega a ser prácticamente horizontal y un diferencial adicional de carga puede originar una inversión de la curvatura con lo que la tubería colapsa.

Las deflexiones en tubos PVC deben ser controlados y se debe tener un estimativo de su magnitud de acuerdo a las condiciones de zanja y materiales de relleno. La tubería debe ser diseñada para soportar las condiciones de carga extremas de cada proyecto específico.

En la tabla siguiente se muestra la reducción del área de flujo en función de la deformación vertical diametral para tuberías PVC.

DEFORMACION VERTICAL DIAMETRAL (%)	DEL AREA DE UN CIRCULO PERFECTO (%)	DEFORMACION VERTICAL DIAMETRAL (%)	DEL AREA DE UN CIRCULO PERFECTO (%)
0,5	99,9975	18	96,79
1,0	99,99	19	96,39
1,5	99,9775	20	96,00
2,0	99,96	21	95,59
2,5	99,9375	22	95,16
3,0	99,91	23	94,71
3,5	99,8775	24	94,24
4,0	99,84	25	93,75
4,5	99,7975	26	93,24
5,0	99,75	27	92,71
5,5	99,6975	28	92,16
6,0	99,64	29	91,59
6,5	99,5775	30	91,00
7,0	99,51	35	87,75
7,5	99,4375	40	84,00
8,0	99,36	45	79,75
8,5	99,2775	50	75,00
9,0	99,19	55	69,75
9,5	99,0975	60	64,00
10,0	99,00	65	57,75
11,0	98,79	70	51,00
12,0	98,56	75	43,75
13,0	98,31	80	36,00
14,0	98,04	85	27,75
15,0	97,75	90	19,00
16,0	97,44	95	9,75
17,0	97,11	100	----

La Norma ISO recomienda valores de deflexión no mayores al 5% del diámetro del tubo, con lo cual se ha probado que las tuberías trabajan en forma apropiada. La experiencia ha demostrado que cuando el sistema de instalación va de acuerdo con las normas, las deflexiones no sobrepasan los límites establecidos.

Según la NTP 399.161, para tubos con rigideces de 4 ó 8 kN/m² la deflexión promedio medida, entre 1 y 3 meses después de completada la instalación, no debe exceder de 5% del diámetro nominal con un valor máximo no mayor que 8% del diámetro nominal. La máxima deflexión a 2 años de instalación, no debe exceder a 10% del diámetro nominal.

Relleno

El relleno debe seguir a la instalación de la tubería tan cerca como sea posible, los fines esenciales que debe cumplir este relleno son:

Proporcionar un lecho para la tubería.

Proporcionar por encima de la tubería, una capa de material escogido que sirva de amortiguador al impacto de las cargas exteriores.

La forma de ejecutar el relleno será como sigue:

Primero, se debe formar el lecho o soporte de la tubería, el material regado tiene que ser escogido, de calidad adecuada, libre de piedras y sin presencia de materia orgánica.

Compactación

La capacidad de la tubería para transmitir las cargas externas depende en gran parte del método empleado en su instalación, el cual a la vez depende del tipo de material utilizado.

Suelo Clase I:

Es un suelo ideal para el encamado de zanja ya que requiere poca compactación, y este material se extenderá hasta la mitad del tubo y de preferencia hasta la clave. El material restante puede ser clase II o III de preferencia.

En zonas donde el tubo estará bajo nivel freático o donde la zanja estará sujeta a inundación, se colocará suelo clase I hasta la clave del tubo con baja compactación.

Suelo Clase II:

Idóneo para encamado, o relleno lateral o superior. Se compactará en capas de 10 a 15 cm a un nivel de 85% de máxima densidad seca del proctor modificado ASTM D 698 ó AASHTO T –180.

Suelo Clase III:

Similares características que el suelo Tipo II con la salvedad que la compactación debe ser 90% de la máxima densidad.

Suelo Clase IV:

Presentan dificultad en el control apropiado del contenido de humedad en el subsuelo por lo que deberá tenerse cuidado con el diseño y selección del grado y método de compactación.

Algunos suelos de esta clase que poseen límite líquido mayor a 50% (CH, MH, CH-MH), presentan reducción de su resistencia cuando se humedecen, por lo que su empleo queda restringido a zonas áridas donde el material se relleno se saturará. Los suelos de esta clase con media o baja plasticidad con límite líquido menor al 50% (CL, ML, CL-ML) también requieren una cuidadosa consideración en el diseño e instalación para controlar su contenido de humedad, pero su uso no está restringido a zonas áridas.

Suelo Clase V:

Representado por suelos orgánicos como turbas, limos y arcillas orgánicas. No se recomienda en ningún caso el relleno de zanja con este tipo de suelo.

Prueba de Nivelación (Pendiente)

Se efectuará nivelando los fondos terminados de los buzones y la clave de tubería cada 10 m.

Prueba de Deflexión

Se verificará en todos los tramos que la deflexión en la tubería instalada no supere el nivel máximo permisible del 5% del diámetro interno del tubo. Para la verificación de esta prueba se hará pasar una bola de madera compacta o un "mandril" (cilindro metálico de 30 cm de largo) con un diámetro equivalente al 95% del diámetro interno del tubo, la misma que deberá rodar libremente en el interior del tubo o deslizarse al ser tirado por medio de un cable desde el buzón extremo, en el caso del cilindro metálico.

Una vez constatado el correcto resultado de las pruebas, se podrá proceder al relleno de la zanja.

Conexión a buzones o cajas de recepción

Cuando las tuberías se conectan a estructuras de concreto, incluyendo cajas de registro o buzones, se deberán incorporar uniones flexibles dentro de la pared o tan próximas como sea posible de las caras exteriores de las estructuras, excepto cuando la tubería y la estructura formen parte de una misma instalación integrada sobre una cimentación rígida.

Se puede aportar una flexibilidad adicional insertando tubos de pequeña longitud para habilitar la articulación. La longitud de esos tubos y el detalle en el diseño deberán ser acordes con el diámetro. Para las tuberías que atraviesan una estructura se puede requerir un manguito o mangas de empotramiento.

Es importante tener en cuenta que estas conexiones deben garantizar la hermeticidad y conservar las condiciones de flexibilidad de la tubería.

Introduzca la tubería en la cámara de inspección, verificando que el caucho quede a la mitad del muro, luego aplique mortero y emboquille.

