

Universidad San Francisco de Quito

Evaluación Técnica-Económica
del Conector Alpachaca

José Antonio Pernas Pavisic

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del
título de Ingeniero Civil

Quito
Diciembre del 2006

Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Evaluación Técnica-Económica del conector
Alpachaca

José Antonio Pernas Pavisic

Patricio Arévalo, Ing
Director de tesis

(firma)

Patricio Arévalo, Ing
Miembro del Comité

(firma)

César Landázuri, Ing
Miembro del Comité

(firma)

Fernando Romo, Ms
Decano del Politécnico

(firma)

Quito, Diciembre del 2006

**© Derechos de autor
José Antonio Pernas Pavisic
2006**

Dedicatoria

Sin duda alguna, se me pasan por la mente muchas personas que a lo largo de mi carrera me ayudaron a realizar este sueño. Pero solo hay dos, que puedo asegurar que estarán conmigo siempre:

Papá y Mamá.

Ellos estuvieron ahí, están ahí y estarán ahí. Gracias Papis.

También quisiera dedicar esta tesis a mi Nono. Sus obras e ingenios me sirvieron de inspiración para llegar donde estoy y para poder seguir adelante.

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar a mi hermana por estar tan cerca de mí a pesar de que vive tan lejos. Ella me apoyo durante todo el colegio y la universidad, poniendo mucho tiempo, empeño y confianza.

A mis profesores, por darme todas sus enseñanzas. En especial a mi director de tesis, el Ingeniero Patricio Arévalo, que a lo largo de este tiempo transmitió su conocimiento sin miedo alguno. Un buen profesor es aquel que trasmite la totalidad de sus conocimientos, sin temor a ser superado por sus alumnos.

A mis compañeros y amigos universitarios, que durante todos estos años me explicaron con gran paciencia muchas cosas. A mis amigos y amigas fuera de la universidad que siempre estuvieron allí en las buenas y en las malas, dándome ánimos para seguir adelante. Y por último a mí...

Resumen

La tesis consiste en dos partes:

La primera, en innovar metodologías nuevas para realizar evaluaciones técnicas. En este capítulo se muestran algunas metodologías que sirven para la realización de evaluaciones técnicas, recalcando como las más importantes las listas de revisión y la matriz de Leopold-Pernas. Esta última fue inspirada en el método de Leopold para estudios ambientales.

La segunda parte se usa la metodología Leopold-Pernas para evaluar la autopista conector Alpachaca. Durante esta evaluación se desarrollan algunas fórmulas para que el estudio sea lo más objetivo posible. También se explica la calificación en cada componente. Una vez obtenido todos los valores de la matriz se calcula el puntaje, calificación promedio y la nota de los componentes de cada etapa: diseño y construcción.

Para concluir con el estudio se hace el análisis de los resultados y se explica donde se detectaron los errores. De igual forma se dan recomendaciones para en un futuro obtener mejores resultados.

Tesis de Grado

Tabla de contenidos

Capítulo I	Marco Teórico
1)	Introducción
2)	Antecedentes
3)	Justificación
4)	Objetivos
5)	Metodologías
5.1)	Introducción
5.2)	Metodologías de Primer Nivel
	Lista de Revisión
5.3)	Metodologías de Alto Nivel – Primer Grado
5.3.1)	Matriz de Leopold-Pernas
5.3.2)	Método de las Transparencias
5.4)	Metodologías de Alto Nivel – Segundo Grado
Capítulo II	Matriz de Evaluación
Capítulo III	Proceso de Evaluación
1)	Introducción
2)	Localización del Proyecto
3)	Breve descripción del Proyecto
4)	Generalidades del Diseño
4.1)	Revisión de las Norma ASSHTO
4.2)	Revisión de las Normas de Diseño del MOP

- 4.3) Requerimiento de la CORPAQ
- 5) Criterios de Diseño
 - 5.1) TPDA en Alpachaca
 - 5.2) TPDA en el aeropuerto actual
- 6) Diseño Transversal
 - 6.1) Ancho Calzada
 - 6.2) Ancho espaldones
 - 6.3) Gradiente Espaldones
 - 6.4) Ancho Cuneta
- 7) Diseño Horizontal
 - 7.1) Radio de Curvatura de Curvas Circulares Horizontales
 - 7.2) Radio de Curvatura de Curvas Espirales Horizontales
 - 7.3) Peralte
 - 7.4) Tangente Intermedia Mínima
 - 7.5) Sobreancho
- 8) Diseño vertical
 - 8.1) Gradiente Longitudinal
 - 8.2) Curvas verticales
 - 8.3) Recomendaciones
- 9) Movimiento de Tierra
- 10) Transporte de Material
- 11) Calzada
- 12) Hidrología y Drenaje
 - 12.1) Diseño
 - 12.2) Ubicación
 - 12.3) Diámetro
 - 12.3) Angulo
 - 12.4) Ítems
- 13) Camino Histórico
 - 13.1) Ubicación y Longitud del Paso Deprimido
 - 13.2) Carpeta de Rodadura del Paso Deprimido

13.3) Ítems

14) Mitigación Ambiental

Capítulo IV Resultados y Gráficos

Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones

1) Conclusiones

2) Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

Anexo 1. Evolución Histórica de la red vial del Ecuador

Anexo 2. Longitud y Porcentaje de la red Estatal Provincial y Cantonal

Anexo 3. Estadísticas Viales Información Básica para el Cálculo de Índices Viales
y de Transportes

Anexo 4. Estado de las Vías en la Provincia de Pichincha

Anexo 5. Planos de diseño y as built (papel calco) del km 0-1

Anexo 6. Planos de diseño y as built (papel calco) del km 1-2

Anexo 7. Planos de diseño y as built (papel calco) del km 2-3

Anexo 8. Planos de diseño y as built (papel calco) del km 3-4

Anexo 9. Planos de diseño y as built (papel calco) del km 4-5

CAPITULO I

Marco Teórico



1.- Introducción

En términos generales, se entiende por evaluación al uso patrones de medición con la finalidad de calificar un proyecto. En este caso analizará un solo proyecto: **“La Autopista Conector Alpachaca”**, de la CORPAQ. El análisis de este proyecto, algo nuevo y único en la historia de la ingeniería vial de nuestro país, evaluará el diseño definitivo versus el proyecto construido. Dentro de este estudio se estudiará detalladamente cada parte de la obra civil y su factibilidad técnico-económica. A corto plazo esta tesis va a descubrir algunas fallas técnicas y económicas que se cometieron durante la elaboración del diseño y durante la construcción. Pero es a largo plazo donde la funcionalidad de esta tesis va a generar grandes beneficios para los diseñadores y constructores de nuestro país.

2.- Antecedentes

En el país existen más de 43 mil kilómetros de carreteras. De estos, 11 mil kilómetros son solo caminos de verano, es decir que son intransitables durante épocas lluviosas. El resto, 32 mil km, según fuentes del MOP se encuentra un 20% en mal estado. Si se verifica el estado de las vías en la Provincia del Pichincha, se deduce que solo 85 km de carreteras de esta provincia son calificadas por el mismo MOP como “muy bueno”. La mayoría de las vías de la provincia del Pichincha reciben un “regular” en su calificación para el estado de la vías. Otro dato interesante, para la provincia de Pichincha, es que más 50 km de vías de primer orden se encuentran en “mal estado”. (mop.gov.ec)

Pero como es evidente, el tráfico, la inseguridad vial y los altos costos de transportes no están solo vinculados con el estado de las vías en el país, sino con la capacidad de las mismas. El TPDA (Transito Promedio Diario Anual), establece el tipo de vía, es decir el ancho de las calzadas, la cantidad de calzadas, la velocidad de diseño y el tipo de calzada. El parque automotor en Pichincha creció desde 1999 en casi un 50% logrando en la

actualidad que existan 8.7 personas por cada vehículo. Este acelerado crecimiento hizo que las vías en la provincia del Pichincha quedaran obsoletas, en otras palabras, los parámetros de diseño de hace siete años no contemplaron el elevado crecimiento de vehículos. Similares ejemplos pasaron en el resto del país, pero cabe recalcar que el problema es mayor ya que muchas de las vías construidas hoy en día fueron realizadas en los años 70, y no han tenido mejoramiento alguno. (mop.gov.ec)

En 1999 se produjeron 17 mil accidentes en todo el país, 30% de ellos fueron en la provincia del Pichincha. Pero este dato es obsoleto, hay que recordar y ser realistas que si el número de vehículos aumentó y las condiciones viales empeoraron, seguramente este número creció en un gran porcentaje. Esto hace que la mayor tasa de mortalidad por accidentes sean de tránsito. (mop.gov.ec)

En el anexo 1,2,3,4 se muestran los datos estadísticos del MOP, relacionados con la vialidad del país.

Sin duda nuevas soluciones viales, que reduzcan el tráfico son necesarias en ciertas áreas del país. Para que los ingenieros no cometamos los mismos errores una y otra vez durante la etapa de diseño y construcción, es necesario hacer una evaluación que compare estas dos etapas y sacar las respectivas conclusiones y recomendaciones. Estas podrían ayudar a diseñar carreteras más seguras, de menores costos y de mayor durabilidad y al mismo tiempo deberán ser construidas optimizando los diseños. Un diseño balanceado se traduce en significativos ahorros para el país.

3.- Justificación

A diferencia de muchos otros proyectos, mejorar la vialidad del país es algo urgente y necesario. La falta de vías en buen estado o la carencia de las mismas es un problema que vincula a todos los ecuatorianos. El Ecuador tiene una de las tasas de crecimiento poblacional más alta de Latinoamérica y del mundo. Es por ello que conforme va pasando el tiempo, las vías son más traficadas, esto da como resultado que las personas se demoren más tiempo en llegar a sus lugares de trabajo, que los productos se retrasen o

que muchas veces no lleguen. Como es obvio, estas demoras producen grandes pérdidas económicas a nuestras empresas ya que retrasan de una u otra manera la producción. En otras palabras sacan a nuestras empresas de la competencia, ya que es imposible competir con empresas internacionales que solo requieren pocas horas para sacar sus productos a los puertos. Otra consecuencia grave es el aumento de contaminación que no solo perjudica a la región económicamente, sino ambientalmente.

Debido a las razones anteriormente descritas, es necesario que en nuestro país se mejore la calidad de las vías, pero ¿como se sabe cuales son sus fallas?. Pues una evaluación técnica económica de una vía existente, ayudará a reducir los errores de diseño y construcción. Sin una evaluación de este tipo existente en el campo de la vialidad, es común que se comentan los mismos errores una y otra vez, lo que genera millones de dólares en perdidas. No solo se evaluará esta autopista, si no que se sentará un precedente para que otras carreteras y caminos se sigan evaluando y descubriendo sus falencias y de esta forma conseguir una optimización.

4.- Objetivo

Realizar la evaluación técnica-económica de **“La autopista Conector Alpachaca”**. Este estudio servirá como base para futuras evaluaciones en el campo de la vialidad.

5.- Metodología

5.1.- Introducción

El término “Metodología de evaluación” se refiere, en primera instancia, a las distintas formas de conseguir una o más de las tareas básicas que forman parte del proceso de evaluación o análisis. Se busca con ellos sistematizar el tratamiento de la información y facilitar, en los casos más completos, la agregación de resultados y la selección de alternativas. El objetivo de estos métodos es buscar siempre la comparación entre alternativas o la optimización de los proyectos.

La evaluación técnica-económica de una carretera o autopista analiza un sistema complejo, con muchos factores distintos y con fenómenos que son muy difíciles de cuantificar. ¿Cómo fijar objetivamente la calidad del diseño? O ¿Cómo reconocer si las modificaciones hechas por el constructor estuvieron bien realizadas y estuvieron de acuerdo al reglamento del MOP o del Código Ecuatoriano de la Construcción?. Para realizar estos estudios de evaluación, no se han establecido métodos ni mecanismos.

Los estudios de evaluación tienen que realizarse siempre en toda obra de desarrollo; su alcance y profundidad dependerán del tipo de obra y de la etapa de ejecución de ella.

Este tipo de estudios están dirigidos hacia una correcta planificación integral de los proyectos con el afán de lograr la optimización en la utilización de los recursos económicos y que a su vez se logren beneficios técnicos para de esta forma minimizar los errores del proyecto.

Debido a que no existe una metodología propuesta para realizar un estudio de evaluación de una vía, se tomarán ciertas metodologías existentes para realizar evaluaciones de otros tipos de proyectos. Estos métodos son utilizados en la actualidad por un grupo interdisciplinario de profesionales que aportan con sus conocimientos en diferentes aspectos para realizar Estudios de Impacto Ambiental. La forma de hacerlo se explicará claramente, más adelante, en este documento.

Las restricciones en la elaboración de estos tipos de estudios pueden ser de distinto orden. Las más importantes son las financieras y tecnológicas. Como es obvio y entendible, un estudio de evaluación como el que se pretende hacer demanda tiempo, que a la final significa altos gastos en recursos. Los recursos necesarios para analizar el proyecto pueden variar dependiendo del alcance del mismo. Las limitaciones tecnológicas se deben a que por lo general, las metodologías de evaluación disponibles no se ajustan a la realidad de los países en vías de desarrollo, por haber sido concebidas y desarrolladas para otras circunstancias y en otros medios. Como se dijo anteriormente uno de los objetivos de esta tesis, no es solo evaluar la autopista “Conector Alpachaca”, sino

analizar y desarrollar metodologías que puedan ser aplicadas en nuestro medio para analizar la vialidad de nuestro país y del resto de comunidades de Latinoamérica.

Dependiendo la metodología aplicada en la evaluación, los resultados pueden variar. Sin embargo se deben esperar datos que indiquen donde se cometieron los mayores errores y por que se produjeron estos. De esta forma la evaluación podrá corregir y servir para evitar futuras fallas. En muchos casos sólo será posible cuantificar en términos relativos los errores que se cometieron, pero si habrá ejemplos donde estos errores sean medidos con cifras económicas.

En Ingeniero Juan Carlos Páez en su documento “Introducción a la Evaluación de Impacto Ambiental” describe distintas metodologías y habla de categorizarlas. Esta categorización se la va a realizar de acuerdo al enfoque general que le vaya a dar al estudio: administrativo, técnico o financiero. Las administrativas se refieren a todo, el procedimiento legal y el marco jurídico respectivo desde los cuales se pueden enfrentar los problemas de EIA, en este caso de una evaluación vial; las segundas tratan de encontrar los medios y mecanismos para llegar a una identificación y valoración de los errores cometidos en el proyecto en una forma específica que a su vez permita determinar las mejores acciones para eliminarlos.

En un buen número de casos, los métodos descritos por Páez han sido desarrollados para la evaluación de proyectos concretos, lo que condiciona, en cierto modo su generalización. Algunos de ellos poseen sólo validez parcial, o simplemente sirven de base para el desarrollo de otros métodos más sofisticados y complejos.

El Ingeniero Juan Carlos Páez propone 5 metodologías para el análisis de impactos ambientales en Latinoamérica. Debido a que dos de estas son específicamente realizadas para el estudio de impactos ambientales, y no tienen su aplicación en el campo de la vialidad, no se la describirá a continuación.

Las principales metodologías que servirán para la evaluación técnico económico de una vía serán las siguientes:

- Listas de revisión, verificación o referencia (sistemas de Jain, Georgia, Stacey, Urban, Adkins, Dee, Stover, Banco Mundial, BIRF, BID).
- Matrices causa-efecto (sistemas de Leopold, Moore, New York, Dee 1973).
- Técnicas geográficas, como los mapas, transparencias (sistemas de McHarg, Kraus-Kopf)
- Métodos cuantitativos (Battelle).

Una combinación entre los métodos matriciales y los cartográficos es el denominado de Galletta, y que sirve especialmente para proyectos "lineales", como carreteras, poliductos, líneas férreas, líneas de transmisión de energía, etc.

5.2.- Metodología de Primer Nivel

Lista de Revisión

Para muchos autores este método evaluativo se lo considera de primer nivel ya que puede llegar a identificar, predecir y describir los errores, pero no a agregarlos ni a sistematizar la selección de alternativas. Otro ejemplo de un método evaluativo de primer nivel son los diagramas de redes.

Este método, conocido también como Check list, consiste en tener un listado, por ejemplo, de los errores comunes durante la construcción. Prácticamente se puede hacer un listado de cualquier cosa que pueda ayudar a evaluar un proyecto:

- Errores típicos de diseño
- Normas que deben cumplirse
- Procedimientos constructivos que se han cumplido
- ¿Que tecnología se ha aplicado?

Cualquier punto de esta lista puede servir para cualquier proyecto y ser muy completo. Pero de la misma forma se puede desarrollar la lista con información más detallada y específica para un proyecto en particular.

La primera ventaja de las listas de revisión o check list es que sirven como verificación final. Es necesario que las listas sean lo más completas, ya que si no está bien diseñada es posible que en la evaluación se pase por alto un factor importante al no estar incluido. Si se incluyen todos los elementos posibles no existe el riesgo de olvidar ninguno; sin embargo, no es fácil conseguir la totalidad de estos elementos y muchas veces con tanta información el trabajo se puede volver tedioso y poco eficiente. Es por esta razón que es difícil realizar una lista que sirva para todos los proyectos, pero si se puede hacer una que sea la base de muchas evaluaciones.

Cuando se tiene la lista base hay que efectuar una labor de selección de aquellos elementos apropiados al tipo de proyecto y de la misma forma se pueden añadir elementos que no estén incluidos en la lista. Es obligación del evaluador proporcionar la mejor lista posible y que incluya aspectos específicos y generales y de la misma forma que tengan relevancia en el proyecto.

Como lo recomienda el Ing. Páez, es necesario que adjunto a la evaluación y mediante la utilización de esta metodología, debe incluirse una memoria explicativa que proporciona información complementaria basada en la interpretación de los expertos que permita justificar los resultados a los que se ha llegado.

Puede concluirse que la utilización de las listas de revisión son recomendables para proyectos que se encuentren en la fase de estudios preliminares, etapas de prefactibilidad o factibilidad, donde se requieren resultados generales y aproximativos. Pierden su utilidad a medida que los proyectos se encuentren en niveles de análisis más avanzados.

Las lista de revisión o check-list son propuestas y realizadas por diversos organismos internacionales que financian la ejecución del proyecto. En este caso, el Municipio de Quito o Quiport deberían ser los más interesados en realizar esta lista.

Para que se tenga un mayor entendimiento de cómo se logra hacer la evolución de una vía utilizando el método de Check Lists, a continuación se va a mostrar un ejemplo:

Ejemplo 1

Tabla 5.2-1

Acción o componente	DISEÑO DEFINITIVO	DISEÑO CONSTRUIDO
Diseño Horizontal	1	3
Diseño Vertical	3	1
Movimiento de tierras corte	2	1
Movimientos de tierras relleno	1	3
Tipo de pavimento	2	2
Diseño paso deprimido	1	2
Control de Contaminación	2	3
Presupuesto	2	3
Zanjas de drenaje	3	2
TOTALES	17	20

*Este ejemplo no tiene relación alguna con la realidad, su objetivo único es pedagógico.

Nota. Se califica cada componente en una de las dos etapas de trabajo siendo 3 la más alta y 1 la más baja. Lo importante de esta lista son las conclusiones que podemos sacar. La calificación se la puede hacer en base al porcentaje de normas que se han cumplido o

de recomendaciones. Muchos valores van a ser subjetivos y dependerán de la experiencia del evaluador

Conclusión No. 1: Las correcciones que se hicieron al diseño definitivo durante la construcción alcanzaron su objetivo. Puesto que el diseño construido (as-built) obtuvo un mejor puntaje.

Conclusión No. 2: La diferencia entre el diseño definitivo y el construido es mínima, puesto que solo hay tres puntos de diferencia.

Es importante recalcar que cada evaluador u organismo interesado en hacer una evaluación, puede utilizar el número que desee. También es importante sacar conclusiones y recomendaciones, puesto que estos datos sin una buena interpretación no tienen mucha validez.

Ejemplo 2

A continuación se muestra una check list más específica y de otras características que la anterior.

Ficha para usarse durante el Diseño Definitivo

Tabla 5.2-2

FICHA N°		ZANJAS		
FECHA		LUGAR		
N°	Acción Durante el Diseño Definitivo	M	R	B
1	Se conoce la naturaleza y estado del terreno ¿Profundidad de nivel freático?			
5	Existe el diseño del cierre perimetral de la zanja Pasos sobre zanjas a una distancia no superior a 50 ml.			
6	Se han diseñado Barandillas de protección correctas y resistentes			
7	Diseño Plataformas metálicas para el paso de vehículos			
8	Diseño de los talud taludes			
9	Diseño de la Señalización adecuada de la zona de trabajos Señalización nocturna			
10	Es necesario entibar las zanjas			
11	Los productos procedentes de la excavación se acopian a un solo lado de la zanja y a una distancia nunca inferior a 1,00 mts. Recomendación diseño.			
12	Se ha diseñado para cumplir normas ambientales			
OBSERVACIONES: Marque con una X el cuadro respectivo M= Malo R=Regular B=Bueno				
		Σ		

REALIZADO POR		ESTADO	Aceptable	
			Rechazado	

Ficha para usarse durante la construcción

Tabla 5.2-3

FICHA Nº		ZANJAS		
FECHA		LUGAR		
Nº	Acción Durante la Construcción	M	R	B
1	Los datos sobre el estado del terreno fueron validos a la realidad ¿Profundidad de nivel freático?			
5	Se construyó cierre perimetral de la zanja de acuerdo al diseño Pasos sobre zanjas a una distancia no superior a 50 ml.			
6	Se han construido Barandillas de protección correctas y resistentes			
7	Se han construido Plataformas metálicas para el paso de vehículos			
8	Construcción de los taludes de acuerdo al diseño; Fue correcto el calculo de la pendiente			
9	Se realizo la Señalización adecuada de la zona de trabajos Señalización nocturna			
10	Es necesario entibar las zanjas			
11	Los productos procedentes de la excavación se acopian a un solo lado de la zanja y a una distancia nunca inferior a 1,00 mts. . Se cumplió			
12	Se cumplieron las normas ambientales			
OBSERVACIONES				
M= Malo				
R=Regular				

B=Bueno							
			Σ				
REALIZADO POR		ESTADO	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Aceptable</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rechazado</td> <td></td> </tr> </table>	Aceptable		Rechazado	
Aceptable							
Rechazado							

*Este ejemplo no tiene relación alguna con la realidad, su objetivo único es pedagógico.

Nota: Una vez llenada cada ficha, con un visto que indique si la acción fue mala (M), regular (R) o buena (B) se procede a hacer una comparación. Si, por ejemplo, el número de vistos buenos es mayor en la ficha que describe el proceso de construcción, se podrá concluir que hubo ciertos aspectos en el diseño definitivo que no estuvieron bien realizados y los cuales se cambiaron durante la construcción. Si el número de vistos buenos, regulares y malos estuvieron bastantes parejos entre ambas planillas se puede concluir que la construcción siguió al pie de la letra el diseño definitivo y no se encontraron cambios representativos. Y por ultimo si existieron más vistos buenos en el diseño definitivo que en el diseño final de construcción, quiere decir que la construcción obvió muchas cosas importantes del diseño o que no fue construido según las características requeridas.

Una de las mayores ventajas de este método, es que ofrece la posibilidad de cubrir o identificar casi todas las áreas del proyecto, mediante procesos en extremo simples. Pueden ser adecuadas cuando se requiere una revisión y evaluación rápida y superficial

Las listas de revisión sólo permiten la identificación de los componentes más importantes que pueden ser afectados u obviados, sin establecer la importancia relativa de estas afectaciones ni permitir la determinación de la acción específica que las ocasiona. Debido a esto, es recomendable no utilizarlas en otras etapas del estudio que no sean las de

prefactibilidad, ya que por el tipo de resultados que dan, no contribuyen en etapas posteriores a ofrecer soluciones específicas a los problemas detectados.

Para concluir con los aspectos negativos de las listas de revisión se podría enumerar las siguientes desventajas:

- No identifican errores directos.
- Es muy difícil determinar plazos, ni probabilidades de que se produzcan nuevos errores.
- No asocia los errores con otros errores.
- Arroja resultados cualitativos y no permite establecer un orden de prioridades.
- Por ultimo hay que recordar que estas son subjetivas y va a depender mucho de quien sea el evaluador y que intereses tenga.

Para eliminar uno de los mayores problemas de las listas de revisión a continuación se explicará una metodología que puede ser utilizada para encontrar los errores de mayor prioridad.

Ejemplo 3

El primer paso es identificar los errores que se pueden cometer o se han cometido. Esta información saldrá de la check list. A continuación se enumeran los componentes que han tenido menor puntaje en la lista de revisión del ejemplo Numero 1

Nota: Los valores han sido modificados por fines didácticos

Tabla 5.2-4

Acción o componente	DISEÑO DEFINITIVO	DISEÑO CONSTRUIDO	Total
Diseño Horizontal	1	2	3

Diseño Vertical	3	1	4
Movimiento de tierras	2	1	3
Tipo de pavimento	2	1	3
Diseño paso deprimido	1	2	3
Control de Contaminación	2	3	5
Presupuesto	2	1	3
Zanjas de drenaje	3	2	5
TOTALES	15	13	

Como se explicó en el Ejemplo 1, el número 1 significa la calificación más baja. Es por eso que se han sumado los puntos obtenidos en el diseño definitivo y en el construido para obtener la calificación más baja. La calificación más baja nos indica que hubo mayores fallas en esos componentes. Para lograr encontrar cual de estas fallas tienen mayor prioridad en nuestro proyecto se realiza la siguiente matriz.

Tabla 5.2-5

Acciones a ser priorizados	Diseño Horizontal	Movimiento de tierras	Tipo de Pavimentos	Diseño Paso deprimido	Presupuesto
Transpuesta de las acciones a ser priorizados					
Diseño Horizontal					
Movimiento de Tierras					
Tipo de Pavimento					
Diseño paso deprimido					
Presupuesto					

La matriz se genera con las 5 acciones que más fallas tuvieron durante el diseño definitivo y la construcción. Estas acciones son colocadas en la primera fila y transpuesta en la primera columna.

A continuación se marca la diagonal de la matriz ya que ésta está definida por la interacción de cada componente consigo mismo. Es recomendable anular los casilleros debajo de la diagonal ya que puede llevar a cometer errores.

Tabla 5.2-6

Acciones a ser priorizadas	Diseño Horizontal	Movimiento de tierras	Tipo de Pavimentos	Diseño Paso deprimido	Presupuesto
Transpuesta de las acciones a ser priorizadas					
Diseño Horizontal	X				
Movimiento de Tierras	.....	X			
Tipo de Pavimento	.....	.....	X		
Diseño paso deprimido	.....	.....	.....	X	
Presupuesto	.....	.....	.....	.....	X

El siguiente paso es establecer el orden de prioridades de cada componente con el resto. Para realizar esto se analiza cada una de las filas con las columnas, partiendo siempre de la diagonal hacia la derecha y constatando la siguiente pregunta: ¿El componente en la fila es más importante que el de la columna? Si la respuesta es si, esta se la marca con una X

Tabla 5.2-7

Acciones a ser priorizadas	Diseño Horizontal	Movimiento de tierras	Tipo de Pavimentos	Diseño Paso deprimido	Presupuesto
Transpuesta de las acciones a ser priorizadas					
Diseño Horizontal	X	X			X
Movimiento de Tierras	.....	X		X	X
Tipo de Pavimento	.....	.....	X	X	X
Diseño paso deprimido	.....	.....	.....	X	X
Presupuesto	.....	.....	.....	.....	X

Una vez realizado el paso anterior se realiza la siguiente matriz y se hace el conteo especificado.

Tabla 5.2-8

Acciones a ser priorizadas	Acciones a ser priorizados					
	Diseño Horizontal	Movimiento de tierras	Tipo de Pavimentos	Diseño Paso deprimido	Presupuesto	Conteo de X
Transpuesta de las acciones a ser priorizadas						
Diseño Horizontal	X	X			X	3
Movimiento de Tierras	.....	X		X	X	3
Tipo de Pavimento	.....	.....	X	X	X	3
Diseño paso deprimido	.....	.....	.....	X	X	2
Presupuesto	.....	.....	.....	.....	X	1

Conteo de espacios en Blanco	0	0	2	1	0
Transpuesta: Conteos de X	3	3	3	2	1
Suma de Conteos	3	3	5	3	1
Lugar de importancia	2	2	3	2	1

Se puede concluir que el presupuesto quedó en primer lugar de importancia relativa. Después le siguieron: el diseño horizontal, movimiento de tierras, diseño paso deprimido. Por último se puede concluir que el tipo de pavimento es el componente de menor importancia.

Nota: Los lugares de importancia relativa, no están sujetos a la realidad y una vez más son solo con fines didácticos.

5.3.- Metodología de Alto Nivel de Primer Grado

5.3.1.- Método de Leopold-Pernas

Para desarrollar una matriz de evaluación que pueda ser aplicada a un proyecto vial se creó el Método Leopold-Pernas. Este sistema evaluativo toma sus bases en el famoso método de Leopold, que es aplicado en el área ambiental.

Para el Ing. Páez los métodos evaluativos de alto nivel son denominados así porque alcanzan un alto nivel de evaluación y permiten la selección de alternativas por ello se incluye el famoso método de Leopold dentro de este grupo al igual que el nuevo método desarrollado en este estudio: Método Leopold-Pernas.

Hay que recordar que el Método de Leopold-Pernas a pesar de estar categorizado de alto nivel, es solo de primer grado ya que no profundiza en la selección de alternativas. Para llegar a entender este método deberá primero hacerse referencia a sus bases, que son las matrices.

En una matriz pueden ser consideradas listas de control bidimensionales: en una dimensión se muestran las características individuales de un proyecto (actividades, elementos, componentes, etc.), mientras que en otra dimensión se identifican las etapas con sus respectivos aspectos (económico, factible, normativo, cualitativo) que pueden ser calificados. De esta manera los efectos, daños o errores son individualizados confrontando las dos listas de control. Las diferencias entre los diversos tipos de matrices deben considerar la variedad, número y especificidad de las listas de control. Con respecto a la evaluación, ésta varía desde una simple individualización de errores que se cometieron en el proyecto (marcada con una suerte de señal, cruz, guión, asterisco, etc.) hasta una evaluación cualitativa (bueno, moderado, suficiente, razonable) o una evaluación numérica, la cual puede ser relativa o absoluta. Frecuentemente, se critica la evaluación numérica porque aparentemente introduce un criterio de juicio objetivo, que en realidad es imposible de alcanzar.

Se trató de diseñar un matriz que sirva para evaluar cualquier tipo de proyecto vial. Pero a pesar de ello, basta con solo cambiar los componentes de la columna y su importancia para obtener una matriz de evaluación que pueda servir en cualquier área de la construcción.

Pero hay que recordar que cada proyecto tiene su componente único, por ello, el evaluador sabrá escoger y/o añadir nuevos componentes que sean más útiles y den mayor significado a la evaluación

A continuación se establecen los parámetros básicos para realizar una Matriz de Leopold-Pernas en el área vial.

- 1) Se elabora un cuadro (fila), donde aparece cada etapa con sus respectivos aspectos (económico, factible, normativo, cualitativo) y su importancia
- 2) Se elabora otro cuadro (columna), donde se ubican los componentes del proyecto.
- 3) Construir la matriz con los componentes (columnas) y condiciones ambientales (filas).
- 5) Evaluar la importancia de cada componente. Siendo 10 lo más importante y uno lo menos.
- 6) Calificar cada componente con respecto a los requerimientos: Económico, factible, normativo (si cumple normas) y cualitativo (calidad) en cada etapa. Siendo 10 la nota más alta. En lo económico 10 significa lo más económico. Conforme se va realizando la evaluación se dan ejemplos de cómo calificarlos
- 7) Calcular el puntaje de cada componente en cada etapa.

$$\text{Puntaje} = \text{Importancia} (\text{Calificación económica} * \text{calificación factible} * \text{calificación cumple normas} * \text{calificación en calidad})$$
- 8) Calcular el máximo puntaje.

$$\text{Máximo puntaje} = \text{Importancia} * 40.$$
- 9) Calcular la calificación. = $\text{Puntaje} / \text{Máximo puntaje}.$
- 10) Calcular el puntaje total, la suma de los puntajes de cada componente y calificar.
- 11) Comparar etapa de diseño vs. etapa de construcción.

Esta matriz tiene muchos aspectos positivos. Uno de los más importantes es que los medios necesarios para aplicarla son pocos y su utilidad en la identificación de errores en los proyectos es muy acertada. Esto último básicamente se debe a que se puede incluir muchos factores que están involucrados en el proyecto; como el tecnológico, económico, social, etc. Obviamente nada de esto puede ser completado de una forma satisfactoria si la evaluación no se la hace con un equipo interdisciplinario. En cada caso, esta matriz requiere de un ajuste al correspondiente proyecto y es preciso planificar en forma

concreta los efectos de cada acción, sobre todo enfocando debidamente el aspecto objeto de estudio.

Otra de las ventajas principales de esta metodología, la matriz de Leopold-Pernas, es que se pueden obtener resultados cuanti-cualitativos. Esto ayudará a priorizar, por ejemplo en este caso, cuales son los errores más importantes y de mayor trascendencia que se pudieron haber cometido durante el diseño y construcción del proyecto. A continuación se van a enlistar las principales ventajas de este método.

- La amplitud y extensión de las listas de acciones y factores hace que se tengan presentes otros aspectos.
- El formato matricial permite ofrecer un resumen de la evaluación, con indicaciones sobre la magnitud y el peso relativo de cada falla durante el proyecto.
- Muchos conocidos del tema dicen que esta metodología fuerza a la decisión, al agrupar los resultados de la evaluación y exponerlos conjuntamente.

Pero así como los aspectos positivos son muchos y sin duda la matriz de Leopold-Pernas es uno de los métodos evaluativos de mayor nivel no podemos descartar las desventajas de esta técnica. Como se explicó anteriormente es necesario que un grupo interdisciplinario sea el encargado de la evaluación, pero debido a que no existen criterios únicos de valoración, los resultados que se obtengan en buena parte, dependen del buen juicio de los evaluadores. Esta situación hace que los resultados del análisis de un proyecto a través de esta metodología no sean comparables con los resultados de otros análisis realizados con esta misma metodología, aún cuando hayan sido realizados por el mismo grupo interdisciplinario. Sin embargo para el Ingeniero Páez, existe una excepción a esta norma general: Cuando un grupo interdisciplinario utiliza matrices exactamente iguales (las mismas filas y columnas) para evaluar distintos proyectos al mismo tiempo, utilizando un procedimiento idéntico y predeterminado para calificar y dar valor a la importancia, los resultados si pueden ser comparables en términos relativos. Otra desventaja es que no se dan indicaciones para obtener las cifras de magnitud e importancia, por lo que la evaluación adquiere un mayor componente subjetivo.

5.3.2.- Método de las Transparencias.

A la par con los métodos económicos tradicionales de evaluación se están utilizando muchas técnicas cartográficas de representación para determinar la ubicación y extensión de los proyectos, así como la localización y calidad de determinadas áreas territoriales de cierta significación ambiental o de determinado valor cultural, arqueológico, social, o económico.

Los primeras evaluaciones de este nivel se realizaron por Lan McHarg en su libro “Deseibg with Nature” en 1969. Este libro fue la base de los métodos cartográficos de evaluación.

Este método consiste en superponer sobre un mapa del área de estudio transparencias, que mediante códigos de color pueden indicar componentes del proyecto.

Proyectos lineales como el **trazado de una autopista**, un ferrocarril, líneas eléctricas de alta tensión, oleoductos y gasoductos, aeropuertos, canales) entre otros, son los que en una primera aproximación, se prestan para la utilización óptima de este método.

Las técnicas que se emplean en este método, tienen una escala diferente a las que se emplearon con los métodos anteriormente analizados, como la Matriz de Leopold-Pernas o la Lista de revisión. Se opera con macromagnitudes, y se necesita de la aerofotogrametría y las cartas geodésicas son frecuentemente utilizadas. Hoy día se pueden utilizar las imágenes satelitales con gran calidad de imagen a bajos costos.

El sistema llamado de mapas, coberturas, transparencias, o superposiciones realiza una división del territorio afectado por la totalidad del proyecto mediante el trazado de retículas en porciones del territorio a ser analizado.

La división del área de estudio en unidades homogéneas se hace tomando en cuenta factores físicos del territorio, como topografía, por ejemplo, pero también otros relacionados con aspectos sociales, como usos del suelo.

A continuación se elaborará una pequeña síntesis del proceso secuencial usado en esta metodología.

1. División del área de estudio en unidades cartográficas homogéneas.
2. Recolección y análisis de datos para cada unidad.
3. Elaboración de transparencias para cada alternativa.
4. Superposición de transparencias.
5. Identificación de áreas.

El método de MacHarg fue aplicado directamente al análisis de los impactos ambientales, por eso que no se lo describe. A su vez vamos hacer una descripción de cómo podemos utilizar este método para la evaluación técnica y económica de la autopista.

En primer lugar los interesados en realizar la evaluación de un proyecto, en este caso una autopista, deben obtener todos los documentos necesarios, de este modo se podrá usar toda la información adecuada. Es importante que se realice antes de la construcción de la vía una superposición de los planos de diseño, con aerofotogrametrías. De esta forma se sabrá si el diseño está bien realizado y que los principales datos como los topográficos e hidrológicos concuerdan con la realidad. En otras palabras se podrá analizar por ejemplo si el diseño horizontal fue realizado sobre una franja topográfica que permita la construcción de la vía. Es posible que por errores topográficos, la vía esté localizada sobre una quebrada, un río o picos de montaña. De igual forma se podrá descubrir cualquier otro imprevisto como fallas geológicas, áreas protegidas, etc, que muchas veces no son fáciles de distinguir desde el suelo. Algo tan sencillo de realizar y tan económico es sorprendente que no se realice con frecuencia, por eso muchas veces en este país los planos de diseño no muestran la realidad del terreno y se quedan obsoletos durante la construcción.

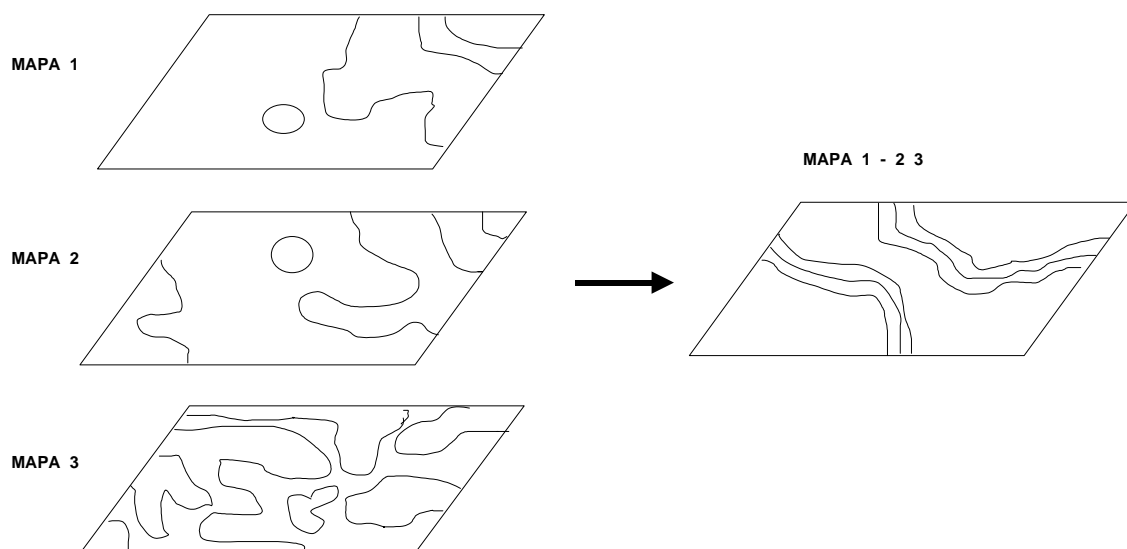
¿Pero como podemos aplicar esta metodología y evaluar una autopista que ha sido construida? La respuesta es fácil y sencilla. Superponiendo los planos de diseño con los planos “As built”. Es sorprendente cuanta información podemos recopilar de una forma tan sencilla.

- Se puede verificar si la vía cumplió su objetivo es decir llegar al punto B desde el punto A.
- Si se mantuvo el ancho de vía para el cual fue diseñado.
- Si las curvas mantuvieron el radio.
- Si se construyó el sobre-ancho en las curva.
- Si las cunetas fueron construidas.
- Si los puentes fueron construidos en el lugar correcto.
- Si los cortes y rellenos fueron cumplidos.

En fin, se pueden sacar datos e información de toda índole. Otra manera muy importante de evaluar la vía sería sobreponiendo aerofotogrametrías del sitio antes y después de su construcción. Con esto se lograría saber si se produjeron grandes impactos ecológicos en el sitio, como peligrosos derrames, mal realizados desbanques de talud, cambios significativos en la hidrología del sitio. De esta forma se podrá realizar un estudio y su respectiva acción para mitigar los impactos ambientales. También se realizarán obras para resguardar la vía y mejorar frente a la nueva topografía del sitio.

Ejemplo de superposición de mapas

Gráfica 5.3.2-1



La metodología anteriormente expuesta puede ser una buena herramienta de evaluaciones sobre todo para obras físicas. Al mismo tiempo es extremadamente útil para exposiciones y reuniones. A continuación se citarán las principales ventajas de los métodos cartográficos o de superposición de transparencias.

- Es fácil realizar una evaluación usando este método
- Son útiles para localizar geográficamente las fallas del proyecto, diferenciándolo substancialmente del resto de métodos que no prestan atención a esa localización espacial.
- Ayudan notablemente a la comunicación de resultados, tanto en la forma agregada final como parcialmente, transparencia a transparencia.
- Son útiles para futuras correcciones del proyecto.

- Como ningún método es totalmente satisfactorio a continuación se enumerará las principales desventajas del método.
- Este método es un complemento de los métodos anteriormente vistos.
- Las escalas con las que opera corresponden a macro magnitudes que pueden implicar la minimización de algunas fallas en el proyecto.
- No siempre se puede disponer de cartografía en las escalas y de los sectores requeridos.
- La elaboración de las transparencias requiere de mucho cuidado, sobretodo en la selección de las escalas para poder incluir en ellas la mayor cantidad de información y al mismo tiempo hacerlas fácilmente comprensibles.

5.4.- Metodología de Alto Nivel de Segundo Grado

Método Galleta- Método de Battelle

A diferencia de los métodos evaluativos de primer nivel, los de segundo alcanzan una mayor complejidad y sofisticación en la selección de alternativas. Pero a su vez, gracias a su complejidad, este método permite mejores resultados. Pero la desventaja de estos métodos evaluativos, tanto el método Battelle, como el de Galletta es que son

específicamente diseñados para efectuar estudios de impacto ambiental, realizados en función de criterios básicos prefijados.

Nota*

Para esta evaluación se utilizará el Método Leopold-Pernas. También será necesario usar el método de las Transparencias para poder evaluar y comparar cada etapa. Esta se aplicará especialmente en los componentes de diseño transversal, horizontal, vertical e hidrológico

CAPITULO II
Matriz de Evaluación



CAPITULO III

Proceso de Evaluación



1.- Introducción

Una vez que se han ubicado cuales son los parámetros principales a evaluarse en la matriz que se realizó en el capítulo anterior, se comienza con el verdadero proceso de evaluación. Para que este proceso de evaluación se pueda seguir claramente, se van a indicar cálculos y demás operaciones que son de vital importancia para efectuar una evaluación de este tipo.

Para cualquier proceso de evaluación es necesario que el evaluador cuente con los documentos más importantes y trascendentes del proyecto. A continuación se enumeran los documentos de vital importancia para el evaluador

- Reporte de Ingeniería. Incluye cálculos.
- Los planos del diseño definitivo.
- Planos “As Built” o de construido.
- Reportes de la fiscalización.

Sería de gran utilidad si es que además de los documentos mencionados, se consiguen los libros de obra, pagos de planillas, cronología de la obra y cartas entre todas las partes involucradas en el proyecto.

2.- Localización del Proyecto

El proyecto “Conector Alpachaca” está ubicado al lado este de la provincia del Pichincha. Cerca de la carretera E-35 que conecta Pifo con El Quinche, en un sector denominado El Vergel. Como dato adicional el proyecto queda cerca del pueblo de Tababela

El proyecto “Conector Alpachaca” une la E35 con el nuevo aeropuerto de Quito. Está ubicado en una meseta ondulada montañosa. A pesar de esto el diseño no presentó problemas y pudo realizarse con los requerimientos necesarios. De igual manera sucedió con la construcción.

Tabla de Coordenadas

Tabla 2-1

Sitio	Abscisa	Latitud	Longitud	Elevación
--------------	----------------	----------------	-----------------	------------------

Comienzo	0+000	S 0° 11' 27"	S 78° 20' 25"	2,514.00 m
Final	0	S 0° 09' 14"	S 78° 20' 59"	2,433.96 m

3.- Breve descripción del Proyecto

La carretera diseñada y posteriormente construida consiste en la primera parte de una autopista de 4 348.9 metros de longitud, con cuatro carriles y un parterre de 8 metros de ancho.

El objetivo de la carretera en esta etapa es crear una conexión entre la E35 y el nuevo aeropuerto de Quito. Al principio la carretera va a servir para la construcción del nuevo aeropuerto, por ello solo se colocó una capa provisional de asfalto.

El proyecto también incluye un paso deprimido y una vía de tercer orden aledaño a la autopista que sirve como acceso a haciendas de la zona. Después de 270 metros de longitud con un ancho de dos carriles, la carretera adquiere su amplitud total de cuatro carriles y un espacio para parterre de 8 metros. Asimismo el proyecto cuenta con un corredor de 4.5 metros para una línea de conducción de agua de 450 mm de diámetro y de ductos para líneas telefónicas.

4.- Generalidades del Diseño

Es importante hacer una rápida revisión de las normas de diseño para tener una base confiable con la que se pueda juzgar la calidad del diseño versus la calidad de la construcción.

4.1.- Revisión de las Norma AASHTO

Debido a que las Normas MOP son tomadas de la AASHTO este sub capítulo no se revisará, al menos que exista una discrepancia entre ambas normas. En este caso el evaluador deberá escoger la mejor solución.

4.2.- Revisión de las Normas de Diseño del MOP

Se van a enumerar las normas más relevantes para el diseño y construcción del proyecto que se está evaluando. Es necesario incluir las normas que no pudieron ser aplicadas y/o las que no dieron buenos resultados durante la construcción.

Nota: Las Normas a continuación fueron copiadas directamente del Manual de diseño del MOP del año 2002-2003. Solo se escogieron aquellas que tienen mayor relevancia para realizar un diseño.

Tráfico- Capítulo III del Manual

El diseño de una carretera o de un tramo, debe basarse entre otras informaciones en los datos sobre tráfico, con el objeto de compararlo con la capacidad o sea con el volumen máximo de vehículos que una carretera puede absorber. El tráfico, en consecuencia, afecta directamente a las características del diseño geométrico.

La información sobre tráfico debe comprender la determinación actual (volúmenes y tipos de vehículos), en base a estudios de tráfico futuro utilizando pronósticos.

La unidad de medida en el tráfico de una carretera es el volumen del tráfico promedio diario anual cuya abreviación es el TPDA.

Para determinar el TPDA, lo ideal sería disponer de los datos de una estación de conteo permanente que permita conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales. Además convendría disponer del registro de datos de un período de varios años que proporcione una base confiable para pronosticar el crecimiento de tráfico que se puede esperar en el futuro. Como no es usual ni práctico tener estaciones permanentes en todas las rutas, se puede estimar en una primera semana el TPDA semanal, efectuando montajes por muestreo de 24 horas diarias, durante por lo menos 4 días por semana que incluyan sábado y domingo. En lo posible, las muestras semanales que se obtengan deberán corresponder a los meses y semanas más representativos del año, con el objeto de tomar en cuenta las variaciones estacionales máximas y mínimas. Los resultados que se obtienen en las investigaciones de campo, son procesados con el objeto de conocer la relación que existe entre los volúmenes de tránsito de los días ordinarios respecto a los

correspondientes a los fines de semana y realizar los ajustes respectivos para obtener el TPDA semanal. En la etapa final se puede ajustar el TPDA semanal en base a factores mensuales obtenidos de datos de las estaciones permanentes, cuando éstas están disponibles, o del consumo de gasolina u otro patrón de variación estacional como la periodicidad de las cosechas.

Tabla 4.2-1

CLASIFICACION DE CARRETERAS EN FUNCION DEL TRAFICO PROYECTADO	
Clase de Carretera	Tráfico Proyectado TPDA *
R-I o R-II	Más de 8.000
I	De 3.000 a 8.000
II	De 1.000 a 3.000
III	De 300 a 1.000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
<p>* El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años. Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7.000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículos equivalentes.</p>	

Velocidad de diseño- Capítulo IV del Manual

Es la velocidad máxima que pueden circular los vehículos con seguridad sobre un camino cuando las condiciones atmosféricas y de tránsito son favorables. Esta velocidad se elige en función de las condiciones físicas y topográficas del terreno, de la importancia del camino, los volúmenes del tránsito y uso de la tierra, tratando de que su valor sea el máximo compatible con la seguridad, eficiencia, desplazamiento y movilidad de los vehículos. Con esta velocidad se calculan los elementos geométricos de la vía para su alineamiento horizontal y vertical.

La velocidad de diseño debe seleccionarse para el tramo de carreteras más desfavorables y debe mantenerse en una longitud mínima entre 5 y 10 kilómetros. Una vez seleccionada la velocidad, todas las características propias del camino se deben condicionar a ella para obtener un proyecto equilibrado. Siempre que sea posible se aconseja usar valores de diseños mayores a los mínimos establecidos.

Características de Diseño

Los parámetros que determinan las características de diseño de una carretera son la velocidad, la visibilidad, el radio de curvatura horizontal, la distancia de parada, la gradiente, la capacidad de flujo y nivel de servicio, las intersecciones, y las facilidades intermedias.

Tabla 4.2-2

CUADRO IV-1
VELOCIDADES DE DISEÑO
(KM/H)

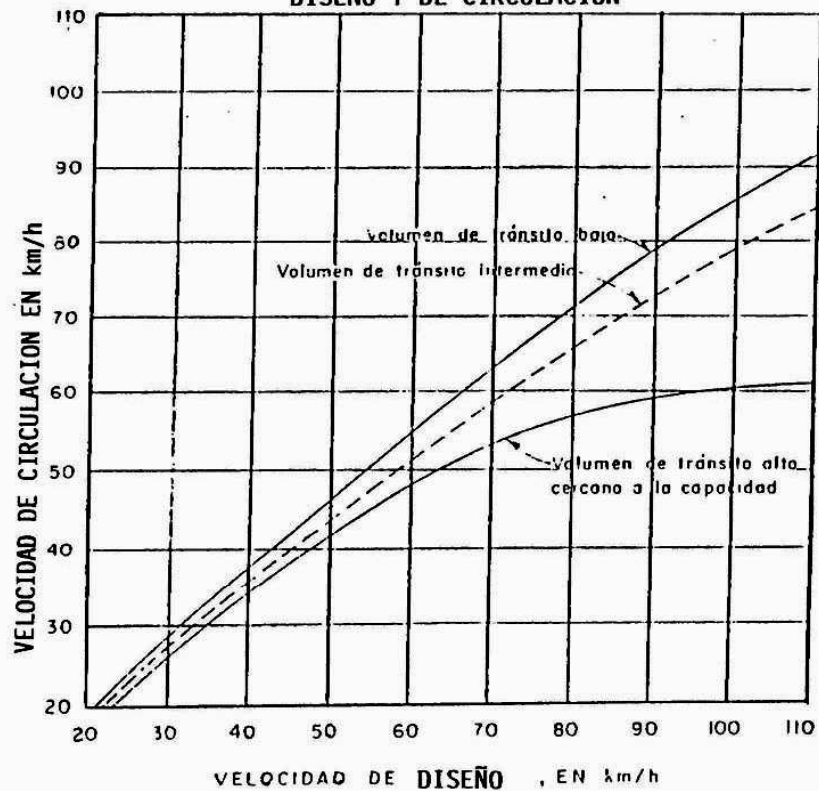
CATEGORIA DE LA VIA	T.P.D.A. ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO KM/H													
		BASICA						PERMISIBLE EN TRAMOS DIFICILES							
		(RELIEVE LLANO)		(RELIEVE ONDULADO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)		(RELIEVE ONDULADO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)			
Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.				
Recom		Absoluta		Recom		Absoluta		Recom		Absoluta		Recom		Absoluta	
I o R-II (Tipo)	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80	90	80
I	Todos 3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	80	80	60
II	Todos 1000-8000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	60	70	70	60	50
III	Todos 300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	60	40	40
IV	TIPO	80	60	80	60	80	35	80	35	50	25	50	50	50	25
V	4 y 4E	60	50	60	50	50	35	50	35	40	25	40	40	40	25

Notas:

- Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.
- Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o el relieve sea difícil o escarpado.
- La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E, 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protocvia" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E.
- En zonas con perfiles de meteorización profunda (estibaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos.
- Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd min a 20 Km/h.

Tabla 4.2-3

FIGURA IV.2 RELACIONES ENTRE LAS VELOCIDADES DE DISEÑO Y DE CIRCULACION



VELOCIDAD DE DISEÑO EN km/h	VELOCIDAD DE CIRCULACION EN KM/h		
	VOLUMEN DE TRANSITO BAJO	VOLUMEN DE TRANSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRANSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50 *	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

CUADRO IV.2 RELACIONES ENTRE VELOCIDADES DE CIRCULACION Y DE DISEÑO

Tabla 4.2-4

ANCHOS DE LA CALZADA			
Clase de Carretera	Ancho de la Calzada (m)		
	Recomendable	Absoluto	
R-I o R-II > 8000 TPDA	7,30	7,30	
I 3000 a 8000 TPDA	7,30	7,30	
II 1000 a 3000 TPDA	7,30	6,50	
III 300 a 1000 TPDA	6,70	6,00	
IV 100 a 300 TPDA	6,00	6,00	
V Menos de 100 TPDA	4,00	4,00	

Tabla 4.2-5

VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES (Metros)						
Clase de Carretera	Ancho de Espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
R-I o R-II > 8000 TPDA	3,0 *	3,0 *	2,5 *	3	3,0 *	2,0 *
I 3000 a 8000 TPDA	2,5 *	2,5 *	2,0 *	2,5 **	2,0 **	1,5 **
II 1000 a 3000 TPDA	2,5 *	2,5 *	1,5 *	2,5	2,0	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0 **	1,5 **	1,0 *	1,5	1,0	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral está incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
L = Terreno Llano O = Terreno Ondulado M = Terreno Montañoso						
* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico						
** Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente. (ver nota 5/ del cuadro general de calificación)						

Tabla 4.2-6

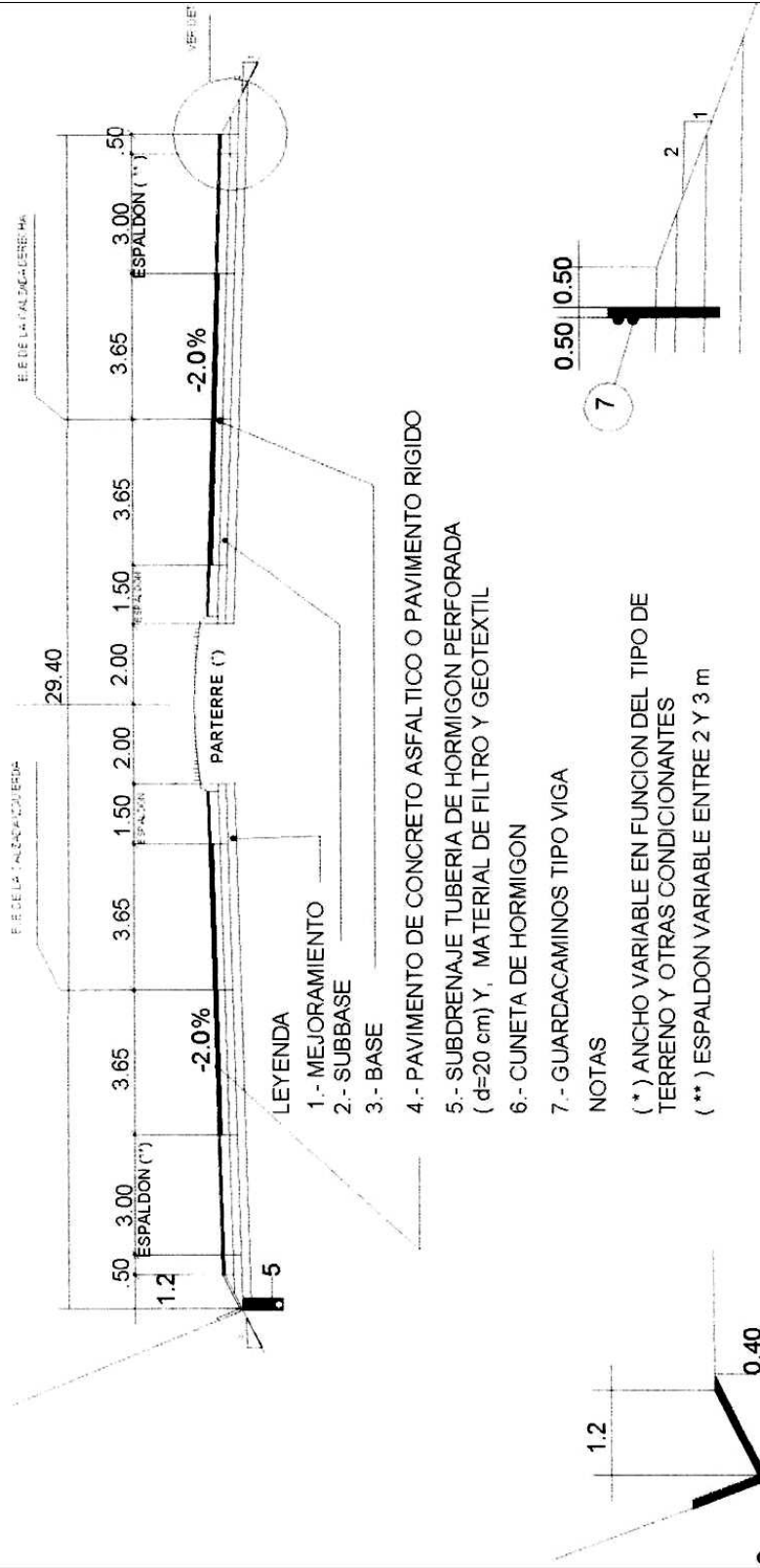
GRADIENTE TRANSVERSAL PARA ESPALDONES (PORCENTAJES)		
Clase de Carretera	Tipos de Superficie (m)	Gradiente Transversal %
R-I o R-II > 8000 TPDA	Carpeta de concreto asfáltico	4,00
I 3000 a 8000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o carpeta	4,00
II 1000 a 3000 TPDA	Doble tratamiento superficial bituminoso (DTSB) o superficie estabilizada	4,00
III 300 a 1000 TPDA	Superficie estabilizada, grava	4,00
IV 100 a 300 TPDA	D.T.S.B. O capa granular	4,00

Tabla 4.2-7

VALORES DE DISEÑO RECOMENDABLES DE LOS TALUDES EN TERRENOS PLANOS		
Clase de Carretera	TALUD	
	CORTE	RELLENO
R-I o R-II > 8000 TPDA	3:1 * **	4:1
I 3000 a 8000 TPDA	3:1	4:1
II 1000 a 3000 TPDA	2:1	3:1
III 300 a 1000 TPDA	2:1	2:1
IV 100 a 300 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1
V Menos de 100 TPDA	1,8-1:1	1,5-2:1

Grafica 4.2-1

SECCION TIPICA ESTANDAR PARA AUTOPISTAS DE CUATRO CARRILES CON PARTERRE CENTRAL



LEYENDA

- 1.- MEJORAMIENTO
- 2.- SUBBASE
- 3.- BASE
- 4.- PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO O PAVIMENTO RIGIDO
- 5.- SUBDRENAJE TUBERIA DE HORMIGON PERFORADA (d=20 cm) Y, MATERIAL DE FILTRO Y GEOTEXTIL
- 6.- CUNETETA DE HORMIGON
- 7.- GUARDACAMINOS TIPO VIGA

NOTAS

- (*) ANCHO VARIABLE EN FUNCION DEL TIPO DE TERRENO Y OTRAS CONDICIONANTES
- (**) ESPALDON VARIABLE ENTRE 2 Y 3 m

DETALLE 1

DETALLE DE LA CUNETETA DE CORTE

Iniciación y Programación de los Trabajos.- El Contratista deberá iniciar los trabajos dentro de los primeros quince (15) días de haber iniciado el plazo contractual, y llevarlos a cabo en forma expedita, bajo su propio control para que la obra quede concluida dentro del plazo estipulado y de conformidad con los requisitos técnicos del contrato.

Demoras en la Ejecución de la Obra.- Se reconoce que la ejecución de la obra traerá consigo cierta inconveniencia al tránsito y al público en general y que los usuarios tienen el derecho de disfrutar de todos los beneficios que se obtendrán del uso sin restricciones de la vía mejorada al finalizar el plazo contractual.

4.3 Requerimientos de la CORPAQ

El único requerimiento que exigió la CORPAQ fue un parterre en el medio de 8 metros. Esto fue hecho con el propósito de incluir un carril exclusivo para un sistema de transporte masivo, ya sean trenes o buses articulados como la Ecovia.

5.- Criterios de Diseño-

5.1.- TPDA en la zona Alpachaca

Es importante que se considere el TPDA que existe en la zona. Debido a que el “Conector Alpachaca” es una vía nueva que su único propósito es conectar la E-35 con el nuevo aeropuerto de Quito se podría decir que el TPDA es 0. Sin embargo se hizo el cálculo del TPDA durante la tercera semana del mes de Julio del 2006. Este se lo realizo durante dos días de semana y un sábado. El TPDA encontrado fue de 80 vehículos.

Como es obvio, no podemos considerar el tráfico de una vía que por el momento no tiene ningún uso. Por este motivo, el cálculo del TPDA se lo debe realizar en las instalaciones del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.

Calificación

Importancia: 2. No es de Importancia conocer el TPDA de una vía que por el momento no tiene uso. Tampoco nos sirve para conocer el TPDA que tiene un aeropuerto

Durante el diseño

Económico: 4. Debido a que no es un requisito para encontrar el TPDA, no es necesario realizar un conteo en este sitio, es un gasto económico no justificable.

Factible: 10. Es totalmente factible realizar un TPDA en el “Conector Alpachaca”

Cumple Normas: 7. No es necesario, sin embargo se realizó un estudio de tráfico y no cumplió con todas la normas descritas por el MOP.

5.2.- TPDA en el Aeropuerto

Para poder sustentar los datos del estudio y no asumir algo que pudo haber sido modificado por interesados en el proyecto se calculo el TPDA en las instalaciones del actual aeropuerto. Este TPDA solo incluyó los vehículos que van a dejar y recoger pasajeros en la terminal nacional e internacional. No se contabilizaron los vehículos pesados que van a dejar carga ni los vehículos que tiene otro ingreso al aeropuerto, como los militares, VIP y de mantenimiento. En el futuro aeropuerto de Quito, el “Conector Alpachaca” será el único ingreso para todos aquellos vehículos.

El TPDA calculado durante la tercera semana del mes de Octubre del 2006, durante dos días de semana y un sábado fue de: 6,900 vehículos. A continuación vamos a incluir una tabla realizada por los diseñadores de las vías, Caminosca, sobre el TPDA

Tabla del TPDA

Tabla 5.2-1

Año	TPDA	Año del Proyecto
2003	6,288	0
2013	19,659	10
2023	31,659	20

Además dice que para el año 2005 el TPDA sobrepasará los 8.000 vehículos.

Este TPDA no esta muy lejos de la realidad ya que se obtuvo una cantidad similar a la calculada por Caminosca. Hay que recordar que en este cálculo se obviaron muchos vehículos. Lo importante es concluir que en 10 años van a circular mas de 8.000 vehículos por lo que queda justificada la construcción de una autopista como lo indica la tabla 4.2-1 “Clasificación de Carreteras en función del Trafico Proyectado” sacado de las Normas de Diseño Geométrico del MOP

Calificación

Importancia: 10. El TPDA en el actual aeropuerto es básico y representa a los usuarios reales del aeropuerto

Durante el diseño

Económico: 10. Por ser de suma importancia realizar el TPDA en el aeropuerto actual, además, el costo de este estudio no incide significativamente en el presupuesto. Ya que un TPDA no es costoso en relación a otras partes de diseño de una vía.

Factible: 10. Es totalmente factible realizar un TPDA en el Aeropuerto actual

Cumple Normas: 10. Aunque no se sabe bajo que parámetros se midió el trafico, la comprobación hecha después de un par de años, arrojó los mismos datos, se concluye que fue bien realizada.

5.3.- Parámetros de diseño

Gracias al TPDA se obtienen los parámetros de diseños que recomendados por el MOP

Tabla 5.3-1

Parámetros de Diseño	Autopista 4 Carriles
Tipo de terreno	Montañoso
Velocidad de Diseño	80 km/h
Ancho de vía	24.60 m
Parterre	8 m
Tipo de superficie	Capa de asfalto
Zanjas laterales	1 m
Gradiente transversal	2%
Radio Mínimo	275
Peralte máximo	10%
Gradiente Longitudinal	6%
Distancia de visibilidad para rebasamiento	583 m
Distancia de visibilidad para parada	140 m

Calificación

Importancia: 10. Es de suma importancia, son las bases para realizar el diseño.

Durante el diseño

Económico: 10. Una vez obtenido el TPDA no se requiere otra inversión para obtener los parámetros de diseño.

Factible: 10. Es totalmente factible calcular los parámetros de diseño, siempre y cuando se tenga el TPDA

Cumple Normas: 10. Si cumple con las normas

6.- Diseño transversal

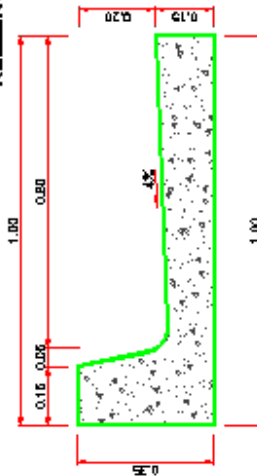
Las siguientes figuras 1, 2 y 3 representan las secciones transversales. La figura 1 muestra una vía de dos carriles, que va desde el comienzo hasta la estación 0+340. Las figuras 2 y 3 muestran la sección transversal de una autopista de 4 carriles. La sección transversal de un terreno desigual es mostrado en la figura 3, mientras que la figura 2 muestra un terreno parejo.

**CONSTRUCTION STAGE ROAD
CAMINO ETAPA CONSTRUCCION**

**TYPICAL SECTION
TYPE 1
SECCION TIPICA
TIPO 1**



**FILL
RELLENO**



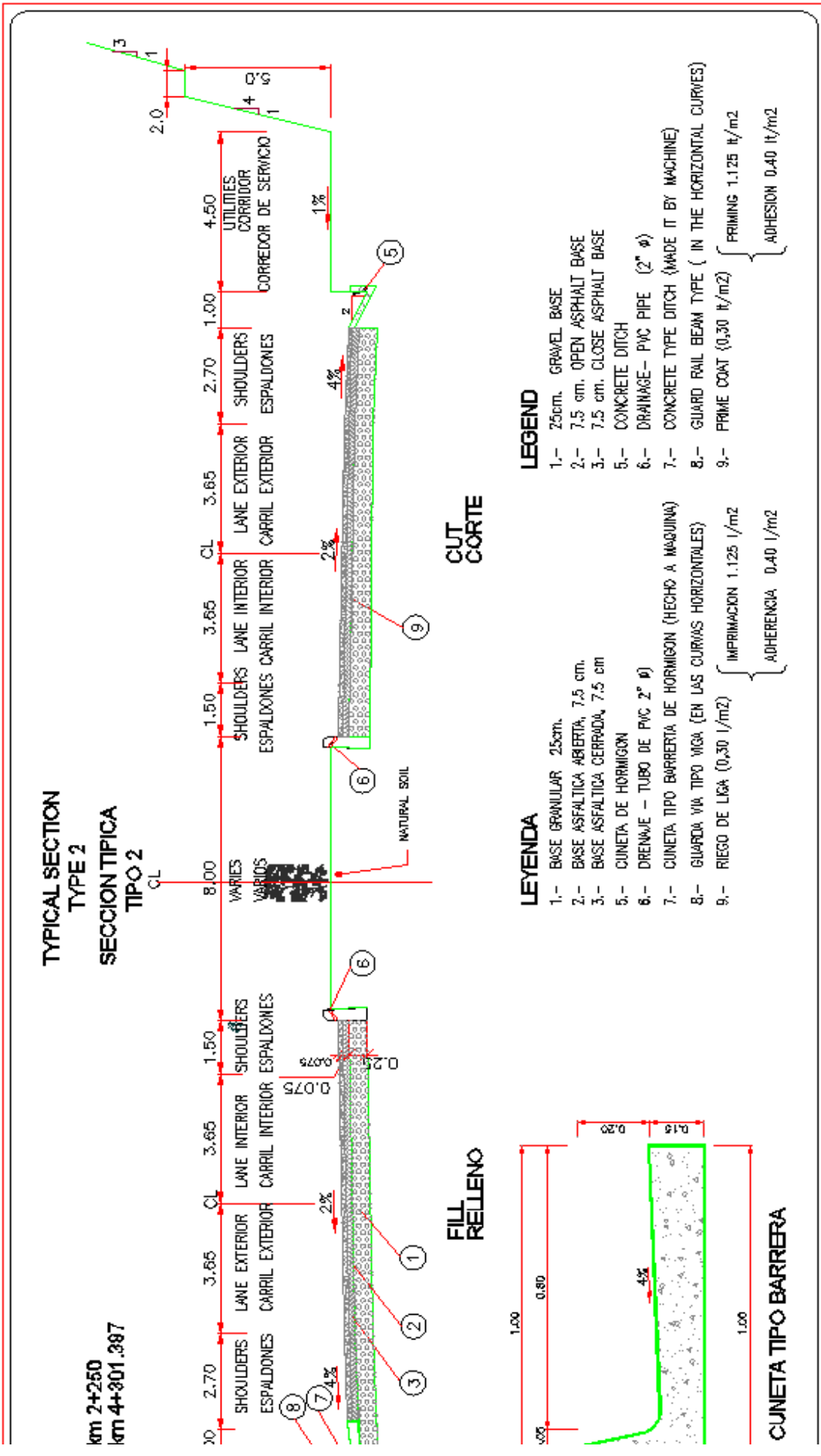
CUNETAS TIPO BARRERA

LEYENDA

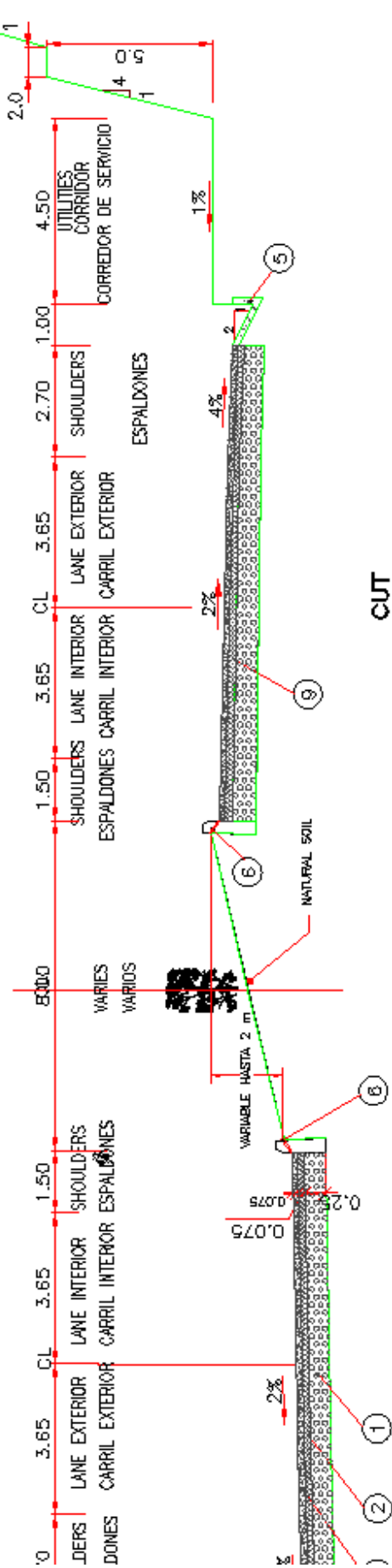
- 1.- BASE GRANULAR 25cm.
 - 2.- BASE ASFALTICA ABIERTA, 7.5 cm.
 - 3.- BASE ASFALTICA CERRADA, 7.5 cm
 - 5.- CUNETAS DE HORMICON
 - 6.- CUNETAS TIPO BARRERA DE HORMICON (HECHO A MAQUINA)
 - 7.- GUARDA VAS TIPO VIGA (EN LAS CURVAS HORIZONTALES)
 - 8.- RESEO DE UGA (0.30 l/m²)
- } INFRIMACION 1.125 l/m²
ADHERENCIA 0.40 l/m²

LEGEND

- 1.- 25cm. GRAVEL BASE
 - 2.- 7.5 cm. OPEN ASPHALT BASE
 - 3.- 7.5 cm. CLOSE ASPHALT BASE
 - 5.- CONCRETE DITCH
 - 6.- CONCRETE TYPE DITCH (MADE IT BY MACHINE)
 - 7.- GUARD RAIL BEAM TYPE (IN THE HORIZONTAL CURVES)
 - 8.- PRIME COAT (0.30 lt/m²)
- } PRIMING 1.125 lt/m²
ADHESION 0.40 lt/m²



**TYPICAL SECTION
TYPE 3
SECCION TIPICA
TPO 3**



**CUT
CORTE**

LEYENDA

- 1.- BASE GRANULAR 25cm.
 - 2.- BASE ASFALTICA ABIERTA, 7.5 cm.
 - 3.- BASE ASFALTICA CERRADA, 7.5 cm
 - 5.- CUNETTA DE HORMIGON
 - 6.- DRENAJE - TUBO DE PVC 2" Ø
 - 7.- CUNETTA TIPO BARRERA DE HORMIGON (HECHO A MAQUINA)
 - 8.- GUARDA VIA TIPO VIGA (EN LAS CURVAS HORIZONTALES)
 - 9.- RIEGO DE LIGA (0,30 l/m²)
- { IMPRIMACION 1.125 l/m²
 ADHERENCIA 0.40 l/m²

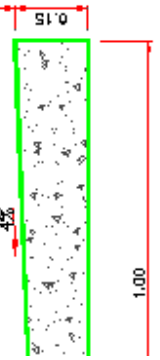
LEGENDA

- 1.- 25cm. GRAVEL BASE
 - 2.- 7.5 cm. OPEN ASPHALT BASE
 - 3.- 7.5 cm. CLOSE ASPHALT BASE
 - 5.- CONCRETE DITCH
 - 6.- DRAINAGE- PVC PIPE (2" Ø)
 - 7.- CONCRETE TYPE DITCH (MADE IT BY MACHINE)
 - 8.- GUARDO RAIL BEAM TYPE (IN THE HORIZONTAL CURVES)
 - 9.- PRIME COAT (0,30 l/m²)
- { PRIMING 1.125 l/m²
 ADHERION 0.40 l/m²

**FILL
RELLENO**



TA TIPO BARRERA



6.1.- Ancho de la Calzada

En la tabla 4.2-4 del MOP recomienda valores de calzada mayores de 7.30 metros. Como se puede verificar las secciones transversales del diseño tienen valores de 7.30 metros al igual que los construidos.

Calificación

Importancia: 9. Es de suma importancia que la vía tenga el ancho apropiado.

Durante el diseño

Económico: 10. No tiene costo alguno extra realizar el diseño transversal.

Factible: 10. Es factible diseñar este ancho de vía.

Cumple Normas: 10. Si cumple con las normas.

Calidad de Diseño: 9. Esta bien diseñado.

Durante Construcción

Económico: 8. No es tan económico construir una vía de estas dimensiones, pero es necesario.

Factible: 10. Es factible construir con este ancho de vía.

Cumple Normas: 10. Si cumple con todas las normas.

Calidad de lo construido: 10. El ancho de vía se respeta en todo el diseño.

6.2.- Gradiente transversal vía

La norma recomienda altamente una gradiente transversal de 2%, la que también es incluida en los diseños y la construcción.

Importancia: 6. A diferencia de otros factores, este no es tan importante.

Durante el diseño

Económico: 10. No tiene costo alguno extra.

Factible: 10. Es factible diseñar con esta gradiente transversal.

Cumple Normas: 10. Si cumple con las normas.

Calidad de Diseño: 10. Esta bien diseñado.

Durante Construcción

Económico: 8. Tener una gradiente porcentual tan baja encarece el costo de la vía.

Factible: 10. Es factible construir con esta gradiente.

Cumple Normas: 10. Si cumple con todas las normas.

Calidad de lo construido: 10. La gradiente transversal es respeta en toda la vía.

6.3.- Ancho de los Espaldones

En la tabla 4.2-5 el MOP recomienda valores de espaldones de 2.50 metros para el exterior y 1.20 para el interior. En el diseño transversal el espaldón exterior tiene 2.70 metros de ancho mientras que el interior 1.50. El diseño esta dentro de las recomendaciones del MOP, pero ese aumento en los anchos representa un aumento económico.

Importancia: 6. A diferencia de otros factores, este no es tan importante.

Durante el diseño

Económico: 5. Fue diseñado con más ancho del requerido, por lo que aumenta su costo.

Factible: 10. Es factible diseñar con este ancho de espaldón.

Cumple Normas: 10. Si cumple con las normas.

Calidad de Diseño: 8. Esta bien diseñado.

Durante Construcción

Económico: 5. Un espaldón más ancho aumenta el costo de la vía.

Factible: 10. Es factible construir con este espaldón.

Cumple Normas: 10. Si cumple con todas las normas.

Calidad de lo construido: 10. El espaldón se construyó de acuerdo al diseñado durante toda la vía.

6.4.- Gradiente de los espaldones

La gradiente requerida por el MOP es de 4%, el diseño y la construcción la cumplen.

Importancia: 5. No es tan importante.

Durante el diseño

Económico: 10. No representa un costo extra.

Factible: 10. Es factible diseñar.

Cumple Normas: 10. Si cumple con las normas.

Calidad de Diseño:9. Esta bien diseñado.

Durante Construcción

Económico: 9. La gradiente no aumenta el costo.

Factible: 10. Es factible la construcción.

Cumple Normas: 10. Si cumple con todas las normas.

Calidad de lo construido: 10. El espaldón se construyó de acuerdo al diseño de toda la vía.

6.5.- Ancho de Cuneta

El MOP en su ejemplo de sección transversal de una autopista de 4 carriles recomienda una cuneta de 1.20 metros de ancho. El diseño solo otorga 1 metro de ancho.

Importancia: 4. El ancho de la cuneta no es algo que tenga mucha importancia en la vía.

Durante el diseño

Económico: 9. No representa un costo extra.

Factible: 9. Es factible diseñar.

Cumple Normas: 5. Es menor que el ancho que recomienda el MOP.

Calidad de Diseño: 7. Su ancho es menor del recomendado por el MOP.

Durante Construcción

Económico: 9. No representa un costo extra en la obra

Factible: 10. Es factible la construcción.

Cumple Normas: 5. No cumple con todas las normas que recomienda el MOP.

Calidad de lo construido: 8. No cumple con todas las normas.

7.- Diseño horizontal

Sin duda alguna el diseño horizontal es una de las partes principales de un proyecto vial. Por ello el diseñador vial deberá optimizar el diseño. Un buen resultado en esta área, no solo significara una vía de calidad, si no un proyecto económico y viable.

No existe una forma única y específica de hacer un diseño vial. La calidad del diseño va a depender de conocimiento y experiencia del diseñador. Por ejemplo pueden existir dos diseños definitivos que unan el punto A con el B. No necesariamente va a estar uno mal con respecto al otro, pueden estar los dos bien, de la misma forma que pueden estar mal. Pero un buen conocedor del tema, puede visualizar el proyecto, de tal forma que lo haga, dentro de las mismas especificaciones técnicas, más económico y factible. En otras palabras un ingeniero vial con experiencia puede desarrollar un proyecto de mayor calidad y economía que otro sin experiencia.

A continuación se exponen los parámetros mas importantes que pueden ayudar a concluir si el proyecto esta bien realizado o no.

- Radios de curvatura de curvas circulares horizontales
- Radios de curvatura de curvas espirales horizontales
- Peralte

- Tangente intermedia mínima
- Sobreancho

7.1.- Radios de curvatura de curvas circulares horizontales

Es importante conocer el radio mínimo de la curvatura horizontal. Este valor va a garantizar la seguridad en el tránsito a la velocidad de diseño. Este valor esta dado en función del peralte (e) y el coeficiente de fricción (f). Radios con valores inferiores no garantizará la seguridad en la vía, por lo que se necesario usar peraltes que sobrepasen los limites prácticos. (Manual de diseño, 36)

El radio mínimo se podrá calcular con la siguiente formula:

$$R = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

A continuación se muestra un cuadro con valores mínimos y recomendados para radios de curvatura.

Tabla 7.1-1

Velocidad de diseño km/h	f	Radio mínimo calculado (e)				Radio mínimo recomendado (e)			
		0.1	0.08	0.06	0.04	0.1	0.08	0.06	0.04
20	0.35		7.32	7.68	8.08		18	20	20
25	0.315		12.46	13.12	13.86		20	25	25
30	0.284		19.47	20.60	21.87		25	30	30
35	0.256		28.71	30.52	32.59		30	35	36
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	46	50
45	0.2		56.95	61.33	66.44		58	70	80
50	0.19		72.91	78.74	85.59		75	80	90
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140

70	0.15	154.33	167.75	183.73	203.07	160	170	185	205
80	0.14	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	266	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.13	342.35	374.95	414.42	463.18	350	375	415	485
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	470	620	655
120	0.12	515.39	566.93	629.92	708.66	620	670	630	710

Calificación

Se procederá a evaluar si las curvas circulares diseñadas y construidas cumplen con los requerimientos del MOP, para ello se ubicarán las curvas tanto en los planos de diseño definitivo como en los As built. Se requerirá un radio mínimo de 210 m.

En el primer kilómetro existen tres curvas. La primera tiene un radio de 160 metros en el diseño definitivo, no cumple con los requerimientos mínimos. En los As built se hizo una modificación momentánea y se eliminó el intercambiador hasta que el aeropuerto entre en funcionamiento. Las otras dos curvas tienen un radio de 800m y 400m tanto en el diseño definitivo como en el construido.

En el segundo kilómetro existen 4 curvas, todas superan el radio mínimo. Se pudiera hacer una observación en la curva circular izquierda que tiene un radio de 250m

En el kilómetro 3 solo existe una curva que tiene un radio de 500m, lo cual supera el requerimiento mínimo.

En el kilómetro 4 existen 3 curvas, todas ellas superan el radio mínimo.

En el kilómetro 5 no existen curvas.

Resúmenes de las curvas

Tabla 7.1-2

km	Numero de curvas	Dirección de curvas	Tipo de curva	Radio
0-1	1	Derecha	Circular	160
0-1	2	Izquierda	Circular	800
0-1	3	Izquierda	Circular	400
1-2.	4	Derecha	Circular	300
1-2.	5	Derecha	Circular	320
1-2.	6	Izquierda	Circular	250
1-2.	7	Derecha	Circular	300
2-3.	8	Izquierda	Circular	500
3-4.	9	Izquierda	Circular	800
3-4.	10	Derecha	Circular	1000
3-4	11	Izquierda	Circular	300

Para calificar las curvas se hace de una forma subjetiva considerando los datos obtenido. La importancia va a ser de 10

Para el diseño:

Económico: 8. se trató de hacer curvas lo más cercanas al radio mínimo para no aumentar el costo. Pero el diseño de un intercambiador que no va ser necesario en la primera etapa fue innecesario.

Factible: 10. Fue totalmente factible

Cumple normas: 8. La primera curva no cumple con las normas

Calidad del diseño 9. La curva sexta esta muy cerca de los limites, podría haber sido espiral. El radio mínimo para un peralte de 7% es de 245.

Durante la construcción

Económico: 10. En relación a lo diseñado.

Factible 10. Fue factible.

Cumple normas: 7. El primer tramo no cumple las especificaciones requeridas para ser autopista.

Calidad de la construcción: 9 no se corrigió la curva 6.

7.2.- Radios de curvatura de curvas espirales horizontales

Las curvas espirales son aquellas que a lo largo de la curva se efectúa de manera continua el cambio de valor de curvatura. Las principales ventajas son descritas a continuación:

- Ofrecen al conductor una trayectoria fácil de seguir. La fuerza centrífuga pasa de un valor cero, en el comienzo de la curva espiral, al valor máximo al final de la misma en una forma gradual.
- Como consecuencia de lo anterior, resulta fácil para un conductor mantenerse en su carril sin disminuir la velocidad.
- La longitud de la curva de transición permite un adecuado desarrollo del peralte cumpliéndose aproximadamente la relación velocidad-radio para el vehículo circulante.
- El aspecto de la curva resulta agradable.
(Manual de diseño, 43)

A continuación se muestran dos tablas que ayudarán con la utilización de las curvas espirales.

Tabla 7.2-1

VALORES MÍNIMOS RECOMENDABLES DE LA LONGITUD DE LA ESPIRAL ($L_e = 0.036 V^3/R$)														
Vd (Km/h)	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120
Rmín, m.	18	20	25	30	42	56	75	110	160	210	275	350	430	520
Le mín, m	30	30	40	52	55	59	60	70	80	90	95	100	110	120

Donde “Le” es la longitud de la espiral dada por la siguiente fórmula

$$L_e = 0.072 \frac{V^3}{RC}$$

C= Coeficiente de comodidad y seguridad. Varía entre 1 y 3. (1 para mayor seguridad y confort)

La tabla a continuación muestra el radio mínimo a partir del cual no es necesario usar espiral

Tabla 7.1-2

Velocidad de diseño	Radio mínimo para no usar espiral
km/h	m
40	60
50	100
60	150
70	210
80	350
90	450
100	550
110	680

Calificación

No aplica ya que no se diseñaron ni se construyeron curvas espirales.

7.3.- Peralte

El peralte es la inclinación que existe en una curva para reducir la fuerza centrífuga. Cuando un vehículo recorre una curva, se produce una fuerza centrífuga "F", la cual es contrarrestada debido al peralte y a la fuerza de fricción desarrollada entre la calzada y las llantas. El peralte es calculado con la siguiente fórmula:

$$e = \frac{V^2}{127 R} - f$$

Tabla 7.3-1

REQUERIMIENTOS	VALORES LIMITES PERMISIBLES DE "F", SEGUN EL PAVIMENTO ESTE		
	SECO	HUMEDO	CON HIELO
ESTABILIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO	0,80	0,60	0,60
ESTABILIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO	0,36	0,24	0,12
COMODIDAD DEL VIAJE PARA EL PASAJERO	0,15	0,15	0,15
EXPLOTACION ECONOMICA DEL VEHICULO	0,16	0,10	0,10

La tabla anterior nos indica con cual coeficiente de fricción es recomendado calcular el peralte.

El siguiente grafico muestra cual es coeficiente necesario para calcular el peralte en base a una velocidad. No hay que olvidar que la velocidad de diseño es de 80 km/h, lo cual da un coeficiente de fraccionamiento de 0.14

El MOP recomienda que se use un peralte máximo del 10% para carreteras asfaltadas y con una velocidad de diseño mayor al 50km/h. Siempre hay que recordar que para valores altos de peralte se produce un desgaste mayor debido al flujo de agua lluvias. De la misma manera existe una distribución no simétrica del peso sobre las ruedas del vehiculo y por último se puede crear un resbalamiento dentro de la curva de vehículos que transitan a baja velocidad.

Tabla 7.3-2

km	Número de curva	Dirección de curvas	Tipo de curva	Radio (m)	Peralte calculado %	Peralte diseñado %	Peralte construido %
0-1	1	Derecha	Circular	160	10	10	10
0-1	2	Izquierda	Circular	800	4.5	4.5	4.5
0-1	3	Izquierda	Circular	400	6	6	7.8
1-2.	4	Derecha	Circular	300	4	4	4
1-2.	5	Derecha	Circular	320	6	6	6
1-2.	6	Izquierda	Circular	250	7	7	7
1-2.	7	Derecha	Circular	300	7	7	7
2-3.	8	Izquierda	Circular	500	6.7	6.7	6.7
3-4.	9	Izquierda	Circular	800	4.5	4.5	4.5
3-4.	10	Derecha	Circular	1000	0	0	0

Importancia: El peralte es lo que va a permitir que un vehículo tome la curva a una gran velocidad sin que este pierda el control y se salga de la vía. 9

Debido a que se diseñaron los peraltes con los mismos valores que el calculado, se puede asumir que se logró un diseño económico, factible, que cumple las normas y de buena calidad. Por eso su calificación va a ser de 10 en toda la etapa de diseño.

En la etapa de construcción, el peralte de la curva No. 3 fue cambiado de 6% a 7.8%. Esto encarece la curva, por lo que la calificación en el aspecto económico va a ser de 9. El peralte máximo es de 10%, es claro que el peralte construido en la curva 3, no supera este valor, por lo que podemos concluir que de todas formas es factible y cumple con las normas. En la calidad de construido se lo va a calificar como 8. Esto se debe a que es el peralte más alto sin que esta sea la curva con menor radio.

7.4.- Tangente intermedia mínima

Es la distancia mínima y necesaria entre el fin y el comienzo de una curva para que el vehículo se estabilice nuevamente.

Para la tangente intermedia mínima entre curvas circulares reversas, la distancia mínima esta dada por la siguiente formula:

$$Tm = \frac{4}{3}L + 2x$$

Para la tangente intermedia mínima entre curvas espirales reversas, la distancia mínima esta dada por la siguiente formula:

$$Tm = 4x$$

Por último la distancia mínima entre una curva espiral y circular esta dada por la formula:

$$Tm = \frac{2}{3}L + 3x$$

Donde:

TIM = Tangente intermedia mínima.

L = Longitud de transición.

XL = Longitud tangencial en función de la longitud de transición.

Xe = Longitud tangencial en función de la curva de transición (espiral)

Los valores de L y X están dados en la siguiente tabla:

Tabla 7.4-1

V Km/h	X		L	
	min	Ideal	min	Ideal
Hasta 59	10	10	22	37

60-80	10	13	26	45
81-100	16	16	26	55

Con estos valores y sabiendo la velocidad de diseño se puede encontrar las tangentes mínimas o ideales

Entre curvas circulares reversas:

$$Tm = \frac{4}{3}L + 2x = \frac{4}{3}26 + 2 * 10 = 54.67m \text{ --) Mínima}$$

$$Tm = \frac{4}{3}L + 2x = \frac{4}{3}45 + 2 * 13 = 86m \text{ --) Ideal}$$

Entre curvas espirales:

$$Tm = 4x = 4 * 10 = 40m \text{ --) Mínima}$$

$$Tm = 4x = 4 * 13 = 52m \text{ --) Ideal}$$

Y por último entre curvas espirales y circulares:

$$Tm = \frac{2}{3}L + 3x = \frac{2}{3}26 + 3 * 10 = 47.3m \text{ --) Mínima}$$

$$Tm = \frac{2}{3}L + 3x = \frac{2}{3}45 + 3 * 13 = 69m \text{ --) Ideal}$$

A continuación, una tabla del MOP que muestra otros valores mínimos.

Tabla 7.4-2

LONGITUD MINIMA DE TRANSICION EN FUNCION DEL PERALTE MAXIMO "e"
(Valores recomendables)

Velocidad de diseño km/h	Pendiente de Borde %	Ancho de calzada (7,30 m (2 x 3,65 m))				Valor de la Longitud Tangencial			
		e				e			
		0,10	0,08	0,06	0,04	0,10	0,08	0,06	0,04
Bombeo = 2 %									
20	0,800								
25	0,775								
30	0,750								
35	0,725								
40	0,700		42	31	21		10	10	10
45	0,675		43	32	22		11	11	11
50	0,650		45	34	22		11	11	11
60	0,600	61	48	37	24	12	12	12	12
70	0,550	66	53	40	27	13	13	13	13
80	0,500	73	59	44	29	15	15	15	15
90	0,470	78	62	47	31	16	16	16	16
100	0,430	85	68	51	34	17	17	17	17
110	0,400	91	73	55	37	18	18	18	18
120	0,370	99	79	59	39	20	20	20	20

Calificación

Tabla de las tangentes intermedias mínimas de diseño y As built

Tabla 7.4-3

Tangente intermedia entre curvas	Distancia (m) Entre Pt Pc	Tangente intermedia mínima (m)	Tangente intermedia ideal (m)
1-2	261.461	54.67	86
2-3	197.845	54.67	86
3-4	145.038	54.67	86
4-5	152.426	54.67	86
5-6	95.57	54.67	86
6-7	86.158	54.67	86
7-8	549.44	54.67	86
8-9	406.104	54.67	86
9-10	191.717	54.67	86

La importancia de la tangente intermedia mínima va a obtener un valor de 8

Tanto los valores de diseño como los As built representados en la segunda columna, son mayores que los valores mínimos y ideales. Esto quiere decir que se cumplió con las especificaciones técnicas. La calificación en la matriz va a ser de 10 puntos, excepto en el aspecto económico que va a ser de 8. Esto se debe al aumento del valor de la vía para cumplir con los valores ideales, lo que no era necesario.

7.5.- Sobreancho

El objetivo del sobreancho es que los vehículos transiten con mayor comodidad y seguridad en las curvas. Los vehículos al recorrer la curva ocupan un ancho mayor ya que las ruedas traseras generan una trayectoria ubicada en el interior de la descrita por las ruedas delanteras.

Para el cálculo del sobreancho de una curva circular se utilizará la siguiente fórmula empírica:

$$S = n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Para las curvas espirales se usará la fórmula:

$$S = \frac{n(R - \sqrt{R^2 - L^2}) + \frac{V}{10\sqrt{R}}}{2}$$

Donde,

R= el radio de la curva

L= longitud entre el eje delantero y el trasero= 6m

V= velocidad de diseño=80km/h

N= numero de carriles=2

El valor del sobreancho se debe desarrollar desde la mitad de la tangente mínima hasta el comienzo de la curva. El mínimo valor de sobreancho será de 30 cm. hasta velocidad de 50 km/h y de 40 cm. para velocidades mayores

Tabla de sobreanchos

Tabla 7.5-1

Sobreancho en curvas circulares (m)							
Velocidad de diseño (km/h)	50	60	70	80	90	100	110
Radios (m)							
200	0.53	0.60	0.68				
210	0.52	0.59	0.65				
220	0.50	0.57	0.64	0.70			
230	0.49	0.55	0.62	0.68			
240	0.47	0.54	0.60	0.67			
250	0.46	0.52	0.59	0.65			
260	0.45	0.51	0.57	0.63			
270	0.44	0.50	0.56	0.62			
280	0.43	0.49	0.55	0.61	0.67		
290	0.42	0.48	0.54	0.59	0.65		
300	0.41	0.47	0.52	0.58	0.64		
310	0.40	0.46	0.51	0.57	0.63		
320	0.39	0.45	0.50	0.56	0.62		
330	0.38	0.44	0.49	0.55	0.60		
340	0.38	0.43	0.49	0.54	0.59	0.65	
350	0.37	0.42	0.48	0.53	0.58	0.64	
360	0.36	0.42	0.47	0.52	0.57	0.63	
370	0.36	0.41	0.46	0.51	0.57	0.62	
380	0.35	0.40	0.45	0.51	0.56	0.61	
390	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	
400	0.34	0.40	0.44	0.49	0.54	0.59	
410	0.33	0.40	0.43	0.48	0.53	0.58	
420	0.33	0.40	0.43	0.48	0.52	0.57	
430	0.32	0.40	0.42	0.47	0.52	0.57	
440	0.32	0.40	0.42	0.46	0.51	0.56	0.61
450	0.32	0.40	0.41	0.46	0.50	0.55	0.60
460	0.31	0.40	0.40	0.45	0.50	0.54	0.59
470	0.31	0.40	0.40	0.45	0.49	0.54	0.58
480	0.30	0.40	0.40	0.44	0.49	0.53	0.58
490	0.30	0.40	0.40	0.43	0.48	0.53	0.57
500	0.30	0.40	0.40	0.43	0.47	0.52	0.56

Calificación

Primero se calculará los sobreanchos con los radios obtenidos

Tabla de sobreanchos

Tabla 7.5-2

km	Numero de curva	Dirección de curvas	Tipo de curva	Radio	Sobreancho calculado con la formula	Sobreancho diseñado	Sobreancho construido
0-1	1	Derecha	Circular	160	0.86	-	-
0-1	2	Izquierda	Circular	800	0.33	-	-
0-1	3	Izquierda	Circular	400	0.49	0.49	0.49
1-2.	4	Derecha	Circular	300	0.58	0.58	0.58
1-2.	5	Derecha	Circular	320	0.56	0.56	0.56
1-2.	6	Izquierda	Circular	250	0.65	0.65	0.65
1-2.	7	Derecha	Circular	300	0.58	0.58	0.58
2-3.	8	Izquierda	Circular	500	0.43	0.43	0.43
3-4.	9	Izquierda	Circular	800	0.33	-	-
3-4.	10	Derecha	Circular	1000	0.29	-	-

Importancia.

Debido a que la autopista tiene en su mayoría radios grandes, son dos carriles de lado y lado y tiene dos espaldones, no son tan importantes los sobreancho. 6

Tanto en la construcción como en el diseño, se cumplieron con los valores mínimos de sobreancho. No hay justificación para quitarle puntos en ningún parámetro.

8.- Diseño vertical

El diseño vertical de una vía debe ser tan importante como el horizontal. En ningún caso este debe ser subestimado. El perfil vertical deberá estar acorde con la velocidad de diseño y en relación directa con el alineamiento horizontal y con las distancias de visibilidad. Como recomendación el manual del MOP, el perfil vertical nunca se debe sacrificar por obtener un buen diseño horizontal.

8.1.- Gradiente longitudinal

La gradiente longitudinal es el porcentaje de inclinación que debe tener la vía. Este depende directamente de la topografía del sitio donde se desarrollará el proyecto. La gradiente debe tener los valores más bajos posibles. Esto permitirá razonables velocidades de circulación y facilitará el correcto desempeño de los vehículos.

A continuación se muestra una tabla que indicará los valores máximos de gradiente, dependiendo del tráfico promedio anual y la topografía del sitio.

Tabla 8.1-1

**VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES
MAXIMAS
(Porcentaje)**

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—Io	R—II	>	8.000	TPDA	2	3	4	3	4	6
1	3.000	a	8.000	TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1.000	a	3.000	TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1.000	TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300	TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de		100	TPDA	5	6	8	6	8	14

Los valores de gradiente y longitud máximas están definidos por los siguientes parámetros.

Para gradientes de 8% al 10% la longitud máxima será de 1000 m

Para gradientes de 10% al 12% la longitud máxima será de 500 m

Para gradientes de 12% al 14% la longitud máxima será de 250 m

Para longitudes menores se puede aumentar la gradiente en 1% en terrenos montañosos y ondulados. (Para vías de 1era 2nda y 3era clase) (Normas de diseño, 205)

La gradiente mínima será del 0.5% se puede adoptar una gradiente de 0% cuando el relleno tiene más de 1 metro de altura, siempre y cuando la gradiente transversal sea la adecuada para la evacuación de aguas lluvias.

Calificación

A continuación se muestran las gradientes longitudinales diseñadas, las cuales fueron las mismas que las construidas.

Tabla 8.1-2

PIV	Gradiente % construido	Gradiente % diseñada
Inicio		
	-0.5	1.9
1		
	-6.61	-6.9
2		
	-1.8	-1.50
3		
	-3.25	-3.4
4		
	-3.1	-3.1
5		
	-2	-2.14
6		
	2.98	3.3
7		
	-5.178	-5.2
8		
	5.725	6.7
9		
	-2.455	-2.9
10		
	-0.7	-0.6
11		
	-1.93	-1.8
12		
	-1.214	-1.3
13		
	-2.85	-3
14		
	-0.053	-0.25
Fin		

Importancia. La gradiente tiene gran importancia, ya que bien aprovechada puede reducir los cortes y rellenos. 9

Casi todas las gradientes cumplen las normas, ya que la gradiente máxima longitudinal es de 6%. Pero entre las curvas verticales 1 y 2, del definitivo y As built, existe una gradiente de 6.90% y 6.61%, respectivamente. El MOP permite excederse en 1 %. Es por ello que cumple con la norma.

Entre la curva vertical 14 y el Fin, solo se diseño una gradiente de 0.25 y se construyó una todavía inferior de 0.053% y, que no cumple con la norma. Por ello el puntaje en la casilla de Normas va a ser de 9 en el diseño y 7 en la construcción.

En el aspecto económico, con las modificaciones que se hacen, se logra tener menor excavación. Esto refleja que el diseño previó un costo mayor, por lo que su puntaje es de 5, mientras que en la construcción se lograron ajustes. 9

La mayoría de veces se cumple las normas para tener una gran calidad en el proyecto. En la etapa de diseño se trató de cumplir más con la norma.. Calificación de 9. En la etapa de construcción la calificación va a ser de 8, ya que hay que recordar que solo se obtuve una gradiente mayor a 6, lo que mejora la calidad.

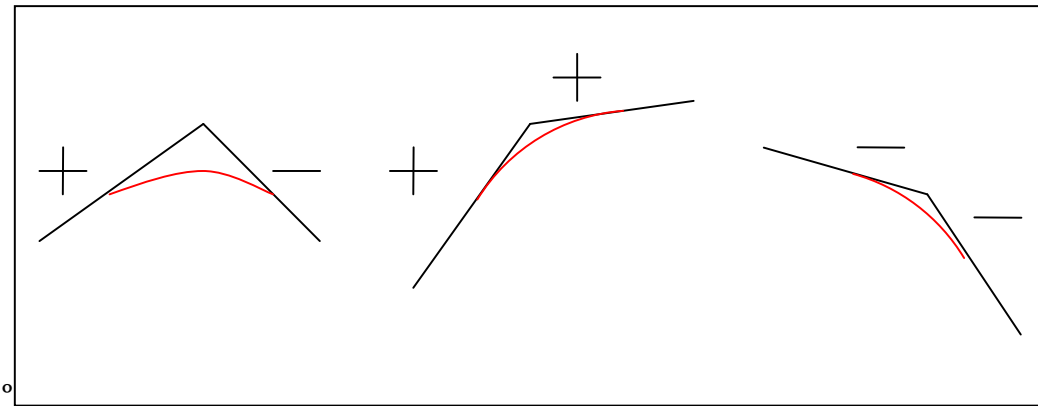
8.2.- Curvas Verticales

El objetivo de las curvas verticales es mejorar la seguridad de la vía mediante mayor distancia de visibilidad al igual que la comodidad. Por lo general las curvas verticales son una parábola simple, existen dos tipos de curvas verticales: las convexas y cóncavas.

Las curvas convexas verticales se determinan en base a los requerimientos de visibilidad para un vehículo, considerando el ojo del conductor a una altura 1.15m y una altura del objeto a 0.15 m

Tipos de curvas convexas

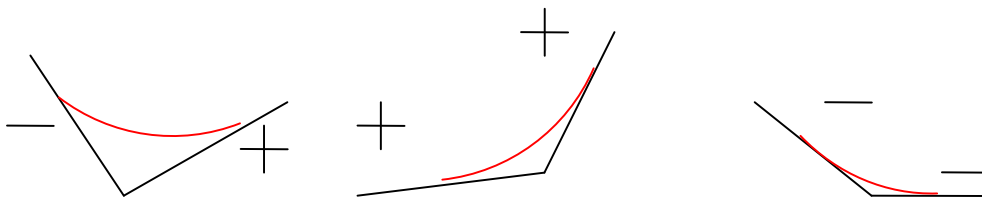
Gráfica 8.2-1



Las curvas cóncavas verticales deben ser lo suficientemente largas para que los rayos de luz de los faros de un vehículo sea aproximadamente igual a la distancia de visibilidad (Normas de Diseño)

Tipos de curvas cóncavas

Gráfica 8.2-2



La longitud de ambos tipos de curvas esta determinado por la siguiente formula:

$$L=K*A$$

Donde

A= la diferencia algebraica de las gradientes.

K=coeficientes que depende del la velocidad y de la topografía.

El valor mínimo de L para curvas verticales convexas y cóncavas va a ser $L=0.60V$, donde V va ser la velocidad de diseño expresada en km/h. De esta forma se obtiene como longitud mínima 48 metros.

A continuación se muestran los valores de K para los dos tipos de curvas verticales.

Tabla 8.2-1

VALORES MININOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE “K” PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MININAS

<u>Clase de Carretera</u>					<u>Valor Recomendable</u>			<u>Valor Absoluto</u>		
					<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>	<u>L</u>	<u>O</u>	<u>M</u>
R—Io	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
1	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Tabla 8.2-2

VALORES MINIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE “K” PARA LA DETERMINACION DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCAVAS MININAS

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R—Io	R—II	>	8.000	TPDA	115	80	43	80	43	28
1	3.000	a	8.000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1.000	a	3.000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1.000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Calificación

A continuación se muestra el cálculo de las longitudes

Tabla 8.2-3

PIV	Gradiente %	L mínima calculada	L diseñada	L construida
Inicio				
	-0.5			
1		171.08	220	200
	-6.61			
2		134.68	200	200
	-1.8			
3		40.6	160	160
	-3.25			
4		4.2	160	160
	-3.1			
5		30.8	160	160
	-2			
6		139.44	160	160
	2.98			
7		228.424	200	200
	-5.178			
8		305.284	260	260
	5.725			
9		229.04	240	256

	-2.455			
10		49.14	200	200
	-0.7			
11		34.44	200	200
	-1.93			
12		20.048	200	200
	-1.214			
13		45.808	200	200
	-2.85			
14		78.316	200	200
	-0.053			
Fin				

Importancia. 9

Se puede decir que se diseñó y se construyó de la forma más económica, sacrificando inclusive las Normas del MOP.

En el aspecto económico, las correcciones que se hacen a la curva 9, hace que la cota de proyecto se acerque más a la del terreno, es por eso que la calificación en la etapa de diseño va a ser de 8, mientras que en la construcción de 10.

En las curvas 7 y 8 no se cumplieron con los valores mínimos que da la fórmula anteriormente expuesta por el MOP, no se cumplieron las normas, tanto en el diseño como en la construcción. 7

En el diseño definitivo se otorga 20 metros mas de de longitud en la curva numero uno, pero 16 metros menos en la curva 9. Ambas etapas, tienen una calidad similar.

Fue totalmente factible 10.

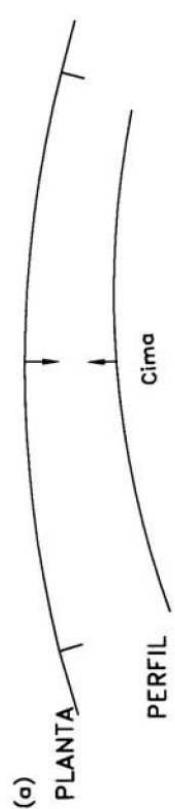
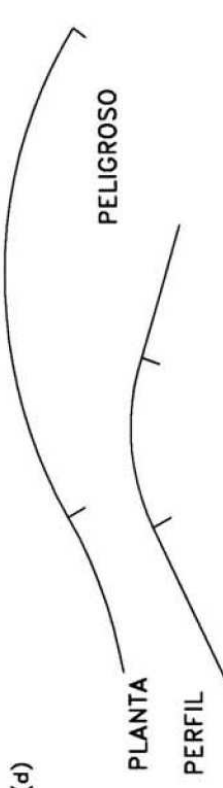
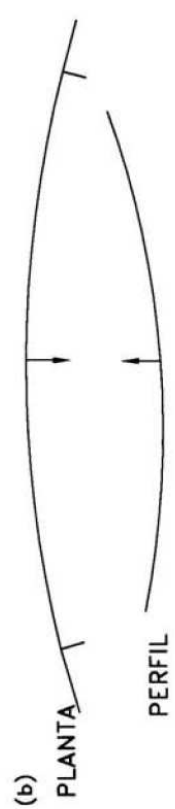
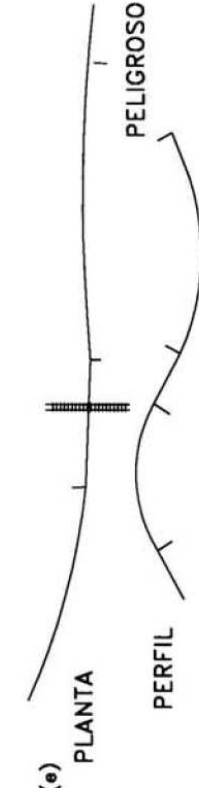
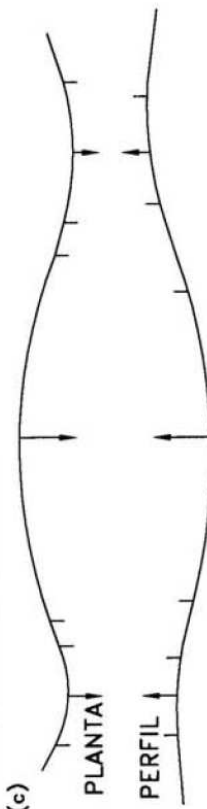
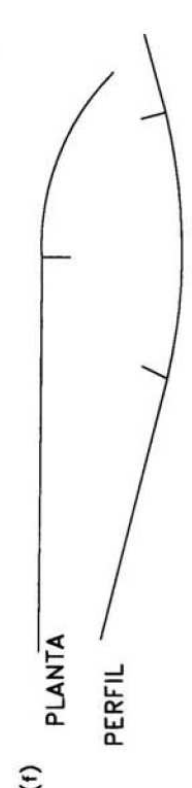
8.3.- Recomendaciones generales

PI vertical no coincida con el Pc o Pt de la curva horizontal. De esta forma no se logrará que el auto cambie de inclinación mientras comienza o termina de curvar.

Todo PI vertical debe estar en una abscisa redonda de 20 en 20. Se debe ajustar la longitud obtenida de la curva vertical para que coincida con estos requerimientos.

A continuación se muestra una grafica del MOP que muestra formas de buen y mal diseño vertical.

Grafica 8.3-1

FORMAS DE BUEN DISEÑO	FORMAS DE MAL DISEÑO
<p>(a)</p>  <p>PLANTA</p> <p>PERFIL</p> <p>Cima</p> <p>UNA APARIENCIA MUY SATISFACTORIA RESULTA DE LA COINCIDENCIA ENTRE LAS CURVAS VERTICALES Y HORIZONTALES, MANTENIENDO LA CURVA VERTICAL DENTRO DE LA CURVA HORIZONTAL.</p>	<p>(d)</p>  <p>PLANTA</p> <p>PERFIL</p> <p>PELIGROSO</p> <p>ESTA COMBINACION ES PELIGROSA YA QUE LA CURVATURA INVERSA DEL ALINEAMIENTO ES OBSTRUIDA DE LA VISTA DEL CONDUCTOR POR LA CIMA</p>
<p>(b)</p>  <p>PLANTA</p> <p>PERFIL</p> <p>Sima</p> <p>SIMILAR AL EJEMPLO (a) ESTA COMBINACION TIENE UNA AGRADABLE APARIENCIA</p>	<p>(e)</p>  <p>PLANTA</p> <p>PERFIL</p> <p>PELIGROSO</p> <p>LA CURVA VERTICAL CONVEXA RESTRINGE LA VISIBILIDAD DEL CONDUCTOR DEL CRUCE DE NIVELES (o intersección de caminos, comienzo de curva horizontal u otros obstáculos) Y SE PRODUCE UNA SITUACIÓN PELIGROSA.</p>
<p>(c)</p>  <p>PLANTA</p> <p>PERFIL</p> <p>COORDINACION IDEAL ENTRE LOS ALINEAMIENTOS VERTICALES Y HORIZONTALES; LOS VERTICES DE LAS CURVAS COINCIDEN CREANDO UNA BUENA COMBINACION</p>	<p>(f)</p>  <p>PLANTA</p> <p>PERFIL</p> <p>PELIGROSO</p> <p>ESTA COMBINACION TIENE UNA APARIENCIA MUY POBRE.- LA CURVA HORIZONTAL PARECE UN ANGULO AGUDO</p>

Calificación

Importancia: 7 debido a que solo son recomendación

Se logró un buen trabajo tratando de que el PIV no coincidiera con los Pc y PT. A pesar de ello en las curvas verticales 6 y 7, la distancia que se deja para que esto no suceda es tan solo alrededor de 15m.

También se trata que todas las PIV estén en abscisas redondas de 20 en 20, excepto en la etapa de construcción de la curva 9.

Se trabajó mucho en economizar, por eso el puntaje va a ser de 10.

Acerca de la factibilidad, este va a ser de 8, ya que es muy difícil seguir estas recomendaciones.

No se aplican las normas en esta parte, ya que solo son recomendaciones.

La calidad tanto en el diseño es de 9, y en la construcción de 8

9.- Movimiento de tierra.

A continuación se hará un análisis detallado de los principales ítems en un movimiento de tierra. Para poder calificar dentro de esta matriz es importante conocer los valores que se calcularon en el diseño definitivo y en el As built.

Tabla 9-1

Descripción ítem	U	Precio Unitario	Cantidad Diseño	Cantidad As Built	Total Diseño	Total As Built
Remoción e instalación de Postes de madera	m	2.35	2280	12	5358.00	28.2
Remoción y reubicación de cerramiento de mampostería (altura 2m)	m	56.4	800	71.56	45120.00	4035.98
Remoción de obstáculos misceláneos	m ³	45.45	75.05	38.32	3411.02	1741.64
Remoción y reubicación de cerramiento de alambres de púa (filas =4u)	m	6.54	1900	539.4	12426.00	3527.68

Desbroce, desbanque y limpieza del terreno	ha	863.06	19.27	3.26	16631.17	2813.58
Excavación en suelo bancos	m3	1.1	68171.79	12356.39	74988.97	13592
Excavación en suelo terraplén	m3	2.67	193111.1	112738	515606.72	301010

Es importante que el análisis sea lo más objetivo posible. Mientras más parámetros y formulas se incluyan, menor va a ser la subjetividad en la matriz. Para tener un parámetro con el cual comparar y analizar esta parte de la matriz se puede calificar a los datos del As built como los reales, por lo que sus calificaciones van a ser de 10. Es importante saber que estos datos sobre la cantidades de obras ejecutas no fueron afectadas por grandes errores en la construcción. Por ejemplo si ocurrió un derrumbe inesperado por culpa de los operadores, las cantidades van a cambiar con respecto al diseño definitivo, pero esto no quiere decir que estuvo mal hecho.

El valor de importancia es subjetivo. Se tratará de ser lo más imparcial posible. Se tomarán en cuenta la importancia del componente a ser evaluado en relación al proyecto en general. También se tomará en cuenta factores como la afectación económica que pueda tener ese componente. Para que este valor sea útil se deberá mantenerlo similar en todos los proyectos viales.

Para poner un valor al Económico lo que se realizará será una sencilla operación matemática, la formula es muy parecida a la usada para sacar el porcentaje de error.

$$Economico = 10 - \left| \frac{Costodiseño - costoconstruido}{Costomayor} \right| * 10$$

$$10 - \frac{5358 - 28}{5358} * 10 = .56$$

Nuevamente se usará un valor de 1 como mínimo. Aquí se concluye que un valor tan bajo en lo económico fue falla del diseño. Es importante que se analice este ítem que tuvo una calificación tan baja en lo económico.

Para evaluar la parte de calidad de diseño se usará la misma fórmula vista en la parte del valor económico.

$$\text{Calidad de diseño} = 10 - \left| \frac{\text{Cantidad de diseño} - \text{cantidad construido}}{\text{Cantidad mayor}} \right| * 10$$

$$10 - \frac{2280 - 12}{2280} * 10 = .52$$

Este valor también significa que algo estuvo mal hecho. Como en los casos anteriores se pondrá el mínimo valor 1.

Para el cálculo de la factibilidad, el evaluador será más subjetivo. Por ejemplo en el ítem que se está analizando, remoción e instalación de postes de madera es más factible remover 12 m que 2280 m por lo que el evaluador dará un valor subjetivo. No se puede calificar esto como los anteriores, porque ponerle un valor de 1 a la factibilidad significaría que es un trabajo muy difícil. En todo caso la factibilidad será la misma entre lo diseñado y lo ejecutado ya que no va a cambiar el tipo de trabajo.

Para los valores de cumplimiento de las normas. La calificación obtenida es 10 ya que no irrumpe con ninguna norma. También leyendo el informe de fiscalización se verá que en la construcción ejecutó este rubro con mucha formalidad.

Tabla 9-2

Descripción	Importancia	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad de diseño
Remoción e instalación de Postes de madera	4	1	8	10	1
Remoción y reubicación de cerramiento de mampostería (altura 2m)	4	1	7	10	1
Remoción de obstáculos misceláneos	4	5	8	10	5

Remoción y reubicación de cerramiento de alambres de púa (filas =4u)	4	3	7	10	3
Desbroce, desbanque y limpieza del terreno	8	2	7	10	2
Excavación en suelo bancos	9	2	7	10	2
Excavación en suelo terraplén	9	6	7	10	6

10.- Transporte de materiales

Este rubro es uno de los más importantes. No sería justo que se lo calificara de acuerdo al porcentaje del costo en relación al total del presupuesto, ya que en este caso específico este rubro es alrededor del 5% del valor de la obra. El valor de importancia de este rubro que solo tiene un ítem es 9

De la misma forma que en el caso anterior, los valores en el informe de fiscalización son los reales lo que significa que en la matriz que se califica lo construido va a obtener un 10. Para otros casos donde se sabe que se cometieron errores, por ejemplo se movió más tierra de la necesaria, se produjeron derrumbes por mala maniobra de los maquinistas o no se excavó lo especificado es responsabilidad del evaluador conocer estos detalles y darle una calificación específica para cada columna en la matriz dentro del área de lo ejecutado.

Para calificar el diseño se lo realiza de la misma forma que en el rubro movimiento de tierra.

Tabla 10-1

Descripción	U	Precio Unitario	Cantidad Diseño	Cantidad As Built	Total Diseño	Total As Built
transporte de materiales de excavación	m3-km	0.56	348036.2	69485.92	194900	38912.1

Para calcular la calificación en lo económico se usará la siguiente formula:

$$Economico = 10 - \left| \frac{Costodiseño - costoconstruido}{Costomayor} \right| * 10$$

$$10 - \frac{194900 - 38912.1}{194900} * 10 \approx 2$$

No hay que perder la noción de los números. Este valor significa que el diseño se calculó con un costo mucho mayor al real. Es importante siempre tener en cuenta estos valores y que significan o contra que se los compara. En este caso se los esta comparando con el valor económico durante la construcción que es igual a 10.

Para la calificación de si es o no factible se le va a dar una calificación de 7. Realizar este trabajo siempre es factible, pero más factible es realizarlo por una menor cantidad.

El rubro “transporte de materiales” fue diseñado para que cumpliera con todas las normas. De igual forma se sabe gracias al informe de fiscalización que este rubro se ejecutó satisfactoriamente por parte de la fiscalización.

Para calificar la calidad de diseño, nuevamente se va a comparar entre ambas cantidades, la ejecutada vs. la diseñada, como en el caso anterior.

$$Calidaddediseño = 10 - \left| \frac{Contidaddiseño - cantidadconstruido}{Cantidadmayor} \right| * 10$$

$$10 - \frac{348036 - 69485.9}{348036} * 10 \approx 2$$

Tabla 10-2

Descripción	Importancia	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad diseño
Transporte de materiales de excavación	10	2	7	10	2

11.- Calzada

A continuación se analizará y evaluará uno de los rubros más importantes de una carretera: la calzada. Si este rubro no ha sido bien realizado ya sea en la etapa de diseño o en la construcción, todo el resto del proyecto no tiene validez alguna. En otras palabras, no sirve de nada diseñar una autopista que su calzada no sea la adecuada para altas velocidades. Hay que recordar que la calzada se la diseñó para tres períodos de servicio. El primero de cuatro años que servirá durante la construcción y después dos períodos de 10 años cada uno, cuando entre la carretera en funcionamiento.

A continuación se resumen las cantidades y valores de los ítems dentro de este importante rubro.

Tabla 11-1

Descripción	U	Precio Unitario	Cantidad Diseño	Cantidad As Built	Total Diseño	Total As Built
Base Clase 1	m3	20.14	27812.23	28815.82	560138.31	580351
Asfalto Rc para impresión	l	0.34	124025.84	177874.93	42168.79	60477.5
Base asfáltica mezclada en planta e=7.5cm tipo 2B+ 5cm tipo 2c	m2	6.51	107635.5	100245.37	700707.37	652597
Excavación y relleno para estructuras	m3	8.52	861.08	1724	7336.40	14688.5
Hormigón estructural cemento portland clase D f'c=180kg/cm2 de bordillo	m3	103.62	874.13	944.02	90577.35	97819.4
Tubo PVC D=5cm para drenaje de bordillos	m	2.02	579.85	162.08	1171.30	327.402

Utilizando estos valores vamos a calificar cada parámetro. La calzada es sumamente importante por eso cada matriz tuvo un ítem de alto valor en importancia.

Para calcular el valor en lo económico se usó la fórmula anteriormente descrita:

$$Economico = 10 - \left| \frac{Costo\text{diseño} - costo\text{construido}}{Costo\text{mayor}} \right| * 10$$

$$10 - \left| \frac{560138.31 - 580351}{580351} \right| * 10 \approx 10$$

Como se puede apreciar en este resultado, los costos del diseño definitivo que calculó en el presupuesto referencial, fueron muy parecidos a los de la obra ejecutada. Hay que recordar que esta fórmula es utilizada en ambas partes de la matriz, durante diseño y durante construcción. Si el costo es mayor en la etapa de diseño, el puntaje será calculado con esta fórmula mientras que en la parte de construcción irá la mayor calificación. De la misma forma si el costo es mayor en la construcción que el presupuestado, en la matriz en la parte de diseño va 10 y en la de construcción se aplica la fórmula.

Los valores de factibilidad son de responsabilidad del evaluador. Nuevamente se descontó un punto en aquellos ítems en que sus cantidades de diseño fueron mayores a las ejecutadas. Esto como se explicó anteriormente es más factible colocar 1 m³ de hormigón que 1000 m³.

Todos los ítems cumplen con las normas AASHTO y del MOP. El ítem más importante en este rubro es el “Base asfáltica mezclada en planta e=7.5cm tipo 2B+ 7.5cm tipo 2C”.

En la página 21 del Reporte de Ingeniería se determina mediante el Método 93 de la AASHTO el número equivalente de ejes de diseño (ESAL por sus siglas en inglés) y el

numero estructural (SN). Conociendo el numero de autos anuales y el factor de carga, se pudo conocer el ESAL para 10 y 20 años, siendo estos valores de 17.3 y 54.3 millones respectivamente. Debido a que la vía será de dos carriles en ambas dirección, hace que el factor de distribución de carril sea de 0.5. A continuación se muestra una tabla con los valores de ESAL y de SN.

Tabla 11-2

Descripción	Unidad	Periodo 4 años(construcción)	Periodo 10 años	Periodo 20 años
ESAL	Millones	0.77	8.67	27.17
SN		2.41	3.79	4.43

Con estos datos, el coeficiente de cada material y el factor de drenaje aplicada a la base y sub base granulares, se desarrollaron cinco alternativas expuestas a continuación.

Tabla 11-3

Capa	Base Granular	Base asfáltica			
		1	2	3	4	5
No. de diseño	1	2	3	4	5
Sub base granular (cm)		15			
Base Granular (cm)	25		25	25	15
Base asfalto (cm)		17	13	15	15
Superficie de uso 4 años (cm)	10				
Superficie de uso 10 años (cm)	7.5	7.5	6	5	7.5
Superficie de uso 20 años (cm)	3.5	3.5	4	4	4.5
Total (cm)	42.5	39.5	44	45	37.5
SN 10 años	4.07	3.88	3.8	3.88	3.74
SN 20 años	4.4	4.42	4.42	4.5	4.45
Costo total (Pv)\$/m2	17.5	14.29	13.56	13.72	13.81

La alternativa 4 se escogió por ser la mas conveniente en términos del costo actual y calidad a largo plazo. Se deduce que en el ítem “Base asfáltica mezclada en planta

$e=7.5\text{cm}$ tipo 2B+ 7.5cm tipo 2C”, se cumplió con las normas y se presupuestó lo correcto.

Con esto también se sabe que la base granular es de 25 cm. En el diseño se detalla que se requieren 27815 m³ de este material para poner en una superficie de 107635 m². Esto da una capa granular de más de 25 cm

Para analizar la calidad de diseño se utilizará la fórmula vista anteriormente. A continuación se muestra un ejemplo con el ítem “Base clase 1”

$$\text{Calidad de diseño} = 10 - \left| \frac{\text{Cantidad diseño} - \text{cantidad construido}}{\text{Cantidad mayor}} \right| * 10$$

$$10 - \frac{27812.23 - 28815.82}{28815.82} * 10 \approx 10$$

A continuación se muestra la matriz en la parte de Diseño

Tabla 11-4

Descripción	Importancia	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad diseño
Base Clase 1	10	10	10	10	10
Asfalto Rc para impresión	10	10	10	10	7
Base asfáltica mezclada en planta $e=7.5\text{cm}$ tipo 2B+ 7.5cm tipo 2c	10	9	9	10	9
Excavación y relleno para estructuras	9	10	9	10	5
Hormigón estructural cemento Pórtland clase D $f'c=180\text{kg/cm}^2$ de bordillo	9	10	10	10	9
Tubo PVC $D=5\text{cm}$ para drenaje de bordillos	5	3	9	10	3

En este caso se ve que las cantidades de diseño estuvieron mejor calculadas que en los rubros anteriores.

La siguiente tabla muestra la matriz en la parte de Construcción

Tabla 11-5

Descripción	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad Construcción
Base Clase 1	10	10	10	10
Asfalto Rc para impresión	7	10	10	10
Base asfáltica mezclada en planta e=7.5cm tipo 2B+ 5cm tipo 2C	10	10	6	8
Excavación y relleno para estructuras	5	10	10	10
Hormigón estructural cemento Pórtland clase D f'c=180kg/cm2 de bordillo	9	10	10	10
Tubo PVC D=2cm para drenaje de bordillos	10	10	6	8

Los valores en las celdas del factor económico que no tuvieron la máxima calificación se debió a que se ejecutó mayor volumen que el presupuestado y se aplicó la fórmula vista anteriormente.

Hay que recalcar en esta etapa dos cosas muy importantes. La primera es que no se cumplió con las normas de la AASHTO en el ancho de la calzada y la segunda es que tampoco se colocaron las tuberías con el diámetro necesario en el caso del drenaje para bordillo.

Claramente, la norma establece que la capa asfáltica requería de un grosor de 15 cm. En el diseño definitivo se contempla este grosor y se especifica un grosor de 7.5 cm tipo 2B y de 7.5 cm tipo 2C. En la construcción de la obra se colocó la segunda capa, la tipo 2C, con un espesor de 5cm. Esta diferencia hace que se reduzca la calificación en la celda “Cumple Norma” y en la de “Calidad de diseño”

De igual forma se colocó un drenaje de menor diámetro que el especificado. Esto es contraproducente. Por esta razón también obtuvieron una menor calificación en las celdas “Cumple Norma” y “Calidad de diseño”.

12.- Hidrología y Obras de Drenaje

12.1.- Diseño

Para conocer la ubicación de las cunetas y el caudal de las mismas, hay que conocer la hidrología de la zona. El proyecto se encuentra entre dos quebradas, la Alpachaca, que desemboca en el río Guambi y la Santa Rosa que desemboca en el río Bravía.

La quebrada Alpachaca es la más importante y tiene un área de 200 hectáreas. Los otros drenajes tienen áreas de contribución menores a 20 hectáreas.

La precipitación anual es de 880 mm y la temperatura media es de 17°C. El periodo de retorno es de 25 años.

Para el cálculo del flujo máximo se utilizará la fórmula:

$$Q = 2.778 * C * I * A$$

Donde,

Q = Flujo máximo en l/s

C = Coeficiente de permeabilidad

I = Intensidad de la precipitación

A = Área de aporte.

Para calcular la intensidad se usará la fórmula:

$$I = \frac{39.9 * T^{0.09}}{t^{1.98}} * [Ln(t + 3)]^{5.39} * [Ln(T)]^{0.11}$$

Donde

T = Período de retorno

I = Intensidad de la precipitación

T = Periodo de concentración

A continuación se muestra una tabla con los caudales máximos instantáneos

Tabla 12.1-1

Abscisa	I (mm/h)	Área (ha)	Q (m ³ /s)
0+372.24	59.1	200	19702
0+904.75	129.54	9.68	2090
1+262.52	129.54	9.17	1980
1+547.58	129.54	7.08	1529
2+085.00	129.54	12.56	2712
2+176.93	129.54	7.33	1583
2+295.42	129.54	7.92	1710
2+843.64	129.54	3.81	823
3+152.86	129.54	6.24	1347
3+486.07	129.54	8.42	1818
3+820.00	129.54	9.42	2034
4+159.38	129.54	18.11	3910

Listado de alcantarillas

Tabla 12.1-2

Abscisa Diseño	Tipo	Longitud diseño	Diámetro Diseño	Angulo diseño
0+400	Canal de encauzamiento	80.25	3x3	57°00'
0+446	Cruce canal de riego	47	0.4	90°
0+595	Cruce canal de riego	56.5	0.4	123°50'
0+601	Colector camino	30.74		67°39'
0+800	Canal de encauzamiento	41.50'	1.2	0°00'
0+953.576	Colector camino	30.9		123°50'
1+149.27	Colector camino	20.1		90°
1+230	Canal de encauzamiento	41.5	1.2	90°
1+382.587	Colector camino	16.67	0.4	90°
1+600.418	Colector camino	24.55		90°

1+660.994	Canal de encauzamiento	41.5	1.2	90°
2+030	Canal de encauzamiento	74.75	1.2	80°
2+120	Canal de encauzamiento	75.2	1.2	90°
2+236	Canal de encauzamiento	60.3	1.2	90°
2+406	Colector camino	71.25		90°
2+578	Colector camino	15.1		90°
2+840	Canal de encauzamiento	44.35	1.2	90°
-----	Colector camino	-----	-----	-----
3+092	Canal de encauzamiento	41.4	1.2	82°22'
3+099	Cruce canal de riego	52.35	1.2	100°
3+504	Colector camino	27.75		70°
3+520	Canal de encauzamiento	52	1.2	90°
3+833	Cruce canal de riego	58.48		90
3+900	Canal de encauzamiento	55.5	1.2	90°
3+936	Colector camino			90°
4+210	Canal de encauzamiento	54.9	1.5	11°09'

Tabla 12.1-3

Abscisa Construcción	Tipo	Longitud construido	Diámetro Construido	Angulo construido
0+402.887	Canal de encauzamiento	81.51	3x3	59°42'
0+460.396	Cruce canal de riego	48.37	0.4	116°22'
0+595	Cruce canal de riego	56.5	0.4	123°50'
0+601	Colector camino	30.74		67°39'
0+800	Canal de encauzamiento	41.54'	1.2	0°00'
0+953.576	Colector camino	30.9		123°50'
1+149.27	Colector camino	20.1		89°49'
1+229.96	Canal de encauzamiento	42.54	1.2	90°06'
1+382.587	Colector camino	16.67	0.4	89°29'
1+600.418	Colector camino	24.55		90°09'
1+650	Canal de encauzamiento	42.1	1.2	89°10'
2+030.44	Canal de encauzamiento	75.9	1.5	100°15'
2+119	Canal de encauzamiento	74.3	1.2	90°20'
2+235.95	Canal de encauzamiento	57	1.2	89°51''
2+374	Colector camino	71.25		89°29'
2+578	Colector camino	15.1		90°05'
2+839.9	Canal de encauzamiento	41.3	1.2	90°14'
2+909.059	Colector camino	49.35		88°39'
3+087	Canal de encauzamiento	49.2	1.2	85°30'
3+099	Cruce canal de riego	52.35	1.2	102°48'
3+502	Colector camino	27.75		69°28'
3+510	Canal de encauzamiento	52.34	1.2	88°23'
3+833	Cruce canal de riego	58.45		88°46'
3+930	Canal de encauzamiento	38.87	1.2	86°56'
-----	Colector camino	-----	-----	-----
4+210	Canal de encauzamiento	53.63	1.5	10°57'

Nota: Es importante utilizar el método de las transparencias para ubicar las alcantarillas. Adjunto se encuentran los planos de las alcantarillas en ambas etapas: diseño y construcción.

12.2.- Ubicación

La abscisa en donde se encuentra el canal de encauzamiento, colector mínimo o el cruce de canal de riego es de suma importancia. Esta tiene que estar ubicada en lugares estratégicos para que se pueda evacuar el agua de la mejor forma. Por ejemplo es ideal ubicar los colectores de camino antes del Pc o Pt de curvas horizontales, para que el agua no cruce debido al peralte y evitar fisuras. También es necesario colocarlas en las PI verticales de curvas cóncavas, especialmente cuando existe un cambio de gradiente.

Los canales de encauzamiento ayudarán a evacuar el agua que es recolectada por las cunetas de coronación y por lo tanto deben estar ubicadas donde sea necesario.

Calificación

La importancia de la ubicación va a ser de 9.

En el aspecto económico el diseño va a tener una calificación de 8 mientras que la construcción de 10. Esto se debe al encarecimiento en el diseño ya que se ubicó la tubería en suelos rellenados.

En el aspecto técnico y por la misma razón descrita anteriormente, es menos factible ubicar una tubería en suelo rellenado que en terreno natural. Existe una disminución de la inestabilidad de los taludes actuales y en el proceso de construcción, así es como se pronuncia en el oficio que realizó Consermin para la reubicación de las mismas. Calificación en el diseño: 8. Calificación en la construcción 10.

Ambos diseños cumplen las normas: 10

Seria injusto rebajar con exageración la calidad del diseño, pues solo dos canales de encauzamiento y un cruce de riego, fueron reubicados. En la Tabla No. se encuentran en rojo. Calificación diseño: 9. Calificación construcción 10.

12.3.- Diámetro

Debido al flujo máximo calculado en la tabla No. podemos calcular el diámetro de la tubería y la pendiente requerida. Se utilizaron canales de encauzamiento de 1.2m en su gran mayoría, excepto el que se utilizó en la quebrada de Alpachaca que fue de 3.0 X 3.0 metros. En la abscisa 3+030 se hizo un cambio en el diámetro de la tubería. De 1.20 a 1.50. Lo cual no se justificaba en los cálculos.

Calificación

La importancia del diámetro de la tubería será de 9.

En el aspecto económico; Se trató de utilizar un tubería homogénea para toda la obra, aunque esto simplificó los cálculos, sin duda alguna aumentó el presupuesto de la obra ya que gran parte de la tubería es demasiado grandes para el flujo requerido. 8. En la etapa de construcción, no se redujo el diámetro y más bien se aumento en la abscisa 3+030: 6

En el aspecto de factibilidad; No existe ningún impedimento ni a niveles de diseño o construcción. Tanto el diseño como la obra fueron totalmente factibles: 10

Cumple las normas; Se cumplieron con los diámetros mínimos calculados: 10

Calidad del diseño; Debido a que el diseño escogió utilizar la misma tubería, no se puede decir que se hizo un buen diseño: 7.

Calidad de lo construido; No se trato de utilizar diámetros más exactos y además se aumentó el diámetro sin justificativo alguno: 6

12.4.- Ángulo

En necesario utilizar un ángulo de deflexión, en los colectores, con respecto a la vía de por lo menos 30°. Este ángulo permitirá que el agua no se vuelva turbulenta y corra con facilidad. En la mayor parte de esta vía no se aplicó ya que existen bajantes de aguas lluvias, que cambian el flujo horizontal a vertical y luego a horizontal, pudiendo ir esta última en cualquier dirección. Obviamente la distancia más corta es la perpendicular, por ello se escoge un ángulo de 90°. Que se trató de respetar en toda la vía.

Importancia: 9

Aspecto económico: Como se puede ver en las tablas anteriores existen ciertos ángulos que no son de 90°, eso aumenta el costo: 8. En la etapa de construcción la tubería en la abscisa 0+460 cambia de dirección, lo que aumentó el costo: 7

Fue factible y se cumplieron todas las normas: 10

Calidad de diseño: 9. El diseño es claro y en su mayoría los ángulos son justificados.

Calidad en la construcción: 7. Se detectaron muchos errores en los ángulos, a pesar de que solo fueron un par de grados, eso no debió ocurrir.

12.5.- Ítems

La siguiente tabla muestras las cantidades diseñadas y ejecutadas del rubro “Obras de drenaje”

Tabla 12.5-1

Descripción	U	Precio	Cantidad	Cantidad	Total	Total
-------------	---	--------	----------	----------	-------	-------

		Unitario	Diseño	As Built	Diseño	As Built
Excavación y relleno para estructuras	m3	8.52	6336.14	13943.68	53983.91	118800
Excavación para cunetas y encauzamientos	m3	5.14	7979.99	4032.64	41017.15	20727.8
Tubería de hormigón armado para alcantarilla (clase e / D=120 cm)	m	188.03	442.15	504.99	83137.46	94953.3
Tubería de hormigón armado para alcantarilla (clase e / D=150 cm)	m	238.24	78.8	138.3	18773.31	32948.6
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase D - f'c=180kg/cm2	m3	118.01	42.74	502.4	5043.75	59288.2
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase C - f'c=210kg/cm2	m3	130.03	2626.34	19997.89	341502.99	260032.6
Acero de refuerzo en barras fy=4200 kg/cm2	kg	1.11	53742.47	44166.6	59654.14	49024.9
Escollera de piedra suelta	m3	28.96	537.61	42.7	15569.19	1236.59

A continuación se calificará los ítems de este rubro.

La importancia es subjetiva y va a depender de los evaluadores, del tipo de obra y del subtotal del ítem.

Para evaluar la parte económica se aplica la formula

$$Economico = 10 - \left| \frac{Costodiseño - costoconstruido}{Costomayor} \right| * 10$$

$$10 - \left| \frac{53983.91 - 118800}{118800} \right| * 10 \approx 5$$

Para que no exista confusión hay que recordar que esta formula se aplica en la parte de la matriz donde la cantidad fue mayor. Si se analiza el primer ítem de este rubro, "Excavación y relleno para estructuras", se obtiene un 10 en la celda económico de la parte de construcción y el valor de 5 como se muestra en la ecuación anterior.

Todos estos rubros son factibles de realizar, tanto en la etapa de diseño como en la construcción, por lo tanto su calificación es de 10

Se cumplieron las normas a cabalidad en las dos etapas que se están analizando. Su calificación es de 10

Para la calidad de diseño se uso la siguiente formula:

$$\text{Calidad de diseño} = 10 - \left| \frac{\text{Cantidad diseño} - \text{cantidad construido}}{\text{Cantidad mayor}} \right| * 10$$

El ítem excavación y relleno para estructuras se lo muestra a continuación

$$10 - \frac{6336.14 - 13943.68}{13943.68} * 10 \approx 5$$

En la calidad de construcción la calificación va a ser de 10, ya que este es el valor real.

A continuación se muestran la matriz con el rubro evaluado.

Etapa diseño

Tabla 12.5-2

Descripción	Importancia	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad diseño
Excavación y relleno para estructuras	9	10	9	10	5
Excavación para cunetas y encauzamientos	7	5	9	10	5
Tubería de hormigón armado para alcantarilla (clase e / D=120 cm)	10	10	9	10	9
Tubería de hormigón armado para alcantarilla (clase e / D=150 cm)	10	10	9	10	2
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase D - f'c=180kg/cm2	7	10	9	10	1
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase C - f'c=210kg/cm2	8	8	9	10	8

Acero de refuerzo en barras $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	7	8	9	10	8
Escollera de piedra suelta	6	1	9	10	1

Etapa construcción

Tabla 12.5-3

Descripción	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad Construcción
Excavación y relleno para estructuras	5	10	10	10
Excavación para cunetas y encauzamientos	10	10	10	10
Tubería de hormigón armado para alcantarilla (clase e / D=120 cm)	9	10	10	10
Tubería de hormigón armado para alcantarilla (clase e / D=150 cm)	6	10	10	10
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase D - $f'c=180\text{kg/cm}^2$	1	10	10	10
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase C - $f'c=210\text{kg/cm}^2$	10	10	10	10
Acero de refuerzo en barras $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	10	10	10	10
Escollera de piedra suelta	10	10	10	10

13.- Camino Histórico

13.1.- Ubicación y longitud del paso deprimido

La ubicación y longitud del paso deprimido fue la misma tanto en el diseño como en la construcción. Los valores en esta parte son subjetivos

Importancia 7

Económico 7: A pesar que se escogió un método económico para realizar el paso deprimido, este debió haber sido perpendicular para que su longitud se reduzca y por ende su costo.

Factible: 10, se diseñó y construyó sin dificultad

Cumple normas: 10

Calidad de construcción y diseño: 9

13.2.- Carpeta de Rodadura del paso deprimido

Importancia: 6 Esto se debe a que se evalúa la autopista, más no el camino de servicio, pero de todas maneras se lo toma en cuenta, ya que influye en el proyecto.

Económico: En la etapa de diseño se lo diseñó como un camino lastrado: 9

En la etapa de construcción se lo empedró: 6

Factible: Es más factible hoy en día, hacer un camino lastrado que empedrado. La calificación será de 9 en el diseño y 7 en la construcción.

Cumple normas: 10

Calidad de diseño: 7

Calidad de construcción: 9

13.3.- Ítems

A continuación se analizarán los principales ítems que intervinieron en la construcción del camino histórico

Tabla 13.3-1

Descripción	U	Precio Unitario	Cantidad Diseño	Cantidad As Built	Total Diseño	Total As Built
Excavación y relleno para estructura	m3	8.52	2734.62	5865.8	23298.96	49976.6
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase D - f'c=240kg/cm2	m3	143.54	235.17	527.85	33756.30	75767.6
arcos de tubo de metal corrugado-tipo super luz	m	1365.96	62.51	62.42	85386.16	85263.2
Gaviones	m3	39.74	192.41	465.85	7646.37	18512.9

Una vez obtenido los valores se procede a la evaluación del rubro “Camino Histórico”

Para determinar la importancia, de igual forma que en los casos anteriores, se compara la importancia de cada ítem dentro del rubro y del proyecto, de igual forma este valor será subjetivo y dependerá de los evaluadores.

El valor en lo económico se lo determina por la siguiente formula:

$$Economico = 10 - \left| \frac{Costodiseño - costoconstruido}{Costomayor} \right| * 10$$

Nota: Se procede a utilizar la formula como en los casos anteriores. Es decir, donde el costo del ítem haya sido mayor se aplicará esta formula, y donde el costo sea menor se calificara con un diez.

Todos estos rubros, tanto en el diseño como en la construcción fueron factibles

Se cumplieron las normas de diseño en ambas etapa del proyecto, diseño y construcción

Para la calidad de diseño se utiliza la siguiente formula:

$$Calidaddeseño = 10 - \left| \frac{Cantidaddiseño - cantidadconstruido}{Cantidadmayor} \right| * 10$$

La calificación en la calidad de construcción va a ser de 10. Ya que no se reporto problemas en el informe de fiscalización.

La siguiente tabla es la matriz en la etapa de diseño.

Tabla 13.3-2

Descripción	Importancia	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad diseño
Excavación y relleno para estructura	9	10	9	10	5
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase D - $f'c=240\text{kg/cm}^2$	9	10	9	10	4
Arcos de tubo de metal corrugado-tipo súper luz	10	10	9	10	10
Gaviones	8	10	9	10	4

Matriz de evaluación en la parte de construcción. Rubro: “Camino Histórico”

Tabla 13.3-3

Descripción	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad Construcción
Excavación y relleno para estructura	5	10	10	10
Hormigón estructural de cemento Pórtland clase D - $f'c=240\text{kg/cm}^2$	4	10	10	10
Arcos de tubo de metal corrugado-tipo súper luz	10	10	10	10
Gaviones	4	10	10	10

14.- Mitigación Ambiental

Desde hace algunos años, la mitigación ambiental es uno de los temas más delicados y preocupantes. Por ello se le está dando especial atención a este tema, en especial los proyectos rurales. Gracias a esto se han desarrollado varias metodologías sobre la evaluación de impactos ambientales.

En la matriz de evaluación que estamos realizando, no propondrá ni realizará ningún estudio de impacto ambiental, solo se calificará lo que se propuso hacer y como quedó. De esta forma estas evaluaciones reportarán si se logro con el objetivo de reducir los impactos ambientales. Hay que recordar que de una u otra forma siempre un proyecto de esta magnitud va a producir impactos ambientales, lo importante es que se produzcan planes de mitigación ambiental y estos se lleven a cabo con todas las exigencias.

A continuación se revisará la lista de los principales ítems que se realizaron. Es importante conocerlos, ya que estos son la base de la mitigación ambiental.

Tabla 14-1

Descripción	U	Precio Unitario	Cantidad Diseño	Cantidad As Built	Total Diseño	Total As Built
Control de polvo durante construcción con agua	m3	5.12	319.1		1633.79	0
Control y reconfiguración de materiales excedentes en botaderos.	m3	0.49	125987.31	5607.17	61733.78	2747.51
Revegetación - Área sembrada zona plana	m2	1.58	23240	31333.1	36719.20	49506.3
Revegetación - Área sembrada zona taludes	m2	3.82	15031.46	20340.8	57420.18	77701.9
Área plantada - Árboles y arbustos	u	3.47	3264	55	11326.08	190.85
Señales al lado de la carretera informativas	u	65.24	8	8	521.92	521.92
Señales al lado de la carretera ambientales	U	134.71	4	7	538.84	942.97

Una vez obtenidas las cantidades y costos se procede a determinar la importancia de los ítems expuestos anteriormente. Debido a que un proyecto como este puede acabar con la flora y fauna de la zona es necesario darle altos valores de importancia a los ítems que pueden ayudar a la preservación de la zona.

Ahora se analizará la parte económica del proyecto. Como en muchos de los casos anteriores, se utilizará la siguiente fórmula:

$$Economico = 10 - \left| \frac{Costodiseño - costoconstruido}{Costomayor} \right| * 10$$

Nota: Se procede a utilizar la formula como en los casos anteriores. Es decir, donde el costo del ítem haya sido mayor se aplicará esta formula, y donde es costo sea menor se calificara con un diez.

Sin duda todos estos rubros son factibles técnicamente. Pero se resalta que los ítems de revegetación se hicieron de una manera diferente a la especificada en el rubro contractual previsto. Para esta actividad era la siembra de semilla, pero se lo hizo mediante el enchambado.

Esperar la revegetación de un área mediante la siembra de semillas es menos factible que con la enchambada, especialmente si son taludes. Esto en gran parte se debe a que la siembra necesita mayor tiempo de cuidado y se lava con la lluvias fuertes.

Tanto en el diseño como en la construcción se cumplieron las normas que exigen los organismos ambientales. El informe de fiscalización no especifica el volumen de agua que se utilizo para el control de polvos, puede ser que sea un error de escritura

Para la calidad de diseño se utiliza la siguiente formula:

$$Calidaddiseño = 10 - \left| \frac{Cantidaddiseño - cantidadconstruido}{Cantidadmayor} \right| * 10$$

Matriz de evaluación en el área de diseño:

Tabla 14-2

Descripción	Importancia	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad diseño
Control de polvo durante construcción con agua	9	10	10	10	10
Control y re conformación de materiales excedentes	9	0	9	10	0

en botaderos.					
Revegetación - Área sembrada zona plana	9	10	8	10	7
Revegetación - Área sembrada zona taludes	9	10	6	10	7
Área plantada - Árboles y arbustos	9	1	10	10	10
Señales al lado de la carretera informativas	7	10	10	10	10
Señales al lado de la carretera ambientales	7	10	10	10	6

Matriz de evaluación en el área de construcción:

Tabla 14-3

Descripción	Económico	Factible	Cumple normas	Calidad Construcción
Control de polvo durante construcción con agua	10	10	10	10
Control y re conformación de materiales excedentes en botaderos.	10	10	10	10
Revegetación - Área sembrada zona plana	7	10	10	10
Revegetación - Área sembrada zona taludes	7	10	10	10
Área plantada - Árboles y arbustos	10	10	6	1
Señales al lado de la carretera informativas	10	10	10	10
Señales al lado de la carretera ambientales	6	10	10	10

CAPITULO IV
Resultados Y Gráficos



CAPITULO V

Conclusiones Y Recomendaciones



1) Conclusiones

La parte más importante es entender los datos. Los números por si solo no explican todo, por eso, a continuación se explicarán los puntajes y calificaciones de cada componente en sus respectivas etapas. Se comenzará analizando la matriz globalmente para luego proceder a analizar cada componente individual.

En cálculo del promedio de la matriz, es decir el promedio de cada componente, es de 8,2 en la parte del diseño, mientras en la parte construida es 9.4. Esta diferencia indica que existieron varias fallas en el diseño y que fueron mejoradas en la construcción. Pero hay que recordar, que en muchos casos se calificó lo construido con un 10, por ser el valor real. Por ejemplo, en el diseño se calculó mayor volumen de corte y relleno del que fue necesario en la construcción. Se puede decir que no fue necesariamente culpa del diseñador, si no del topógrafo, pero de todas formas se le dio un puntaje mucho menor, ya que está dentro de la responsabilidad del diseñador trabajar con datos reales. La calificación en la parte de construcción fue muy alta, esto demuestra que el trabajo fue muy bien realizado; cumplió con los diseños, normas, presupuesto y cronogramas.

Los valores de calificación anteriormente descritos, dan una idea global de la calificación de cada matriz. A pesar de ello, no son totalmente fiables, ya que no todos los

componentes tienen la misma importancia. En los valores de puntaje total, se incluye la importancia de los componentes individuales.

- El puntaje total en la etapa de diseño fue de 13138.4.
- En la de construcción el puntaje fue de 14419.2.
- El valor máximo que cada matriz puede obtener es de 15611.2.

Es decir en ninguno de los dos casos se aleja demasiado del máximo puntaje.

Si se divide el puntaje obtenido en la parte de diseño sobre el máximo es igual a 0.84.

Si se divide el puntaje en la etapa de construcción sobre el máximo es igual a 0.92. Como se aprecia, existe una relación entre los dos valores un poco menor a la relación que existe entre los valores obtenidos con la calificación promedio. La gráfica del puntaje acumulado, también demuestra como va evolucionado el puntaje debido a los componentes.

Ahora que se conoce que los componentes durante la construcción obtuvieron mejores puntajes, se analizará en donde se cometieron los mayores errores de diseño. Para visualizar esto de una forma rápida y eficaz, hay que referirse a la gráfica de Calificación de los Componentes Generales. Ahí se aprecia que los componentes generales en el diseño que estuvieron por debajo de los componentes generales de la construcción fueron:

Movimiento de tierras, transporte de material, hidrología y drenaje.

Los componentes: movimiento de tierra y transporte de material, fueron los que menor calificación obtuvieron. Por esto, se concluye que hubo un gran error en el cálculo de corte y relleno. Este error se debe a dos factores: un grave error en la topografía o un mal cálculo del diseñador. Debido a que el error es tan grande, es necesario hacer una investigación en esta área y saber reconocer por qué se produjo esta falla. Si revisamos en anexo 9, que contiene los planos de diseño y as built del último kilómetro, en donde se encuentra una tabla con las cantidades de corte y relleno, podemos darnos cuenta existe una diferencia de aproximadamente 136 mil m³ de corte y 77 mil m³ de relleno. Esto va más allá de un 10% de error que puede existir. Cuando hablamos con el diseñador de la vía, nos dijo que no existió el replanteo del eje del proyecto entre las etapas de diseño preliminar ni de diseño definitivo. Es decir se trabajó con la topografía existente de una

franja cerca y no con la del proyecto. Sin duda alguno esto pudo haber creado esa diferencia en la topografía

En el anexo , se tienen los planos As built y de diseño de la parte vertical, se puede notar una gran diferencia en las cotas del terreno y del proyecto.

Ahora se analizarán los componentes individuales. En el área de diseño, los componentes que menor calificación obtuvieron fueron:

- Remoción e instalación de Postes de madera.
- Remoción y reubicación de cerramiento de mampostería (altura 2m).
- Remoción de obstáculos misceláneos.
- Remoción y reubicación de cerramiento de alambres de púa (filas =4u).
- Desbroce, desbanque y limpieza del terreno.
- Excavación en suelo bancos.
- Excavación en suelo terraplén.
- Tubo PVC D=5cm pare drenaje de bordillos.
- Escollera de piedra suelta.

En la etapa de construcción, los componentes individuales que menor calificación obtuvieron fueron:

- Diámetro de las tuberías.
- Hormigón estructural de cemento Pórtland usado para el drenaje.
- Capa de rodadura del camino histórico.
- Area plantada – árboles y arbustos.

Otras conclusiones que se podrían sacar es comparando el puntaje total de esta obra, la suma del puntaje de diseño más el puntaje de construido, con el puntaje total de otra obra similar. De esta forma se puede comparar la calidad de ambos diseños. Por último se podría usar esta matriz, utilizando la parte de diseño para encontrar la mejor alternativa.

2) **Recomendaciones**

Conforme se fue realizando el estudio, se descubrieron varias acciones que se podrían mejorar. La primera va más allá del autor de esta obra. El organismo dueño del proyecto,

Quiport, no tenía los planos As built, ni el informe de fiscalización. Esto es inaudito, sobre todo hoy en día, donde toda la información puede ser almacenada en computadoras y recuperada fácilmente.

La siguiente recomendación va a los fiscalizadores de la obra. Los planos As built de la parte horizontal que ellos realizaron, son una copia de los del diseño definitivo. A pesar que ellos en su informe de fiscalización reportan cambios, estos no constan en los planos. Otra negligencia de la fiscalización consiste en que dibujaron los mismos datos del diseño vertical, tanto en los planos de diseño definitivo como en el As built. Esto es vergonzoso, ya que se crea una confusión con los planos y el proceso de evaluación requiere de mayor tiempo y cuidado.

Como recomendación general, sería conveniente que el organismo dueño del proyecto, efectúe esta evaluación conforme se realiza el diseño y la construcción de un proyecto. Con esto obtiene una buena base de datos con las mejores consultoras y constructoras. Esto daría como resultado un mejor control sobre los diseñadores y constructores y disminuirá la corrupción y negligencia en estos procesos. Por ejemplo, en este caso se podría investigar porque a pesar de que existe una disminución sustancial en el corte y relleno (un rubro importante), el presupuesto se mantuvo exacto al referencial.

Un proceso tan sencillo y a la vez tan técnico, como el desarrollado en esta tesis podría ser de gran utilidad para mejorar el control sobre el diseño y construcción de grandes proyectos. Con esto el gobierno podría ahorrarse millones de dólares al año al igual que mejorar las obras que se realizan en el país.

La mayor recomendación es que se utilice este proceso para evaluación de proyectos y se continúe con la investigación que fuera necesaria para una optimización de este primer de este trabajo

Bibliografía

Caminosca. Informe Final Fiscalización. Quito 2005

Ilpes. Guía Para Presentación de Proyectos. Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social. México 1988 HD 75. G8 1988

Manual de Diseño Geométrico. http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001/volumen2/cap4/seccion403.htm#inicio

Ministerio de Obras Publicas del Ecuador. Manual de Diseño. Ecuador 2001

Ministerio de Obras Publicas del Ecuador. www.mop.gov.ec. Ecuador

Quilodran, Federico. Manual de Preparación de Proyectos. Universidad Nacional de Loja. 1982 HD 75. Q5 1982

Quiport. Diseño Final del Coector Alpachaca. Reporte de Ingeniería. Quito 2004

Sapag Chain, Nassir. Preparación y Evaluación de Proyectos. McGraw Hill. Santa Fe de Bogota 1995. HD 75.s26 1995

<http://www.elergonomista.com/construccionlis.htm>

<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~tvelasquez/SEMANA%205.doc>.