

## INTRODUCCIÓN

La Magnitud y alto nivel de inversión que implica la ejecución de obras viales, hace indispensable la implantación de un proceso de gestión en el control de calidad que asegure la emisión de informes en tiempo real de la obra, que sean veraces y oportunos por parte de la fiscalización que permitan visualizar acciones inherentes a las condiciones reales presentadas durante el proceso constructivo.

Este proceso, debería ser alcanzado mediante la implementación de una auditoría técnica de gestión para el control de calidad, cuya implementación es independiente a los controles que realiza la supervisión.

En razón de que el éxito de las obras viales depende de una buena ejecución sobre la base de un acertado control de gestión de calidad, la supervisión debe proceder conjuntamente con el personal de las empresas contratistas a la toma de muestras y ensayos en volúmenes suficientes en las operaciones de construcción, programando los ensayos de modo apropiado para asegurar que se represente razonablemente las condiciones de las obras y cuyos datos estadísticos permitan evaluar el cumplimiento del contrato y de las especificaciones técnicas en combinación con los diseños. De manera que se tenga a disponibilidad los resultados de estos ensayos, para su comparación y aplicación dentro de lo que será la auditoría técnica del proyecto durante la ejecución del mismo.

Las técnicas de optimización aportan el sustento técnico para priorizar los proyectos de cara a obtener la más alta rentabilidad como resultado de la ejecución de los presupuestos. En lo específico cuando la programación de las obras esta acorde a las exigencias del contrato y las necesidades técnicas de la misma garantice el uso óptimo de los fondos públicos destinados a la ejecución de proyectos.

Una vez consolidada una adecuada metodología para la gestión del control de calidad de proyectos viales en su etapa de ejecución debe regirse por sistemas de calidad que de igual forma sustenten y sean garantes de la calidad de las obras; al realizar una auditoría técnica durante la ejecución del proyecto, se refuerza el control de calidad verificándose que el mismo se ajusta a una normativa.

El nivel del control de calidad actualmente, apunta a que la inversión en obras viales solo se ponga en manos de empresas que operen bajo sistemas de calidad debidamente acreditados. No obstante el logro de estas metas queda sujeto a las exigencias que en la materia se defina y se exija desde las entidades gubernamentales encargadas de validar la calidad de las obras viales que sean mediante las especificaciones técnicas particulares de cada proyecto.

El objetivo general es establecer una metodología para el control de calidad mediante auditorías técnicas de proyectos viales optimizando el sistema de control, de manera que se logre obtener indicadores de calidad que valoren la calidad de la obra.

Se pretende demostrar que con la realización de una auditoría técnica de gestión de calidad, basada en los documentos inherentes a un proyecto vial llámense planos de diseño, memorias de cálculo y especificaciones técnicas, se puede reforzar considerablemente el control de calidad.

Este estudio, nos permitirá conocer todas las condiciones, normativas y metodologías para encarar una auditoría vial de control de calidad adecuado con las posibilidades de aplicabilidad en las carreteras de nuestra región.

Entre los objetivos específicos tenemos:

- Identificar las etapas de un proyecto estudiarlas, para poder realizar un seguimiento más acorde con la magnitud del proyecto.
- Establecer las tareas de un programa de auditoría técnica para verificar los resultados del sistema de control en una obra vial.
- Establecer e identificar las variables necesarias para una auditoría Técnica desde el punto de vista de la fiscalización de una obra vial y así garantizar un control adecuado de obras y de la calidad de las mismas.
- Analizar los procesos en los que intervienen las auditorías técnicas con sus características dentro de cada una de las etapas.
- Establecer la incidencia de una auditoría en los costos, manera que se tenga indicadores económicos para la ejecución del proyecto mismo.

- Realizar una simulación de una parte de una auditoría técnica en base a actividades realizadas de un determinado proyecto como aplicación práctica de la metodología planteada.
- Establecer conclusiones y recomendaciones.

El presente estudio pretende servir como un instrumento de consulta respecto al tema de auditorías técnicas para el control de calidad de obras viales, para ello es importante partir del análisis de los fundamentos teóricos sobre las etapas que debe seguir la construcción de las carreteras, es decir, sabemos que los proyectos viales siguen un proceso en la mayoría de los casos bastante largo en tiempo debido a que debe realizarse un anteproyecto, luego establecer la factibilidad del mismo, para luego proseguir con el proyecto a diseño final, con el cual una vez concluido, se buscará el financiamiento requerido en el presupuesto del diseño final para luego pasar a la etapa de la construcción, en la cual en forma independiente se tiene varias etapas que se siguen en su ejecución siendo la información de esta etapa la que sirven de respaldos técnicos ante una simultánea o posterior AUDITORÍA de la obra, por ello la importancia de tener una completa información y adecuada sistematización de los mismos que respalden cada una de las acciones que se realizan en el proceso de construcción de la obra vial de tal manera que cuando se realice una auditoría técnica se tengan los elementos respaldatorios de la ejecución de cada una de las actividades de la obra.

El presente estudio pretende establecer una metodología del proceso de una AUDITORÍA TÉCNICA para una obra vial cuya secuencia lógica de procedimientos, valoraciones y resultados estén distribuidos e identificados de tal manera que se que pueda ser aplicable para cualquier actividad de la obra y para cualquier obra vial en la cual se quiera seguir una auditoría.

En el estudio se describirán todos y cada uno de los pasos del seguimiento y control de una obra vial, la fiscalización como tal con sus atributos, competencias y funciones que deben ejercerse en todo el proceso de ejecución de la obra, su relación con la supervisión y con la emisión de información de control de calidad de la obra vial que respalde cada una de las

actividades de ejecución que en el futuro se convertirán en los respaldos y descargos de la auditoría técnica.

Con el propósito de poner en práctica la metodología planteada se procederá a la aplicación de esta metodología en una o más actividades de un determinado proyecto en este caso particular en el proyecto de la Construcción de la carretera pavimentada Campo Pajoso-Caraparí en la provincia Gran Chaco de nuestro departamento, de la cual tomaremos como actividad sujeta a una auditoría el pavimento rígido del proyecto de los primeros 2 Km. La metodología que se muestra en el estudio podrá ser utilizada en el resto de actividades de este proyecto o en cualquier otro proyecto vial. Finalmente estableceremos conclusiones y recomendaciones sobre el tema.



## **CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CARRETERAS**

### **1.1.- ASPECTOS GENERALES.-**

La clasificación, de carreteras y caminos motivos del presente capítulo está orientada específicamente al diseño.

Sin embargo en Bolivia, existe una clasificación definida en el Decreto Supremo 25134 de 1998 que define el Sistema Nacional de Carreteras. Esta clasificación no está orientada al diseño, sino a la administración de las redes viales del país, definiendo tres niveles dentro del sistema: Red Fundamental, Redes Fundamentales y Redes Municipales. La Red Fundamental esta bajo la responsabilidad de Administradora de Carreteras.

### **1.2.- SISTEMA DE CLASIFICACIÓN.-**

#### **1.2.1.- CATEGORÍA DE LAS VÍAS.-**

La clasificación para diseño consulta seis categorías divididas en dos grupos, ellas son:

- Carreteras: Autopistas, Autorrutas y Primarias
- Caminos: Colectores, Locales y de Desarrollo

Cada categoría se subdivide según las velocidades de proyecto consideradas al interior de la categoría. Las  $V_p$  más altas corresponden a trazados en terrenos llanos, las intermedias en terrenos ondulados y las más bajas a terreno montañoso o cuyo extorno presenta limitaciones severas para el trazado. El alcance de dicha terminología es:

**Terreno Llano:** Está constituido por amplias extensiones libres de obstáculos naturales y una cantidad moderada de obras construidas por el hombre, lo que permite seleccionar con libertad el emplazamiento del trazado haciendo uso de muy pocos elementos de características mínimas. El relieve puede incluir ondulaciones moderadas de la rasante para minimizar la altura de los cortes y terraplenes consecuentemente la rasante de la vía estará comprendida mayoritariamente entre  $\pm 3\%$ .

**Terreno Ondulado:** Está constituido por un relieve con frecuentes cambios de cota que si bien no son demasiado importantes términos absolutos, son repetitivos, lo que obliga a emplear frecuentemente pendientes de distinto sentido que pueden fluctuar entre el 3% al 6% según la categoría de la ruta. El trazado en planta puede estar condicionado en buena medida por el relieve del terreno, con el objeto de evitar cortes y terraplenes de gran altura de gran altura, lo que justificara un uso mas frecuente de elementos del orden de los mínimos. Según la importancia de las ondulaciones del terreno se podrá tener un ondulado Medio o uno Franco o Fuerte.

**Terreno Montañoso:** Está constituido por cordones montañosos o “Cuestas”, en las cuales el trazado salva desniveles considerables en términos absolutos la rasante del proyecto presenta pendientes sostenidas de 4 a 9%, según la Categoría del Camino, ya sea subiendo o bajando. La planta está controlada por el relieve del terreno (Puntillas, Laderas de fuerte inclinación transversal, Quebradas profundas, etc.) y también por el desnivel a salvar, que en oportunidades puede obligar al uso de Curvas de Retorno. En consecuencia, el empleo de elementos de características mínimas será frecuente y obligado.

En trazados por donde se atraviesan zonas urbanas o suburbanas, salvo casos particulares, no es el relieve del terreno el que condiciona el trazado, siendo el entorno de la ciudad, barrio industrial, uso del suelo etc., el que se los impone. Situaciones normalmente reguladas por el Plan Regulador y su Seccional correspondiente.

La tabla 1, que se presenta a continuación resume las características principales según categorías.

**TABLA 1**  
**CLASIFICACIÓN FUNCIONAL PARA EL DISEÑO CARRETERAS Y**  
**CAMINOS RURALES**

CATEGORÍA		SECCIÓN TRANSVERSAL		VELOCIDADES DE PROYECTO (Km/h)	CÓDIGO TIPO
		Nº CARRILES	Nº CALZADAS		
AUTOPISTA	(O)	4 ó + UD	2	120 – 100 - 80	A (n) – xx
AUTORRUTA	(I.A)	4 ó + UD	2	100 – 90 – 80	AR (n) – xx
PRIMARIO	(I.B)	4 ó + UD	2 (1)	100 – 90 – 80	P (n) – xx
		2 BD	1	100 – 90 – 80	P (2) – xx
COLECTOR	(II)	4 ó + UD	2(1)	80 – 70 – 60	C (n) – xx
		2 BD	1	80 – 70 – 60	C (2) – xx
LOCAL DESARROLLO	(III)	2 BD	1	70 – 60 – 50 – 40	L (2) – xx
		2 BD	1	50 – 40 – 30 *	D – xx

- **UD: Unidireccionales**

**(n) Número Total de Carriles**

- **BD: Bidireccionales**

**xx Velocidad de Proyecto (Km/h)**

**\*Menor que 30 Km/h en sectores conflictivos**

La definición conceptual de las categorías se presenta a continuación, en un resumen integrado con la funcionalidad de la vía.

**a. Autopista (O)**

Son carreteras nacionales diseñadas desde su concepción original para cumplir con las características y niveles de servicio que se describen a continuación. Normalmente su emplazamiento se sitúa en terrenos rurales donde antes no existían obras viales de alguna consideración, que impongan restricciones del

trazado y pasando a distancias razonablemente alejadas del entorno suburbano que rodea las ciudades o poblados (circunvalaciones).

Están destinadas a servir al tránsito de paso, al que se asocian longitudes de viaje considerables, en consecuencia deberán diseñarse para velocidades de desplazamiento elevadas, pero en definitiva compatibles con el tipo de terreno en que ellas se emplazan. Todo lo anterior debe lograrse asegurando altos estándares de seguridad y comodidad.

La sección transversal estará compuesta por dos o tres carriles unidireccionales dispuestos en calzadas separadas por un cantero central de al menos 13 m de ancho si esta previsto pasar de 2 carriles iniciales por calzada a 3 carriles futuros. En ese caso las estructuras deberán construirse desde el inicio para dar cabida a la sección final considerada.

En ellas se autorizará solo la circulación de vehículos motorizados especialmente para el transporte de pasajeros y carga, quedando expresamente prohibido el tránsito de maquinaria autopropulsada (Agrícola de Construcción, etc.).

Las velocidades de proyecto, según el tipo de emplazamiento son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 120 Km/h.
- Terreno Ondulado Fuerte 100 Km/h.
- Terreno Montañoso 80 Km/h.

Para poder desarrollar las velocidades indicadas bajo condiciones de seguridad aceptables las Autopistas deberán contar con el Control Total de Acceso a todo lo largo del trazado, respecto de los vehículos, peatones y animales que se encuentren fuera de la faja del derecho de vía. El distanciamiento entre los enlaces consecutivos deberá ser mayor o igual a 5 Km., medidos entre los extremos de los carriles de cambio de velocidad de ambos enlace, o se considerara el diseño de accesos direccionales aislados.

**b. Autorrutas (I.A)**

Son carreteras nacionales existentes a las que se ha construido o se les construirá una segunda calzada prácticamente paralela a la vía original. Normalmente se emplazan en corredores a lo largo de los cuales existen extensos tramos con desarrollo urbano, industrial o agrícola intensivo, muy próximo a la faja de la carretera.

Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Fuerte 100 y 90 Km/h
- Terreno Montañoso 80 Km/h

Las Autorrutas deberán contar con Control Total de Acceso respecto del acceso o salida de vehículos a ella; preferentemente se dará también control de acceso respecto de los peatones y animales a todo lo largo de la ruta, previéndose obligatorio este tipo de control de acceso en las zonas de enlace, pasarelas y zonas adyacentes a poblados, con longitudes suficientes como para forzar a los peatones los dispositivos especialmente dispuestos para su cruce.

El distanciamiento entre Enlaces sucesivos lo regulará la Administradora Boliviana de Carreteras según las circunstancias particulares de cada emplazamiento; en todo caso resulta conveniente que el espacio libre entre extremos de carriles de cambio de velocidad de enlaces sucesivos no sea menor que 3,0 Km.

**c. Carreteras Primarias (I.B)**

Son carreteras nacionales o regionales, con volúmenes de demanda medios a altos, que sirven al tránsito de paso con recorridos de mediana y larga distancia, en zonas densamente pobladas.

La sección transversal puede estar constituida por carriles unidireccionales separadas por un cantero central que al menos de cabida a una barrera física entre ambas calzadas más 1,0 m libre desde está al borde interior de los carriles adyacentes, pero por lo general se tratará de una calzada con dos carriles para tránsito bidireccional.

Las velocidades de proyecto consideradas son las mismas que para las Autorrutas, de modo que en el futuro mediante un cambio estándar puedan adquirir las características de Autorruta:

**TABLA 2**  
**VELOCIDADES DE DISEÑO PARA CARRETERAS PRIMARIAS**

	<b>TERRENO LLANO Y OND. FUERTE</b>	<b>TERRENO MONTAÑOSO</b>
Calzadas Unidireccionales	100 – 90 Km/h	80 Km/h
Calzadas Bidireccionales	100 – 90 Km/h	80 Km/h

Las carreteras primarias deberán contar con un Control Parcial de Acceso, entendiéndose por tal, aquel en que se disponga de enlaces desnivelados toda vez que ellos se hagan necesarios por condiciones de seguridad y capacidad derivadas del volumen de tránsito que presenta la vía secundaria (Colector o Local). Los cruces con líneas férreas deberán ser considerados de acuerdo a la topografía. El resto de los cruces con otros caminos deberán contar con intersecciones canalizadas, provistas de carriles de cambio de velocidad.

#### **d. Caminos Colectores (II)**

Son caminos que sirven tránsitos de mediana y corta distancia, a los cuales acceden numerosos caminos locales o de desarrollo. El servicio al tránsito de paso y a la prioridad colindante tiene importancia similar. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados. En zonas densamente pobladas se deberán habilitar carriles auxiliares destinados a la construcción de ciclo vías.

Su sección transversal normalmente, es de dos carriles bidireccionales, pudiendo llegar a tener calzadas unidireccionales. Las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 80 Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 70 Km/h
- Terreno Montañoso 60 Km/h

Normalmente este tipo de caminos poseerá pavimento superior, o dentro del horizonte de proyecto será dotado de el, consecuentemente la selección de la Velocidad de Proyecto debe ser estudiada detenidamente. Podrán circular por ellos toda clase de vehículos motorizados y vehículos a tracción animal que cuenten con los dispositivos reglamentarios señalados en la Ordenanza del Tránsito. Zonas densamente pobladas se construirán ciclo vías.

**e. Caminos Locales (III)**

Son caminos que se conectan a los Caminos Colectores. Están destinados a dar servicios preferentemente a la propiedad adyacente. Son pertinentes las Ciclo vías.

La sección transversal prevista consulta dos carriles bidireccionales de las dimensiones especificadas y las velocidades de proyecto consideradas son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 70 Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte 60 Km/h
- Terreno Montañoso 50 y 40 Km/h

**f. Caminos de Desarrollo**

Están destinados a conectar zonas aisladas y por ellas transitaran vehículos motorizados y vehículos a tracción animal. Sus características responden a las mínimas consultadas para los caminos públicos, siendo su función principal la de posibilitar transito permanente aun cuando las velocidades sean reducidas, de hecho las velocidades de proyecto que se indican a continuación son niveles de referencia que podrán ser disminuidos en sectores conflictivos.

La sección transversal que se les asocia debe permitir el cruce de un vehículo liviano y un camión a velocidades tan bajas como 10 km/h y a la de dos camiones, estando una de ellos detenido.

Las velocidades referenciales de proyecto son:

- Terreno Llano a Ondulado Medio 50 y 40 Km/h
- Terreno Ondulado Fuerte a Montañoso 30 Km/h

### **1.2.2.- CÓDIGOS DE CLASIFICACIÓN**

En la última columna de la tabla 2.2.1 se dan ejemplos de los códigos estandarizados.

- La categoría de la Carretera o Camino se indica mediante, la inicial del nombre que le corresponde.
- En paréntesis se indica el número total de carriles.
- Seguido de un guión se anota la Velocidad de Proyecto. No se considera la Velocidad de Proyecto de 110 Km/h. No obstante ello se calcularán los parámetros asociados a ella para contar con los valores de referencia correspondientes, que permitirán diseñar tramos de transición entre un trazado amplio a uno con elementos mínimos para la Velocidad de Proyecto considerada.

### **1.3.- CARACTERÍSTICAS SEGÚN CATEGORÍA**

En la tabla 2.3.1 se presenta una síntesis de las características asociadas a cada categoría, de acuerdo con los criterios expuestos. Dicha Tabla debe ser considerada como ayuda memoria teniendo especial cuidado de ponderar adecuadamente los factores humanos, económicos estéticos y ambientales que no estén ellos. Los rangos de tránsito que se señalan son solo indicativos ya que condiciones topográficas particulares, o el porcentaje de vehículos pesados en el VHD o decisiones adoptados por la Autoridad, pueden crear situaciones no consideradas.

**TABLA 3**  
**CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE LAS CARRETERAS Y CAMINOS**  
**SEGÚN LA CLASIFICACIÓN FUNCIONAL**

CATEGORÍA		CARRETERAS	CAMINOS	COLECTORES	LOCAL	DESARROLLO	
VELOCIDADES DE PROYECTO (Km/h) TIPO DE TERRENO		120 – 100 – 80 LL – O – M	100 – 90 – 80 LL – O – M	100 – 90 – 80 LL – O – M	80 – 70 – 60 LL – M – O	70 – 60 – 50 – 40 LL – M – O	50 – 40 – 30 LL – M – O
PISTAS DE TRANSITO		UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES	UNIDIRECCIONALES Ó BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES Ó (UNIDIRECCIONALES)	BIDIRECCIONALES	BIDIRECCIONALES
FUNCIÓN	Servicio al Transito pesado	Prioridad Absoluta	Prioridad Absoluta	Consideración Principal	Continuidad de Transito y Acceso a la Propiedad de Similar Importancia	Continuidad de Transito Consideración Secundaria	
	Servicio a la Propiedad Adyacente	Control Total de Acceso	Control Total de Acceso Vehículos	Control Parcial de Acceso		Consideración Secundaria	
CONEXIONES	Se Conecta Con	Autopistas Autorrutas Primarios (Colectores)	Autopistas Autorrutas Primarios Colectores	Autopistas Autorrutas Prim y Colectores (Locales)	Todos	(Primarios) Colectores, Locales Desarrollo	Colectores Locales Desarrollo
	Tipo de Conexión	Enlaces	Enlaces Accesos Direccionales	Enlaces Intersecciones (Acc. Directos)	Todos	(Intersecciones) Acceso Directo	Acceso Directo
CALIDAD DE SERVICIO	Nivel de Servicio (1) Años Iniciales Años Horizontales	A, B C	B (2) C, (D)	B C, (D)	C (2) (D)	No Aplicable	
	Tipo de Flujo	Libre Estable	Libre Estable (Prox. Inestab)	(Libre) Estable (Prox. Inestab.)	Estable con Restricción (Próximo Inestable)	Restringido por Movimientos hacia y desde la Propiedad	
	Veloc. Operación (1) (3) Según Demanda a Rango Probable	115 – 95 Km/h	95 – 90 Km/h	95 – 85 Km/h	80 – 70 km/h	70 – 60 Km/h	50 – 25 Km/h
TRANSITO	Volúmenes Típicos de Transito al Año Inicial TPDA	UD > 10.000 Confirmar Fact. Económico	UD > 5.000	BD > 1500 UD > 3000	BD > 500 UD Caso Especial	Transito y Composición Variable según Tipo de Actividad Agrícola Minera, Turística	
	Tipo de Vehículo	Solo Vehic. Diseñados para Circular Normalmente en Carreteras	Vehículos Motorizados y Autorizaciones Especiales	Vehículos Motorizados y Autorizaciones Especiales	Todo Tipo de Vehículos	Vehículos Livianos y Camiones Medianos	

**Letras entre paréntesis indican situaciones límites en condiciones poco frecuentes.**

- (1) Considera Trazado Llano y Ondulado; Montañoso constituye caso particular (Vop = Velocidad Operación Usuario Medio  $\approx$  V50% (Definición LL – O – M).**
- (2) Las Velocidades de Proyecto Limitan la Posibilidad de Niveles Mejores aun con baja Demanda.**
- (3) EL RANGO DE VELOCIDADES DE OPERACIÓN SE DA A TÍTULO PARA FLUJOS LIBRE – ESTABLE.**

**BD: Tránsito Bidireccional, Total ambos Sentidos**

**UD: Tránsito Unidireccional, Total ambos Sentidos**

#### **1.4.- SELECCIÓN DE VELOCIDADES**

Para seleccionar la Velocidad de Proyecto óptima correspondiente a un proyecto específico, será conveniente proceder del siguiente modo durante el transcurso del Estudio Preliminar

- Asignada una categoría se procederá a ejecutar sobre los planos levantados a escala intermedia (1:5.000 ó 1:110.000) un anteproyecto preliminar utilizando la Velocidad de Proyecto que se presume adecuada. Este proyecto a fin de establecer la influencia de la velocidad seleccionada sobre los costos de inversión y la posibilidad física de implantar en el terreno del trazado.
- Del anterior análisis puede resultar evidente, que la velocidad seleccionada resulta alta o por el contrario que con aumentos marginales de inversión ella puede ser elevada, ganándose en seguridad y capacidad de la ruta.
- Si la elección no resulta evidente, los estudios realizados permiten contar con los antecedentes de costo y con cálculos aproximados de capacidad y Velocidad de Operación, que permitan realizar la comparación de alternativas a nivel de Pre factibilidad para determinar la Velocidad de Proyecto Óptima.

En ciertos casos un análisis como el descrito puede llegar a concluir que la categoría asignada al proyecto no es compatible con la rentabilidad del mismo, debiendo en esos casos revisarse los criterios empleados para seleccionar la categoría.

### **1.5.- ETAPAS DE UNA CARRETERA**

Las etapas por las que pasa una carretera son las siguientes:

- Anteproyecto
- Proyecto
- Ejecución

#### **1.5.1.- ANTEPROYECTO.**

El anteproyecto consiste en agrupar, dentro del análisis técnico, de manera armónica y ordenada, todos los factores geográfico-físicos, económico-sociales y políticos que caracterizan a una determinada región.

El objeto de lo anterior es el descubrir claramente la variedad de problemas y deficiencias de toda índole, las zonas de mayor actividad humana actual y aquellas económicamente potenciales, para dar, por último como resultante, un estudio previo de las comunicaciones como instrumento eficaz para ajustar, equilibrar, coordinar y promover el adelanto más completo de la zona considerada, tanto en si misma cuanto en sus ínter influencias regionales, nacionales y continentales.

La conclusión da a conocer los grandes lineamientos de una obra vial por ejecutar, todo con fundamento en la demanda de caminos deducida de las condiciones socio-económico-político prevalecientes.

#### **1.5.2.- PROYECTO.**

El proyecto consiste en realizar una proyección de una obra vial por ejecutar para satisfacer todos los requerimientos del anteproyecto, para realizar esta etapa se realizan los siguientes estudios: Estudio Topográfico, Estudio de Mecánica de Suelos y Estudio de Estructuras. En la elaboración del proyecto se realiza lo siguiente:

1. Reconocimiento Topográfico y localización de las rutas posibles.
2. Reconocimientos geológicos e hidrológicos con sondeos preliminares sobre las posibles rutas, definiendo en términos generales los problemas de materiales, estabilidad de cortes y terraplenes y costos posibles.
3. Elección de la localización entre las rutas posibles. Levantamiento topográfico, estudio del trazo y movimiento de tierras. Estudio de cauces en los cruces y trazo definitivo sobre el terreno.
4. Estudio geológico sobre el trazo definitivo. Sondeos para formar el perfil de suelos. Abundamientos, compactaciones, estabilidad de terracerías, drenaje, procedimientos de construcción, equipo adecuado a los materiales y precios unitarios.
5. Afinamiento del trazo y de la curva masa. Planos de construcción y presupuesto.
6. Estudio geo-hidrológico de los cauces en los cruces. Estudio de la cimentación en puentes. Estudio de materiales disponibles para la construcción de estructuras. Estudio foto-elásticos de estructuras.
7. Estudio de puentes, estudio de las alternativas posibles. Elección de proyecto y cálculo de estructuras. Planos y especificaciones de construcción. Presupuestos. Proyecto de estructuras.

### **1.5.3.- EJECUCIÓN.**

Consiste en la materialización física de la etapa de proyecto.

La etapa de ejecución consiste en realizar en el campo un replanteo de la carretera, determinando tanto el eje como la cabecera de talud, terminado el replanteo de la carretera se procede a realizar el movimiento de tierra utilizando la maquinaria adecuada de acuerdo al tipo de terreno, terminado el movimiento de tierras se procede a la estabilización de la plataforma, taludes y se ejecutan las obras de arte.

## **1.6.- DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA CARRETERA.**

### **1.6.1.- DISEÑO GEOMÉTRICO.**

El diseño geométrico de una carretera, como una parte del diseño de una infraestructura de transporte carretero, responde al concepto de suministrar a la demanda de una vía adecuada para satisfacer sus requerimientos, minimizando de manera compatible el costo total del transporte y los perjuicios que se pueda provocar al contorno sobre el cual se localiza el proyecto.

Para encarar adecuadamente el diseño geométrico de una carretera, se tener en cuenta los siguientes tipos de factores, la mayoría de los cuales debe considerarse en el tiempo.

- Volumen y características del tránsito que circulará por el tramo de la carretera.
- Velocidad de operación y, por lo tanto definición de la velocidad directriz del proyecto.
- Función requerida por los usuarios.
- Topografía.
- Hidrografía.
- Geología.
- Uso del suelo.
- Actividad de la zona de influencia.
- Integración con otras infraestructuras y con la propiedad adyacente.
- Efectos estéticos y características ecológicas.
- Seguridad de bienes y personas ajenas al uso del proyecto.
- Construcción por etapas.
- Costo de construcción inicial.
- Costo de mantenimiento de la infraestructura.
- Costos de operación de los vehículos.
- Costos del tiempo de los usuarios.
- Costos de los accidentes.
- Costos de los efectos ambientales.

## PRINCIPALES FACTORES

La enumeración de factores que influyen en el diseño geométrico realizados en el punto anterior, conforma un amplio espectro de compleja evaluación y ponderación para definir las características de diseño de una carretera; sin embargo, no deben ser ignorados.

Gran parte de esos factores, responden a características particulares del área donde se localiza cada proyecto; el tratamiento de ciertos aspectos queda librado a la habilidad del proyectista.

No obstante, algunos de estos factores tienen importancia fundamental en la normalización de ciertos criterios de diseño, por lo que sin disminuir la significación de los demás se tratan con mayor detalle a continuación.

**Factores Funcionales:** Estos factores se refieren a la función que cumple el tramo de carretera en relación al servicio requerido por los usuarios; en general, esa función depende de la proporción del tránsito que pasa por el tramo –o tránsito de paso-, que exige movilidad, y la del tránsito que precisa acceso a la propiedad lindera al tramo de carretera.

La aplicación de este concepto, conduce a considerar criterios de la clasificación funcional de las carreteras, que generalmente las agrupan en:

- Arteriales: que proporcionan un alto nivel de movilidad.
- Colectoras: que proporcionan movilidad y acceso a la propiedad.
- Locales: que proporcionan un alto grado de acceso a la propiedad.

### **1.6.2.- TRÁNSITO Y SUS CARACTERÍSTICAS.-**

Este importante factor para el diseño geométrico, cuantifica y califica a la demanda que hará uso de la carretera, a través de diversas de medición ó evaluación. Las metodologías para esa medición y evaluación dependen de cada caso en particular; a continuación solo se presentan las descripciones de los términos mas comunes que los caracterizan:

- Tránsito Medio Diario Anual ( TMDA): Es el promedio aritmético de los volúmenes diarios que circulan durante todo el año, en un tramo de carretera, es un factor importante que da una idea del volumen global de la demanda, tanto para el año de habilitación del proyecto como para los años futuros, por lo que su cálculo implica; el conocimiento del tránsito existente en el momento de realizar el estudio; y la utilización de metodologías apropiadas para estimar su crecimiento, el del tránsito que pueda derivarse de otras carreteras o medios de transporte alternativos; y del que pueda inducir a desarrollar la nueva carretera.
- Tránsito Medio Diario Mensual, Semanal, etc.: Sus características son similares a la del anterior, pero representativo del mes, semana, etc.; proporciona una idea de la estacionalidad de la demanda.
- Volumen horario: Es el volumen de tránsito que pasa por una sección del tramo de la carretera, en una determinada hora del año; el conocimiento de los volúmenes horarios de todas las horas de año, permite su ordenamiento de mayor a menor independientemente de la hora año en que ocurrieron; este factor adquiere especial significación en aquellos tramos de carretera que tienen un TMDA elevado, permitiendo realizar proyectos adecuados a la capacidad de calzada requerida por la demanda.
- Volumen horario de diseño ( VHD ): Es el volumen horario máximo que se considera a los fines de diseño geométrico y la elección del VHD implica suponer que durante, todas las horas con mayor volumen horario en el año, se producirá menor calidad de servicio en el diseño geométrico del tramo; generalmente, se selecciona como VHD al volumen que corresponda a una hora que se encuentre entre la 30ª y la 80ª del ordenamiento decreciente, pero cuando no se dispone de ese ordenamiento, se suele utilizar una relación empírica que estima el VHD variando entre el 12% del TMDA, para caminos con poca estacionalidad y el 18% del TMDA, para los de mayor estacionalidad.
- Sentido de circulación: En determinados periodos de tiempo, los volúmenes de tránsito de un tramo de carretera, suelen ser distintos para ambos

sentidos de circulación, circunstancia que debe ser investigada para cada caso particular; normalmente, cuanto mayor es la diferencia de los volúmenes de tránsito entre un sentido y el otro.

- Composición del tránsito: Otro factor determinante del diseño geométrico que tiene cada tipo de vehículo ( en general, esa composición se clasifica en tres grandes grupos: automóviles camionetas; ómnibus y micrómnibus; y camiones sub clasificados en: camiones rígidos, semirremolques; con acoplado, etc. ); es común que la composición del tránsito suele ser variable con el transcurso del tiempo para los países en vías de desarrollo y depende de cada tramo de carretera y de su función; además la composición del tránsito es distinta en las hora de mayor volumen, que en el periodo de todo el año.

## **1.7.- CONCEPTOS RELATIVOS A VELOCIDAD.-**

### **1.7.1.- VELOCIDAD DE PROYECTO ( $V_p$ )**

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que solo podrán ser empleados en la media que estén precedidos por otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además deberá estar debidamente señalizado.

La Velocidad de Proyecto reemplaza a la denominada Velocidad de Diseño, por cuenta como se verá más adelante, se introducen nuevos conceptos que también intervendrán en el diseño, como son la Velocidad Especifica ( $V_e$ ) y la Velocidad Percentil 85 ( $V_{85\%}$ ). Nótese además, que por lo general, una carretera o camión poseerá una longitud mayor con tramos de trazado más amplios que el correspondiente a aquellos de características mínimas, y por lo tanto, el diseño deberá considerar dicha realidad, ya que los usuarios al percibir la mayor amplitud del diseño tienden a elevar su velocidad de circulación.

En consecuencia, el concepto de Velocidad de Proyecto se usará para efectos del Sistema de Clasificación Funcional para Diseño, a fin de indicar el estándar global asociado a la carretera y para definir los parámetros mínimos aceptables bajo condiciones bien definidas.

### **1.7.2.- VELOCIDAD ESPECÍFICA (Ve).-**

Es la máxima velocidad a la cual se puede circular por un elemento del trazado, considerado individualmente, en condiciones de seguridad y comodidad, encontrándose el pavimento húmedo, los neumáticos en buen estado y sin que existan condiciones meteorológicas, del tránsito, del estado del pavimento o del entorno de la vía, que impongan limitaciones a la velocidad.

La Velocidad Específica se aplica a los elementos curvos de la planta. Su divergencia con el antiguo concepto de Velocidad de Diseño, surge de la adopción de leyes de variación de peralte que en vez de disminuirlo ante radios crecientes, lo mantienen relativamente alto para un rango amplio de los mismos, confiriendo mayor seguridad ante velocidades de circulación mayores que las de proyecto (ex diseño), situación que es consecuente con la tendencia de los usuarios a elevar la velocidad ante trazados amplios.

En el caso particular de los elementos curvos la Ve debe entenderse como la máxima velocidad a la que se puede recorrer una curva horizontal de radio y peralte dado, haciendo uso del máximo roce transversal especificado para dicha velocidad, en condiciones de pavimento húmedo, neumáticos en razonable buen estado y condiciones de flujo libre.

### **1.7.3.- VELOCIDAD DE OPERACIÓN.-**

La Velocidad de Operación es la velocidad media de desplazamiento que pueden lograr los usuarios en un tramo Carretero de una Velocidad de Proyecto dada, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito, del estado del pavimento, meteorológicas y grados de relación de esta con otras vías y con la propiedad adyacente.

Si el tránsito y la interferencia son bajos, la Velocidad de Operación del usuario medio es del orden de la Velocidad de Proyecto y para un cierto grupo de usuarios

superior a esta. A medida que el tránsito crece, la interferencia entre vehículos aumenta tendiendo a bajar la Velocidad de Operación del conjunto.

#### **1.7.4.- VELOCIDAD PERCENTIL 85 (V85%).-**

Es aquella velocidad no superada por los 85% de los usuarios en un tramo de características homogéneas, bajo las condiciones de tránsito prevalecientes, estado del pavimento, meteorológicas y grado de relación de este con otras vías y con la propiedad adyacente. Cuando dichas condiciones no imponen restricciones, la V 85% suele ser mayor que la Velocidad de Proyecto, independientemente si la Velocidad de Proyecto esta señalizada, corresponde a la máxima legal, etc. (ello siempre que el tramo no tenga control policial habitual). En consecuencia, el 85% o menos y un 15% de los usuarios supera dicha velocidad.

La “Velocidad 85%” considerada para el Diseño en Planta; “Velocidad V considerada para verificar la Visibilidad de Frenado y para diseñar el Alineamiento Vertical”, se establece la normativa adoptada para predecir dichas velocidades según sean las características del sector que se está diseñando. La estimación de estas por parte del Proyectista, empleando dicha normativa, será especialmente relevante cuando se diseñen sectores de trazado amplio que pueden inducir velocidades de desplazamiento superiores a las de proyecto, por lo cual deberá verificarse que el trazado cumple tanto en planta como alineamiento vertical con los requerimientos previstos para esas velocidades.

#### **1.8.- VELOCIDADES DE PROYECTO SEGÚN CATEGORÍA DE LA OBRA VIAL.-**

La Velocidad de Proyecto fija el marco de referencia mínimo que define el diseño geométrico de una carretera o camino, principalmente en el relativo a su trazado horizontal y vertical. Algunas características de la sección transversal, como anchos mínimos de pavimentos y bermas, dependen más bien del volumen de tránsito, tipo de vehículos y proporción de estos en el flujo.

La Velocidad de Proyecto seleccionada para un proyecto de categoría dada dependerá fundamentalmente de la función asignada a la carretera, del volumen y composición del tránsito previsto, de la topografía de la zona de emplazamiento y del diferencial de costo que implica seleccionar una u otra velocidad de proyecto dentro del rango posible considerado para la categoría. En definitiva, la elección de una Velocidad de Proyecto que se aparte de la óptima se reflejara en una disminución de la rentabilidad del proyecto.

Dentro del rango de velocidades posibles para cada categoría de carretera o camino, se justificaran las más altas en terrenos llanos o ligeramente ondulados y las más bajas para relieves montañosos o escarpados. Esto no solo por las consideraciones de costo ya expuestas, sino también porque el usuario está dispuesto a aceptar velocidades menores cuando el terreno es difícil y el trazado necesariamente sinuoso, que cuando no encuentra una razón evidente para ello.

Por lo anteriormente expuesto, si un sector extenso de camino, Colector o Local, que pueda llegar a ser pavimentado, se emplaza en un terreno muy favorable, sus elementos deberán proyectarse con valores más amplios, correspondientes a unos 10 á 20 Km/h por sobre la Velocidad de Proyecto que le corresponde al camino considerando su función y volumen de demanda general. A fin de evitar que cuando el camino se pavimente los usuarios traten de alcanzar esas velocidades en un trazado que no las acepta. Ahora bien, el cambiar las características del sector y pasar a un terreno difícil que obliga a retornar a las características propias de la velocidad de proyecto general asignada al camino, se debe diseñar cuidadosamente una zona de transición en que los elementos críticos (curvas en planta, distancia de visibilidad, etc.), vayan disminuyendo en forma paulatina a los largo de varios elementos del trazado, hasta recuperar los valores normales correspondientes a la  $V_p$  propia de camino.

### **1.9.- NIVELES DE SERVICIO Y CAPACIDAD.-**

La teoría de Capacidad de Carreteras desarrollada por el Transportation Research Board (TRB), de los Estados Unidos, edición 1997, constituye una poderosa

herramienta para analizar la calidad del servicio que es dable esperar para el conjunto de vehículos que operan en una carretera de características dadas.

A continuación se resumen los principios básicos y Tablas elaboradas para ilustrar el concepto de Capacidad y Nivel de Servicio en situaciones particulares. Los valores que allí se señalan deben ser considerados solo como indicadores que permiten ilustrar órdenes de magnitud para las condiciones más corrientes en Bolivia. El cálculo para situaciones particulares en estudio de Anteproyecto o Proyecto Definitivo deberá hacerse considerando las condiciones particulares de cada Proyecto.

La teoría de Capacidad para caminos rurales es aplicable a carreteras o secciones de ellas que presenten tránsito ininterrumpido, libre de interferencias tales como semáforos, cruces a nivel de mayor prioridad, etc. Por otra parte, la carretera o camino debe poseer pavimento superior en un razonable estado de conservación, de donde se deduce que esta teoría no es aplicable a caminos con capa de ripio o tierra que introducen variables no cuantificadas por el método.

Para una mejor comprensión de los aspectos que se presenten a continuación es necesario definir los conceptos siguientes:

**Carril:** Es la faja de pavimento destinada a la circulación de una sola fila de vehículos.

**Velocidad Media de Viaje<sup>(1)</sup>:** Es la velocidad calculada al dividir la longitud de un segmento de carretera por el tiempo medio de viaje de los vehículos que recorren dicho segmento bajo las condiciones prevalecientes; se expresa en kilómetros por hora.

**Intensidad:** Es el flujo correspondiente a cuatro veces el volumen de los 15 minutos con mayor tránsito en una hora. Se expresa en Veh/h.

**Tiempo Demorado:** Es el porcentaje del tiempo de recorrido que el usuario se ve demorado antes de lograr efectuar las maniobras deseadas.

### **1.9.1.- TIPOS DE CARRETERAS RURALES CONSIDERADAS.-**

La teoría da un tratamiento diferente al problema según se trate de:

- Carreteras o Caminos de dos carriles con tránsito bidireccional, en estos casos se considera que la vía no tiene control de acceso, pero tiene prioridad sobre todas las demás vías que empalman en ella o la cruzan. En caso que existan vías de mayor prioridad, deberá sectorizarse el camino y analizar por separado los sectores así determinados. Posiblemente el punto de cruce pasara a ser un punto crítico.
- Carreteras de más de dos carriles, sin control, de acceso, en que se cuenta por lo menos con dos carriles adyacentes para cada sentido de tránsito (Tránsito Unidireccional). Puede tratarse de una sola calzada sin separación (cantero central), o dos calzadas separadas en plataforma única.

### **1.9.2.- CONDICIONES IDEALES O DE REFERENCIA.-**

A fin de establecer las condiciones que permitan obtener los máximos volúmenes para una cierta calidad del flujo, se definen las condiciones ideales respecto del tránsito y de las características del camino. Para condiciones que se apartan de las ideales la metodología define coeficientes de corrección que permiten calcular los volúmenes máximos asociados a un cierto nivel de servicio (calidad de flujo), bajo las condiciones prevalecientes. Las condiciones ideales o de referencia:

- a) Flujo de Tránsito Continuo. Libre de interferencias según lo definido en el Párrafo 2.3.1 para las diferentes categorías de caminos que considera la teoría.
- b) En el flujo de tránsito existen solamente vehículos livianos de pasajeros (automóviles, vagonetas, camionetas).
- c) Carriles de tránsito de 3,6 m de ancho, bermas a los costados de la carretera de un ancho igual o mayor que 1,8 m libres de obstáculos. Se considera obstáculo cualquier elemento de más 0,15 m de alto y su influencia será diferente si se trata de obstáculos continuos o aislados.

- d) En caminos de dos carriles con tránsito bidireccional debe contarse, además. Con distancia de visibilidad adecuada para adelantar, e forma continua, a lo largo de todo el sector bajo análisis. Por parte, el tráfico por sentido deberá repartirse en partes iguales.

En la práctica la condición b) es de muy rara ocurrencia, ya que lo normal es que en el flujo existan camiones (cualquier vehículo de carga con seis o más ruedas) y buses para el transporte público. La presencia de estos vehículos implica un factor de corrección, cuyo valor base está determinado para trazados que se desarrollan por terrenos prácticamente planos. Cuando la topografía es en general ondulada o montañosa la metodología consulta las correcciones adicionales necesarias.

### **1.9.3.- CAPACIDAD DE UNA CARRETERA O CAMINO.-**

Se define como la intensidad máxima de vehículos que pueden pasar por una sección de un camino, bajo las condiciones prevalecientes del tránsito y del camino. Normalmente se expresa como un volumen horario, cuyo valor no debe sobrepasar a no ser que las condiciones prevalecientes cambien.

Como valores de referencia máximos absolutos se cita la “Capacidad en Condiciones Ideales”, que corresponde a caminos para tránsito bidireccional o unidireccional, expresada en términos de Intensidad:

- Camino Bidireccional de dos Carriles: 2,800 veh. Livianos/hora (Total Ambos Carriles).
- Camino Unidireccional con al menos dos carriles para Tránsito en el mismo sentido: 2,200 Veh. Livianos /hora (Por Carril).

Como puede observarse, la unidireccionalidad del tránsito, que evita tener que compartir los carriles para efectos de adelantamientos, tiene una importancia capital en la capacidad de una carretera. Las cifras mencionadas representan valores medios determinados mediante procesos de medición directa y son actualmente aceptadas internacionalmente.

#### **1.9.4.- NIVELES DE SERVICIO.-**

Cuando el volumen de tránsito es del orden de aquel correspondiente a la capacidad de la carretera, las condiciones de operación son malas, aún cuando el tránsito y el camino presenten características ideales. Estas condiciones de operación deficientes afectan a la totalidad de los usuarios y la continuidad del flujo es inestable, pudiendo en cualquier momento interrumpirse, pasando de un flujo máximo a un flujo cero, durante el periodo de detención. Cuando se pierde la situación de equilibrio límite, que implica operar a capacidad, se suceden las interrupciones del flujo, se habla de un flujo forzado que corresponde a lo que el usuario describe como “trancadera”. En la Tabla 2.3.4.5 se presenta un resumen cualitativo y cuantitativo de las características de operación cuando el flujo está en el entorno de la capacidad de la carretera (Nivel E).

Es necesario por lo tanto, que el volumen de demanda sea menor que la capacidad de la carretera, para que esta proporcione al usuario un nivel de servicio aceptable. La demanda máxima que permite un cierto nivel o calidad de servicio es lo que se define como Volumen de Servicio.

La metodología desarrollada por el TRB define cuatro Niveles de Servicio (A,B,C y D) que permiten condiciones de operación superior a las antes descritas. Cuando la carretera opera a capacidad se habla de Nivel E se tiene un flujo forzado se le denomina Nivel F.

Cuantitativamente, los Niveles de Servicio se establecen a partir de la razón Intensidad/Capacidad (I/C) y el porcentaje de Tiempo Demorado, para las condiciones prevalecientes en el caso de las carreteras bidireccionales. Dicho de otro modo, el límite inferior de un Nivel de Servicio queda definido por la intensidad máxima.

Los Niveles de Servicio abarcan un rango en que la intensidad de servicio permite mejores condiciones de operación que las definidas para el nivel, pudiendo llegar a alcanzarse el nivel superior, en caso contrario se pasarán a un nivel inferior.

**a. Niveles de Servicio en Caminos Bidireccionales.-**

Las principales características de operación que se dan dentro del rango correspondiente a cada nivel de servicio para un Camino Bidireccional bajo condiciones ideales, son:

**Nivel A:** Representa la condición de flujo libre que se da con bajos volúmenes de demanda, permitiendo altas velocidades a elección del conductor. Debe ser posible que todo usuario que lo desee pueda desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 93 Km/h. la razón I/C puede alcanzar el valor 0,15 (420 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 30%.

**Nivel B:** Representa la condición de flujo estable. Los conductores pueden seleccionar sus velocidades con libertad razonable. Todo usuario que lo desee podrá desarrollar velocidades de operación iguales o mayores que 88 Km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,27 (750 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 45%.

**Nivel C:** Representa aun la condición de flujo estable, pero las velocidades y la maniobrabilidad están íntimamente controladas por altos volúmenes de tránsito. La mayoría de los conductores no puede seleccionar su propia velocidad. La velocidad de operación posible debe ser igual o mayor que 83 Km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,43 (1200 Veh/h) y el tiempo demorado es inferior al 60%.

**Nivel D:** Representa el principio del flujo inestable, con volúmenes del orden aunque algo menores, que los correspondientes a la capacidad del camino. Las restricciones temporales pueden causar fuertes disminuciones de la velocidad de operación. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar, poca comodidad en el manejo, pero estas condiciones pueden tolerarse por cortos periodos de tiempo. La velocidad de operación fluctúa alrededor de 80 Km/h. La razón I/C puede alcanzar el valor 0,64 (1800 Veh/h) y el tiempo demorado no supera el 75%.

**Nivel E:** Representa la capacidad del camino o carretera y por lo tanto el volumen máximo absoluto que puede alcanzarse en la vía en estudio. El flujo es inestable, con velocidades de operación de orden de 72 Km/h. El Nivel E representa una situación de equilibrio límite y no un rango de velocidades y volúmenes como en los niveles superiores. La razón I/C alcanza de valor 1,0 (2800 Veh/h) y el tiempo demorado fluctúa entre 75 y 100%..

**Nivel F:** Describe el flujo a bajas velocidades con volúmenes menores que la capacidad de la carretera. Estas condiciones se dan generalmente por la formación de largas filas de vehículos debido a alguna restricción en el camino. Las velocidades y las detenciones pueden ocurrir por cortos o largos periodos de tiempo debido a la congestión en el camino. Las velocidades de operación son menores de 72 Km/h.

**b. Niveles de Servicio en Caminos y Carreteras Unidireccionales.-**

Cabe destacar que la descripción cualitativa dada anteriormente es válida tanto para caminos de tránsito bidireccional como para los unidireccionales con o sin control de acceso, son embargo, los rangos de velocidad de operación, la razón I/C y el tiempo demorado son validos solo para caminos con transito bidireccional, siendo mayores los asociados a cada nivel en caso de caminos unidireccionales con o sin control de acceso. Una buena síntesis de estas materias para caminos bidireccionales y unidireccionales con o sin control se presenta en la Tabla II – 5, Pags. 88 y 89 de “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets - AASTHO 1994”, que se reproduce a continuación:

**TABLA 4**  
**NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS UNIDIRECCIONALES**  
**Y BIDIRECCIONALES**

NIVEL DE SERVICIO	CARRETERAS UNIDIRECCIONALES CON ACCESOS CONTROLADOS	CARRETERAS UNIDIRECCIONALES SIN CONTROL DE ACCESO	CARRETERAS BIDIRECCIONALES SIN CONTROL DE ACCESO
A	Flujo Libre, Velocidad Media de Viaje igual ó mayor que 112 Km/h. La Intensidad Máxima de Servicio corresponde a 700 vehículos livianos por hora y por carril, ó 32% de la Capacidad	Velocidad Media de Viaje de 96 Km/h ó superior. En condiciones ideales, la Intensidad Máxima de Servicio es de 720 vehículos livianos por hora y por carril, ó 33% de la Capacidad.	Velocidad Media de Viaje de 93 Km/h ó superior. La mayoría de las maniobras de adelantamiento pueden realizarse sin demora o demora moderada. Bajo condiciones ideales, la intensidad Máxima de Servicio, en ambas direcciones, puede alcanzar a 420 vehículos por hora aproximadamente al 15% de la capacidad
B	Condiciones de flujo razonablemente libres. Velocidad Media de Viaje igual o superior a 112 Km/h. La intensidad Máxima de Servicio no supera a 1120 vehículos livianos por hora y por carril, ó 51% de la Capacidad.	Flujo razonablemente libre, en que las acciones de los vehículos precedentes tendrán alguna influencia sobre los que los siguen. En condiciones ideales, la Intensidad Máxima de Servicio no supera los 1200 vehículos livianos por hora y por carril, ó 55% de la Capacidad a 96 Km/h.	Velocidad Media de Viaje de 88 Km/h o superior. En condiciones, la Intensidad Máxima de Servicio puede alcanzar el 27% de la Capacidad (o 750 vehículos livianos por hora en ambos sentidos).
C	Operación estable, pero alcanzando niveles mas críticos. Velocidad Media de Viaje de 110 km/h. La intensidad Máxima de Servicio no supera los 1640 vehículos livianos por hora y por carril, correspondientes al 75% de la Capacidad	Circulación estable con la Intensidad Máxima de Servicio superior al 75% de la Capacidad, ó 1650 vehículos livianos por hora y por carril. En condiciones ideales, se mantiene, al menos, una Velocidad Media de Viaje de 95 Km/h.	Circulación aun estable con Velocidad Media de Viaje de 84 Km/h ó superior. La Intensidad Máxima de Servicio en condiciones ideales, es igual al 43% de la Capacidad (o 1200 vehículos livianos por hora, en ambos sentidos)
D	Rango de Velocidades por debajo de las típicas del flujo estable. Las condiciones de circulación son cambiantes, aproximándose a la inestabilidad. La Velocidad Media de Viaje se aproxima a los 110 Km/h. La intensidad Máxima de Servicio aun supera los 2015 vehículos livianos por hora y por carril, al 92% de la Capacidad.	Acercándose el flujo inestable. Su Intensidad Máxima de Servicio corresponde al 89% de la Capacidad (del orden de los 1940 vehículos livianos por hora y por carril). Bajo condiciones ideales, la Velocidad Media de Viaje es de 92 Km/h.	Próximo al flujo inestable. En condiciones ideales, la Velocidad Media de Viaje se aproxima a los 80 Km/h. Por su parte, la Intensidad Media de Servicio, corresponde al 64% de la Capacidad (1800 vehículos livianos por hora, ambos sentidos).
E	Rango de Velocidades por debajo de las típicas del flujo estable. Las condiciones de circulación son cambiantes, aproximándose a la inestabilidad. La Velocidad Media de Viaje se aproxima a los 101 Km/h. La Intensidad Máxima de Servicio aun supera los 2015 vehículos livianos por hora y por carril, al 92 % de la Capacidad.	Acercándose al flujo inestable Máxima de Servicio corresponde al 89% de la Capacidad (del orden de los 1940 vehículos livianos por hora y por carril). Bajo condiciones ideales, la Velocidad Media de Viaje es de 92 Km/h.	Flujo inestable, Velocidad Media de Viaje del orden de los 72 Km/h. en condiciones ideales, la intensidad Máxima de Servicio en ambos sentidos, es de 2800 vehículos livianos por hora. No es posible mantener al Nivel de Servicio E, ya que las condiciones de circulación pasan directamente del Nivel D al Nivel F
F	Flujo forzado. Sobre la carretera se acumulan los vehículos posteriores, ante la interrupción del flujo de los vehículos de adelante. La velocidad Media de Viajes es del orden de 50 Km/h, con continuas detenciones y partidas.	Flujo Forzado, Congestionado, presenta una variación amplia del volumen de circulación. Velocidad Media de Viaje Inferior a los 150 Km/h	Flujo Forzado, Congestionado, con características impredecibles. Velocidades de operación inferiores a los 72 Km/h.

### **1.10.- CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS.-**

Los vehículos que circulan por las carreteras influyen el diseño fundamentalmente desde dos puntos de vista: velocidad que son capaces de desarrollar y dimensiones que le son propias.

Los vehículos livianos: Automóviles y similares, determinan las velocidades a considerar en el diseño, así como las dimensiones mínimas, ellas participan en la determinación de las distancias de visibilidad de frenado y adelantamiento.

Los vehículos pesados: Camiones de diversos tipos, y en menor medida los buses, experimentan reducciones importantes en su Velocidad de Operación cuando existen tramos en pendiente. La necesidad de limitar estas reducciones de velocidad determina la longitud y magnitud aceptable de las pendientes.

Las dimensiones de estos vehículos: Largo, ancho y alto, influyen en gran medida diversos elementos de la sección transversal y determinen los radios mínimos de giro, los ensanches de la calzada en curva y el galibo vertical bajo estructuras. Las dimensiones consideradas para el diseño y los radios de giro mínimos se establecen a continuación.

### **1.11.- DIMENSIONES DE VEHÍCULOS.-**

Las dimensiones de los vehículos y su movilidad son factores de incidencia relevante en el diseño.

Largo, ancho y alto de los vehículos condicionan en gran medida diversos elementos de la sección transversal, los radios de giro, los ensanches de calzada en curvas y los gálidos verticales bajo estructura. Su peso es uno de los factores determinantes del cálculo estructural de pavimentos y estructuras.

Las dimensiones tipo de automóviles y camiones de dos ejes se presentan en la figura, junto con una representación de los radios de giro mínimos para estos vehículos y sus trayectorias para cambios de dirección progresivos.

En la figura se entrega la misma información grafica relativa a los buses interurbanos y los camiones semi-remolque, respectivamente.

Para determinar las distancias de visibilidad que se utilizan en la definición de una

serie de parámetros rectores del diseño, es preciso fijar algunas alturas.

- $h$  = Altura focos delanteros: 0,60 m
- $h_1$  = Altura ojos del conductor de un automóvil: 1,10 m
- $h_2$  = Altura obstáculo fijo en la carretera: 0,20 m
- $h_3$  = Altura ojos del conductor de camión o bus: 2,50 m  $h_4$  = Altura luces traseras de una automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m.  $h_5$  = Altura del techo de un automóvil: 1,20 m

## ILUSTRACIÓN 1 VEHÍCULOS TIPO AUTOMÓVIL CAMIÓN DE DOS EJES

VOLUMEN 1. DISEÑO GEOMÉTRICO

MANUALES TÉCNICOS

Las dimensiones tipo de automóviles y camiones de dos ejes se presentan en la Figura 1.2-3, figuras I y II, respectivamente, junto con una representación de los radios de giro mínimos para estos vehículos y sus trayectorias para cambios de dirección progresivos.

En la Figura 1.2-4, figuras III y IV se entrega la misma información gráfica relativa a los buses interurbanos y los camiones semi-remolque, respectivamente.

Para determinar las distancias de visibilidad que se utilizan en la definición de una serie de parámetros rectores del diseño, es preciso fijar algunas alturas.

- h = Altura focos delanteros: 0,60 m
- h<sub>1</sub> = Altura ojos del conductor de un automóvil: 1,10 m
- h<sub>2</sub> = Altura obstáculo fijo en la carretera: 0,20 m
- h<sub>3</sub> = Altura ojos del conductor de camión o bus: 2,50 m
- h<sub>4</sub> = Altura luces traseras de un automóvil o menor altura perceptible de carrocería: 0,45 m
- h<sub>5</sub> = Altura del techo de un automóvil: 1,20 m

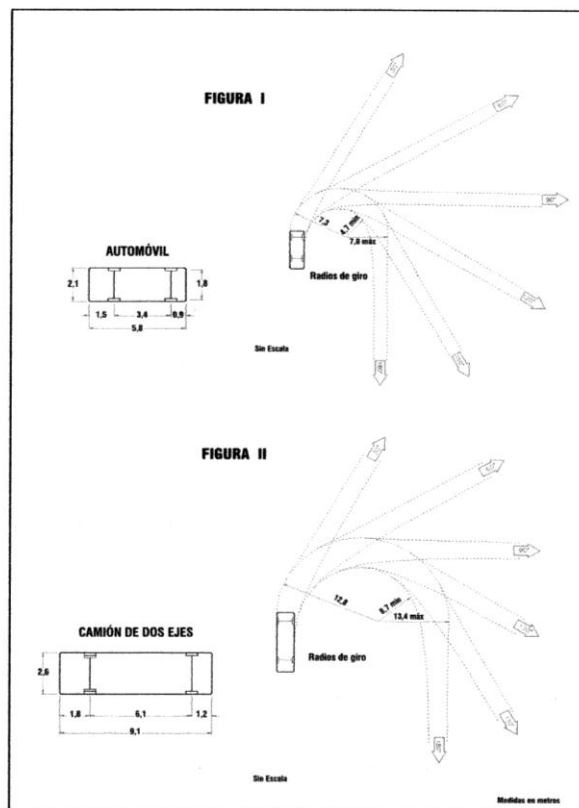


FIGURA 1.2-3 VEHÍCULOS TIPO: AUTOMÓVIL Y CAMIÓN DE DOS EJES

## ILUSTRACIÓN 2 VEHÍCULOS TIPO BUS Y CAMIÓN SEMIRREMOLQUE

MANUALES TÉCNICOS

VOLUMEN 1: DISEÑO GEOMÉTRICO

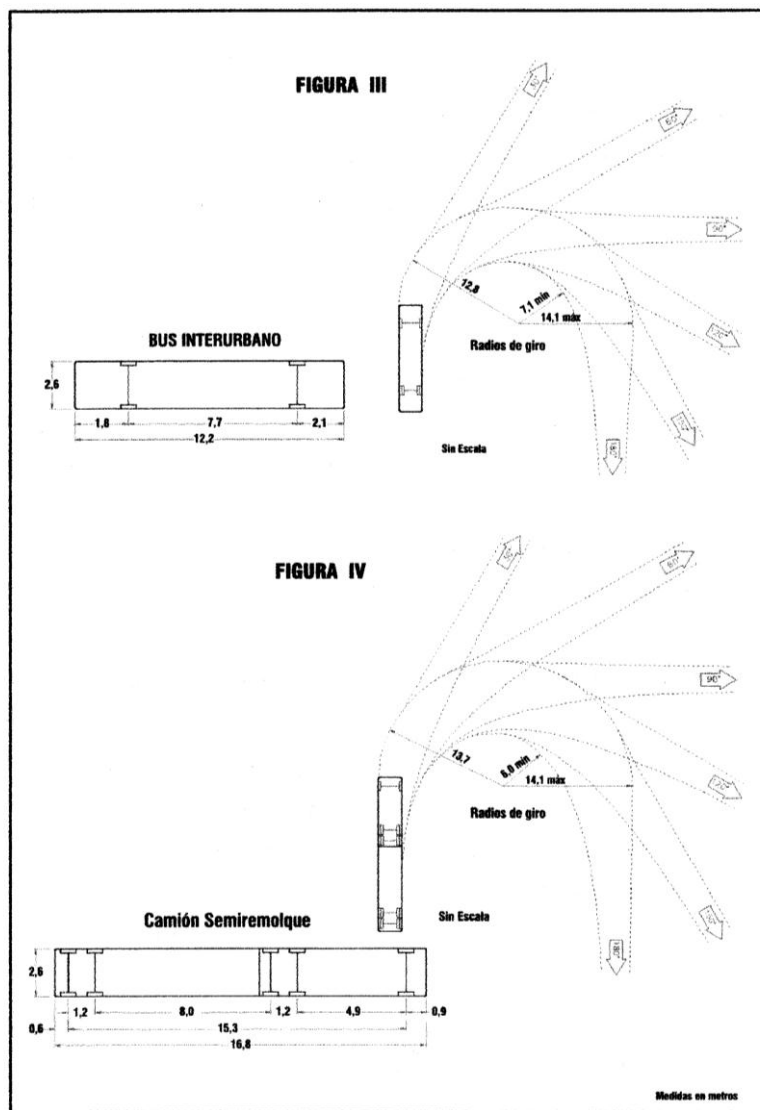


FIGURA 1.2-4 VEHÍCULOS TIPO: BUS Y CAMIÓN SEMIRREMOLQUE

### **1.12.- CRITERIOS PARA DEFINIR LAS CARACTERÍSTICAS DE UNA CARRETERA**

La definición de las características de diseño geométrico que tendrá un tramo de carretera, provienen de la adecuada evaluación y ponderación de todos los factores que influyen en ese aspecto de diseño. Esos factores y sus principales implicancias están tratados en los puntos anteriores de este capítulo; por lo tanto, aquí, solo se esbozan algunos criterios generales que orientan y ordenan la consideración de esos factores para obtener una acertada elección de las características de cada tramo de carretera:

- Es imprescindible un profundo estudio de la demanda actual y futura del tránsito y sus peculiaridades, para definir las características de la infraestructura que satisfará adecuadamente a las necesidades de esa demanda.
- Debe definirse con objetividad el tipo de servicio o función que la carretera brindará al usuario, puesto que condicionará ciertos aspectos del proyecto que pueden imponer restricciones tanto al usuario como a los pobladores y a la actividad adyacente a la carretera.
- La Red fundamental del Cono Sur, y sus carreteras componentes, tienen la función conceptualmente definida, donde la movilidad es un factor preponderante. Sin embargo, se debe tomar en cuenta, además de los tráficos internacionales a los que sirve dicha Red, a los tráficos Nacionales y Locales y la función que estos requieren, como así también el volumen total de tránsito, para definir las características de la carretera, brindando un servicio adecuado y optimizando la asignación de los recursos.
- La seguridad de los usuarios de la carretera y la de los bienes y las personas que no la utilizan pero que se ven afectadas por su existencia y uso, es un argumento que debe estar presente en todas las acciones de diseño.
- El trazado planialtimétrico debe armonizar con el medio que lo rodea, tendiendo a lograr su adaptación a las líneas principales del paisaje.

- La elección de la velocidad directriz, condiciona gran parte del diseño de la geometría del camino y, por lo tanto, afecta sensiblemente al costo de construcción, especialmente cuanto más desfavorable son las condiciones físicas del terreno donde se desarrolla el trazado. La obtención del valor óptimo debe surgir un análisis económico que, según cada caso particular, exige distinta profundidad.
- La satisfacción de las calidades del servicio requeridas por una demanda futura, puede obtenerse mediante la definición de características de diseño a la que se llega por un sistema de construcción por etapas. Tales sistemas tienen la ventaja de atender a la limitación de recursos, típica de los países en vías de desarrollo. Para que estos sistemas resulten eficientes, el Proyecto inicial debe completar y facilitar las futuras ampliaciones y mejoras a realizar.

### **1.13.- CLASIFICACIÓN PARA DISEÑO DE CARRETERAS**

Las características técnicas que pueden presentar las carreteras son muy diversas, lo que demandaría un conjunto específico de patrones de diseño para cada uno, debidamente ajustado a las peculiaridades de cada situación. Si bien esto sería una concepción ideal, existe imposibilidad práctica para poder atenderla, que aliada a la conveniencia de una cierta uniformidad y normalización de dichas características técnicas que recomiendan el agrupamiento de las carreteras en determinadas categorías de diseño.

La aplicación de lo anterior, permite definir las características técnicas de una carretera encuadrándola dentro de alguna de las categorías que se establecen más adelante. Sin embargo, no debe descartarse que en casos particulares puedan adoptarse patrones de diseño específicos, ni tampoco que la ubicación de un tramo de carretera dentro de una determinada categoría de diseño responda a una decisión política o a la de los organismos técnicos competentes del ámbito Nacional.

Por lo tanto, la clasificación que se establece tiene por finalidad orientar y ordenar el trabajo de diseño geométrico, responde a una clasificación de tipo técnico, tomando como criterios de definición al tránsito y la función del tramo de carreteras. Además,

tiene especialmente en cuenta; que la definición de las características óptimas de una carretera surgen de un estudio de factibilidad Técnico – económica, donde se evalúan todos los factores intervinientes e inclusive que su realización no siempre es practicable.

Esta clasificación recomienda rangos de velocidades directrices, cuyos límites son mínimos, y donde la elección de la velocidad específica del caso depende de la topografía sobre la cual se desarrolla el trazado.

Los valores de tránsito medio diario anual (TMDA) y la relación entre el volumen horario de diseño (VHD) y los niveles de servicio que se especifican, son indicativos y corresponden al año 10<sup>o</sup>, posterior a la habilitación de la carretera. La adopción de este horizonte se debe a las dificultades que presenta la proyección de tráfico con aceptable confiabilidad más allá de los 15 años (5 años para el planeamiento, proyecto de ingeniería, proyecto de construcción, más 10 años de operación). Tales dificultades se originan en las diferentes e imprecisas variables intervinientes, especialmente en los países en vías de desarrollo, como son las tasas de crecimiento económico en las diferentes regiones, el aumento del índice de motorización, las disponibilidades energéticas y su efecto sobre el tránsito, etc.

#### **1.14.- CATEGORÍAS DE DISEÑO**

Las categorías de diseño recomendadas para el nuevo trazado de carreteras rurales, se encuentran resumidas en el cuadro 2.15 y presentan las siguientes características.

- Categoría 0.- Corresponde a una autopista con control total de accesos; este tipo de control significa que está prohibida el acceso a la propiedad colindante, y que este como así también el acceso a otras carreteras; solo puede hacerse a través de las conexiones de los intercambiadores o enlaces, es la carretera de más elevado patrón de diseño. Debido a su elevado costo, el encuadramiento de un tramo de carretera dentro de esta categoría exige cuidadosos y una inevitable decisión política de las autoridades competentes. los criterios que puedan fundamentar su elección, entre otros, sin los siguientes:

- Cuando la fracción absolutamente preponderante de la carretera fuera atender a una demanda de tránsito pasante por la región atravesada (función movilidad), frente a la función atender, frente a la función de atender el tránsito local a las propiedades adyacentes (función accesibilidad), que se supone es resulta por otras vías.
- Cuando la interferencia recíproca entre las actividades humanas de las propiedades colindantes o áreas vecinas a la zona de caminos y el flujo de tránsito, cause conflictos indeseables (peatones, paradas de ómnibus, tránsito local, etc.) sobre aspectos operacionales y de seguridad.
- Cuando los volúmenes de tránsito fueran suficientemente elevados como para justificar los costos y otras condiciones inherentes a la implantación de carreteras de este patrón de diseño y no pudieran desarrollarse satisfactoriamente con vías de una categoría inferior.
- Categoría I.A.- Corresponde a una carretera de doble calzada con control parcial de acceso. Este tipo de control significa que se pueden permitir algunas interacciones a nivel y conexiones directas con la propiedad colindante. Su necesidad se presenta cuando los volúmenes de tránsito ocasionarían en una carretera de calzada simple niveles de servicio, en correspondencia con VHD, inferiores al C (en terrenos llanos o medianamente ondulados) ó al D (en terrenos ondulados o montañosos o en tramos urbanos); siendo además su función más importante la de servir el tránsito de paso (función movilidad). En el caso de regiones montañosas es recomendable que antes, de encuadrar al tramo de carretera en esta categoría, se realice un análisis técnico económico de la posible mejoría del nivel que puede proporcionar la adopción de carriles adicionales de subida y una carretera de calzada simple.
- Categoría I.B.- Corresponde a una carretera de elevado patrón de diseño, con requerimientos por parte de la demanda similares a los de la categoría I.A pero que pueden ser satisfechos con una calzada simple de dos carriles. A título indicativo, esta categoría podría corresponder a aquellas carreteras con TMDA

superior a 1500 vehículos / día a los diez años de habilitada y puedan satisfacer VHD de ese momento con un nivel de servicio igual o superior al C ó D, según las características del terreno.

- Categoría II.- Corresponde a una carretera que a los diez años de habilitada presenta volúmenes de tránsito (TMDA) superiores a los 700 vehículos / día, con calzada simple de dos carriles y cuyas características de diseño geométrico permiten asegurar una calidad de servicio equivalente o superior a los niveles C ó D según características del terreno.
- Categoría III.- Con similares consideraciones que la categoría anterior poseyendo un diseño adecuado a tránsito (TMDA) mayores de 300 Vehículos, a los 10 años de habilitado, pero de características geométricas no suficientes como para considerar a la carretera dentro de la categoría II.
- Categoría IV.- Corresponde a la mínima categoría de la clasificación en la que se encuadran todos aquellos caminos que presentarían en su habilitación tránsito menores de 200 vehículos. Son en general carreteras que se construyeron para satisfacer vinculaciones donde el tráfico aún no se ha desarrollado suficientemente, o bien son simplemente vías locales donde la función primordial es el acceso a la propiedad. Considerando la anterior, y la imprevisibilidad del crecimiento del tránsito, que es inherente a este tipo de carreteras, su diseño geométrico estará orientado a reducir las inversiones iniciales a las mínimas necesarias, para brindar las facilidades más inmediatas de la circulación, una aceptable transitabilidad permanente en aquellas zonas climáticas adversas (nieve, lluvia. etc.).

**TABLA 5**  
**CATEGORÍAS DE DISEÑO PARA NUEVO TRAZADO DE CARRETERAS**  
**EN ÁREAS RURALES**

<b>CATEGORÍA DE LA CARRETERA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS [1]</b>	<b>CRITERIO DE CLASIFICACIÓN [2]</b>	<b>VELOCIDADES DIRECTRICES en Km/h [3]</b>
0	Doble calzada Dos ó más carriles por dirección Control parcial de acceso	- TMDA mayor á 15000 -VHD corresponde a nivel de servicio C - Función de total prioridad: movilidad	120 – 80
I.A	Doble Calzada Dos ó más carriles por dirección Control parcial de acceso	-TMDA mayor á 5000 -VHD corresponde a nivel de servicio C o superior - Función más importante movilidad	120 – 70
I.B	Calzada simple Dos carriles Control parcial de acceso	-TMDA mayor á 1500 - VHD corresponde a un nivel servicio igual o superior al C ó D	120 – 70
II	Calzada simple Dos carriles	-TMDA mayor á 700	100 – 50
III	Calzada simple Dos carriles	-TMDA mayor á 300	80 – 40
IV	Calzada simple Dos carriles	-TMDA menor á 200 [4]	80 – 30

[1] Donde no se indica el tipo de control de acceso este puede ser parcial o no existir según cada caso particular.

[2] Los valores del TMDA expresados en vehículo día y los niveles de servicio al que corresponde el VHD son a los 10 años de habilitada la obra. Donde no se indica la función, esta dependerá de cada caso particular. Cuando no se indica el VHD, este debe corresponder a las condiciones cualitativas de la operación del Nivel de Servicio C ó D, según las condiciones prevalecientes del tránsito y la calzada, aunque según el Manual de Capacidad de Caminos estos niveles no están definidos para velocidades directrices inferiores a 71 y 64 Km/h respectivamente.

[3] La elección de la velocidad directriz dependerá de las dificultades que ofrezca el terreno. El rango es solo indicativo.

[4] En el caso de la categoría IV el TMDA corresponde al año de habilitación.

#### **1.15.- DISEÑO ESTRUCTURAL.**

El diseño estructural de una carretera se refiere a calcular los espesores de las diferentes capas que componen el paquete estructural de una carretera para soportar las cargas del tráfico para el cual fue diseñado.

Los factores principales que determinan el espesor del paquete estructural son: El tráfico es decir las cargas y la capacidad soporte de la subrasante.

Este trabajo consistirá en la construcción de una capa estabilizada de grava y arcilla o arena y arcilla, según sea la granulometría del árido, sobre una subrasante terminada con los planos contractuales, a fin de dotar al camino de una superficie uniforme y resistente para circulación vehicular de baja intensidad.

La arcilla, grava o arena necesarias para este trabajo podrán provenir de la excavación para la plataforma del camino o de fuentes de fuera de los límites del proyecto. En ambos casos, los materiales y sus sitios de explotación deberán ser autorizados por el Fiscalizador.

Este trabajo consistirá en la construcción de una capa de agregados no tratados, colocada sobre la subrasante terminada con los alineamientos, pendientes y secciones transversales indicados en los planos, con el fin de proveer a la vía de una superficie estable, resistente e impermeable para circulación vehicular de baja intensidad.

Los áridos no tratados pueden consistir de fragmentos de roca, grava, aglomerados, combinados con suelos de partículas finas como arenas, arcillas, limos, en cantidad suficiente para ligar las partículas gruesas entre sí, y de acuerdo con el diseño que someta el Contratista a la aprobación del Fiscalizador.

Los materiales a utilizarse deberán provenir de fuentes autorizadas por el Fiscalizador y serán necesarios que para este trabajo pueden ser explotados en fuentes fuera de los límites del proyecto, o pueden provenir de la excavación de la plataforma del camino. Los áridos no necesitan ser tratados, pero se los tamizará para separar las partículas gruesas que salgan de los límites granulométricos.

Los agregados gruesos consistirán de partículas resistentes y durables que tengan un porcentaje de desgaste a la abrasión de 50% como máximo. Las partículas finas consistirán de una mezcla de arena y arcilla o limo, y no deberán contener material vegetal; el índice de plasticidad de la fracción que pasa el tamiz N° será como máximo de 9 y su límite líquido no será mayor de 35; la fracción que pasa el tamiz N° 200 no deberá ser mayor que las dos terceras partes de la fracción que pasa el tamiz N° 40.

En caso de no encontrarse materiales originales que cumplan los requisitos para estas superficies de áridos no tratados, podrán utilizarse mezclas de materiales en las proporciones que señale el Fiscalizador.

El Contratista deberá disponer del equipo necesario aprobado por el Fiscalizador. Dispondrá como mínimo de motoniveladoras, vehículos de transporte de material, equipo de cribado, cisternas para hidratación, rodillos lisos de tres ruedas de acero o rodillos vibratorios neumáticos si es del caso.

**TABLA 6**  
**GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL SEGÚN AASHTO**

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	A	B	C	D
3" (76.2 mm.)	100	--	--	--
2" (50.8 mm.)	80-100	100	--	--
1" (25.4 mm.)	55-85	75-95	100	100
3/8" (9.50 mm.)	--	--	50-85	60-100
Nº4 (4.750 mm.)	30-55	30-60	35-65	50-85
Nº 200 (0.075 mm.)	5-15	5-15	5-15	5-20

La granulometría del material colocado en la vía será comprobada mediante los ensayos (AASHTO T-11 y T-27).

El porcentaje máximo de desgaste de los agregados gruesos no será mayor de 50% a 500 revoluciones, determinado mediante los ensayos (AASHTO T-96).

El índice de plasticidad y los límites de la fracción que pasa el tamiz Nº 40 serán comprobados mediante los ensayos (AASHTO T-89 y T-90).

La densidad máxima y humedad óptima serán establecidas a partir del ensayo AASHTO T-180, Método D y la densidad en la obra se comprobará mediante método nuclear o el ensayo AASHTO T-147 su valor no deberá ser menor que el 95% de la densidad obtenida en laboratorio.

El espesor de la capa deberá ser comprobado mediante nivelación o efectuando perforaciones a intervalos de 100 m en forma alternada en el eje y a los costados del

camino; el promedio de los espesores no deberá ser inferior al establecido en los planos.

Las alineaciones y pendientes transversales deberán ser revisadas minuciosamente para impedir empozamientos de agua. Las cotas y la conformación de la superficie terminada serán comprobadas mediante nivelación, y no se permitirán desviaciones mayores a 2 cm. en ningún punto.

En caso de que la comprobación de los espesores se haya efectuado mediante perforaciones, el Contratista deberá rellenarlas, a su costo, con el mismo material que el empleado para la superficie de agregados no tratados, debidamente compactado.

#### **1.15.1.- MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE**

Cuando así se establezca en el proyecto, o lo determine el Fiscalizador, la capa superior del camino, es decir, hasta nivel de subrasante, ya sea en corte o terraplén, se formará con suelo seleccionado, estabilización con cal; estabilización con material pétreo, membranas sintéticas, empalizada, o mezcla de materiales previamente seleccionados y aprobados por el Fiscalizador, en las medidas indicadas en los planos, o en las que ordene el Fiscalizador.

#### **1.15.2.- SUB-BASES**

Sub-bases de Agregados, este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-base compuestas por agregados obtenidos por procesos de trituración o de cribado, y deberá cumplir los requerimientos especificados en el pliego de especificaciones o de acuerdo a las indicaciones del Fiscalizador según el caso amerite. La capa de sub-base se colocará sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos.

Sub-base Modificada con Arena o Limo, este trabajo consistirá en la construcción de capas de sub-bases compuestas por agregados obtenidos por proceso de trituración o de cribado, excepto que el límite líquido y el índice plástico sean mayores que los máximos especificados, para reducir los cuales se deberá mezclar los agregados con

limo o arena cuando las condiciones así lo requieran. Las capas de sub-base se colocarán sobre la subrasante previamente preparada y aprobada, y de conformidad con las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos contractuales.

### **1.15.3.- BASES**

Base de Agregados, este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas por agregados triturados total o parcialmente o cribados, estabilizados con agregado fino procedente de la trituración, o suelos finos seleccionados, o ambos. La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada, o en casos especiales sobre una subrasante previamente preparada y aprobada, y de acuerdo con los alineamientos, pendientes y sección transversal establecida en los planos o en las disposiciones especiales.

Base de Agregados Estabilizada con Cemento Portland, este trabajo consistirá en la construcción de capas de base compuestas de agregados triturados o cribados, o de una combinación de ambos, cemento Portland y agua, mezclados en una planta central o sobre el camino. Se llevará a cabo para mejorar las características mecánicas de los agregados en caso de que no cumplan los requisitos especificados en el pliego de especificaciones en lo que concierne, para la base de agregados. La capa de base se colocará sobre una sub-base terminada y aprobada que se halle dentro de las alineaciones, pendientes y sección transversal señaladas en los planos contractuales.

Base de Agregados estabilizados con cal, este trabajo consistirá en la construcción de capas de base de agregados, estabilizadas con cal hidratada y agua, colocadas sobre una sub-base previamente preparada y aprobada, y de conformidad con los alineamientos y sección transversal especificada en los planos contractuales. Se llevará a cabo para mejorar las características mecánicas de los agregados en caso de que no cumplan con los requisitos especificados, para la Base de agregados.

#### **1.15.4.- CAPAS DE RODADURA**

Riego de Imprimación, este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso, con aplicación de asfalto diluido de curado medio, o de asfalto emulsificado sobre la superficie de una base o sub-base, que deberá hallarse con los anchos, alineamientos y pendientes indicados en los planos. En la aplicación del riego de imprimación está incluida la limpieza de la superficie inmediatamente antes de dicho riego bituminoso.

Comprenderá también el suministro y distribución uniforme de una delgada capa de arena secante, si el Fiscalizador lo considera necesario, para absorber excesos en la aplicación del asfalto, y proteger el riego bituminoso a fin de permitir la circulación de vehículos o maquinaria, antes de colocar la capa de rodadura.

Circulación de vehículos, no deberá permitirse el tránsito sobre una capa de imprimación mientras no se haya completado la penetración del asfalto distribuido en la superficie. Sin embargo, en casos en que sea absolutamente necesario permitir la circulación de vehículos, se deberá esperar al menos cuatro horas desde el regado del asfalto para cubrirlo con la capa de arena y autorizar luego el tránsito con una velocidad máxima de 2 Km/h. A fin de evitar que el asfalto se adhiera a las llantas y se pierda la imprimación. De todas maneras, todas las zonas deterioradas por falta o exceso de asfalto deberán corregirse oportunamente, con tiempo suficiente, antes de proceder a construir las capas superiores de pavimento. El Fiscalizador deberá determinar en cada caso el tiempo mínimo en que la superficie se mantendrá imprimada antes de cubrirla con la capa siguiente.

Riego Bituminoso de Adherencia, este trabajo consistirá en el suministro y distribución de material bituminoso sobre la superficie de un pavimento, a fin de conseguir adherencia entre este pavimento y una nueva capa asfáltica que se deberá colocar sobre él, de acuerdo con los requerimientos establecidos en los documentos contractuales. En la aplicación del riego de adherencia estará comprendida la limpieza de la superficie, que deberá realizarse inmediatamente antes del riego bituminoso.

Hormigón Asfáltico Mezclado en Sitio, este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en sitio y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con los requerimientos de los documentos contractuales.

Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta, este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta y en Frío, este trabajo consistirá en la construcción de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta y en frío, constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral si es necesario, y asfalto emulsionado, mezclado en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o en un pavimento existente, de acuerdo a lo establecido con los documentos contractuales.

El tipo y grado de emulsión que deberá emplearse en la mezcla se determinará en la formula de trabajo.

Capa Bituminosa de Sellado, este trabajo consistirá en la aplicación de una capa de material bituminoso solo o con la distribución de agregados de recubrimiento sobre una capa de rodadura asfáltica en servicio terminada, de acuerdo con los documentos contractuales.

Capa de Sellado con lechada Asfáltica, este trabajo consistirá en la preparación y colocación de una mezcla de emulsión asfáltica, agregados de agua, sobre una capa rodadura existente, de acuerdo a los documentos contractuales.

Pavimento de Hormigón de Cemento Portland, este trabajo consistirá en la construcción de una capa de rodadura constituida por una losa de hormigón de cemento Portland, con o sin inclusión de aire, con sin dispositivos de transferencia de

carga, con o sin armadura de refuerzo de acuerdo a lo especificado en los planos, disposiciones especiales y documentos contractuales.

La losa de hormigón se construirá sobre una subrasante conformada y compactada o sobre una sub-base, preparada de acuerdo con los documentos contractuales y las instrucciones del Fiscalizador. Podrá ser construida empleando moldes laterales fijos o deslizantes, a opción del contratista

Si el contrato lo estipula, se podrá colocar una capa de rodadura de mezcla asfáltica con agregados finos sobre la losa de hormigón hidráulico.

El hormigón de cemento Portland deberá cumplir con las exigencias que se especifiquen en los documentos contractuales, en cuyo caso deberá cumplir con los requisitos establecidos para la clase especificada.

#### **1.15.5.- CONTROL AMBIENTAL DURANTE LA CONFORMACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA.**

Durante la conformación de la capa de rodadura, con frecuencia se producen derrames de asfalto líquido y emulsiones, especialmente durante la etapa de riego del sello o del vertido de residuos de concreto asfáltico a los cuerpos de agua más cercanos; así como también la emisión de gases producto del calentamiento del asfalto. Esta sección contempla una serie de actividades a ejecutar por parte del contratista, tendientes a minimizar los efectos negativos que sobre el ambiente y la salud humana pueden producir.

Si las especificaciones ambientales particulares no contemplan nada sobre este tema, será el Fiscalizador quién ordene al contratista la cabal ejecución de las siguientes acciones:

1. Se verificará un buen manejo del riego del asfalto líquido, emulsiones y concreto asfáltico por parte de los operarios, al igual que un adecuado mantenimiento de los transportes de dichos materiales.
2. Los residuos de concreto asfáltico por ningún motivo serán vertidos o desalojados a los cauces naturales de agua.

3. Cuando sí la obra vial adyacente a un drenaje natural, se colocará barreras de contención para retener los desechos o residuos.
4. Deberá realizarse limpiezas periódicas de las cunetas laterales de residuos y fragmentos de la construcción vial.
5. En el caso accidental de vertimiento de asfalto líquido o emulsión asfáltica utilizada para la imprimación, deberá recogerse dicho material, incluyendo el suelo contaminado y disponiéndolo en los rellenos sanitarios construidos para tal fin.
6. Los obreros que laboran en el transporte y disposición de asfalto deben disponer del equipo adecuado de seguridad industrial, tales como cascos, botas, protectores buco-nasales y cualquier otro dispositivo de seguridad que evite las afecciones pulmonares del personal.

#### **1.16.- COMPONENTES DE UNA CARRETERA.**

Los componentes de una carretera son:

- Infraestructura
- Superestructura
- Obras Complementarias

##### **1.16.1.- INFRAESTRUCTURA**

La infraestructura es la capa que está por debajo de la cota subrasante, generalmente no es de material seleccionado, es decir es el material que se encuentra en el trazo.

##### **1.16.2.- SUPERESTRUCTURA**

La superestructura es el conjunto de capas de material seleccionado y tiene por objetivo soportar las cargas producidas por el tráfico, brindar seguridad y comodidad en la circulación de los vehículos, está compuesta por las siguientes capas:

- Capa de Rodadura
- Capa Base
- Capa Sub-base

### **1.16.3.- OBRAS COMPLEMENTARIAS**

Las obras complementarias se refieren a todas las obras necesarias en una carretera que permitan la normal circulación del tráfico durante cualquier época del año como ser: Obras de arte mayor y menor, muros de contención, gaviones, estabilización de taludes, etc.

### **1.17.- MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS**

Se debe considerar, cuales ítems requieren una adecuada atención por parte del propietario, la obra, en forma directa o a través de un Contrato de mantenimiento, para asegurar la durabilidad de la carretera y respaldar el mejor uso de la inversión desde el punto de vista de su conservación y servicio al usuario.

#### **1.17.1.- Mantenimiento Rutinario**

Es el que se realiza durante todos los años e incluye actividades de conservación de la carretera, en todos sus elementos como son: obra básica, drenaje, señalización, etc.

Para fines de programación de los trabajos de mantenimiento rutinario a realizarse durante la vida útil de la carretera, se han adoptado los criterios y sistemas de trabajo que se implementan en el Servicio Departamental de Caminos mediante el Departamento de Mantenimiento; específicamente propone que se contemple en la conservación vial, el Programa de Conservación Vial con Microempresas, cuyo objetivo principal es implantar un nuevo sistema para atender adecuadamente la conservación rutinaria de la Red Vial Departamental, empleando microempresas para la ejecución de las actividades que requieran de mano de obra intensiva y administradores viales que se responsabilicen de la gestión para que las carreteras alcancen niveles satisfactorios en su operación.

La conservación vial rutinaria es de carácter preventivo y comprende el conjunto de labores que se realizan, principalmente con herramientas manuales, incluyendo sustancialmente actividades tales como, la limpieza y el cuidado de la calzada; la limpieza y el desmonte del derecho de vía; la poda, corte, retiro y siembra de árboles; jardinería; siembra de vegetación o cobertura con bloques de grama; la limpieza de

las obras de drenaje; la reparación de huecos aislados en el pavimento y en las bermas de la vía; el sello de fisuras, grietas y juntas; la limpieza rutinaria de puentes; la remoción de derrumbes menores; el cuidado y reposición de señales verticales, postes de referencia y defensas metálicas; el cuidado rutinario de la señalización horizontal, el cuidado y vigilancia de la vía, la descontaminación visual y la ejecución de bacheos superficiales.

### **1.17.2.- TIPOS DE MANTENIMIENTO**

En este sentido, se han considerado los siguientes tipos de mantenimiento:

#### **1.17.2.1.- Mantenimiento Periódico**

Es el que se realiza cada determinado número de años e incluye, además de las anteriores, tareas de reparación y rejuvenecimiento de la vía. El nivel de mantenimiento puede ser variable en función de los daños previstos y del estado de la vía antes de realizar los trabajos.

#### **1.17.2.2.- Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo incluye las siguientes actividades:

- Limpieza y perfilado de cunetas.
- Limpieza de alcantarillas.
- Desbroce y limpieza de derecho de vía.
- Estabilización de cortes y taludes.
- Bacheo.
- Otros.

#### **1.17.2.3.- Emergencias**

Actividades contingentes producto de desastres naturales, inundaciones severas y/o derrumbes de gran magnitud.

### **1.17.3.-RESUMEN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA CARRETERA PAVIMENTADA**

Para efectos del análisis se considera que una vez efectuados los trabajos de pavimentación del tramo, se tendrá una norma de mantenimiento de acuerdo a los requerimientos, la cual se encuentra establecida en Sistema de Administración de Mantenimiento (SAM) del S.N.C., diseñado para ser aplicado en las carreteras con superficie de rodadura pavimentada y no pavimentada.

El nivel de inversión que representa el Mejoramiento camino “Matadero – Temporal – San Jacinto Norte – San Jacinto Sud – Tablada – San Luis – San Jacinto Oeste” obliga a planificar trabajos de mantenimiento de los puentes, las cunetas y la señalización, para garantizar la inversión inicial de construcción, disminuyendo los costos de explotación y alargando la vida, tanto del tramo vial como de los vehículos que lo utilizarán.

Este plan busca que los trabajos requeridos se ejecuten oportunamente, con personal que cuente con la experiencia e idoneidad necesarias, ya que de ello depende el que los gastos efectuados en la vida útil del Proyecto sean los estrictamente necesarios.

El sistema propuesto por el Sistema de Administración de Mantenimiento Vial del S.N.C., permite distinguir cinco (5) diferentes condiciones para cada elemento.

En general, la condición 5 indica un elemento en condición excelente (de reciente construcción o como nuevo), que requiere escaso mantenimiento durante el año fiscal el cual se está realizando el inventario. Por el contrario, la condición 1 indica que el elemento se encuentra totalmente fallado o no satisface los requerimientos para los cuales fue colocado y por lo tanto requiere de un reemplazo impostergable.

A continuación se describen las condiciones de cada uno de los elementos incluidos dentro del inventario vial de mantenimiento, de acuerdo al tipo de pavimento considerado para nuestro estudio.

### **1.17.3.1.- Cunetas**

Es importante que la evaluación de las cunetas se realice antes de que se inicie el período de lluvias ya que la condición de las cunetas, en particular las no revestidas, tiende a estar descuidada durante los períodos en que no llueve.

#### **Condición 5**

- No presenta ninguna obstrucción y está limpia.
- El alineamiento y la gradiente son adecuados.

#### **Condición 4**

- Existen algunos sedimentos de materiales pero la capacidad hidráulica casi no se ve reducida.
- Requiere únicamente limpieza manual.
- Estructural e hidráulicamente la cuneta es adecuada y no requiere reparaciones.

#### **Condición 3.**

- La capacidad hidráulica se ve reducida en un 30-50% por sedimentos, condición que requiere una limpieza manual extensiva ó una limpieza mecánica.
- Existen daños en las cunetas revestidas por lo que requiere reparaciones de consideración.
- La gradiente de las cunetas no pavimentadas no es continua, requiriendo nivelación a máquina, o hay tramos socavados que requieren de revestimiento.

#### **Condición 2**

- El bloqueo por sedimentos y derrumbes reduce la capacidad hidráulica en más del 50%.
- Se requieren reparaciones extensas de las cunetas revestidas.

- Se requiere la reconstrucción de cunetas sin revestir, y el revestimiento de algunos tramos para frenar la socavación.

#### **Condición 1**

- La cuneta se encuentra totalmente llena de material por sedimentos, derrumbes y basura requiriendo limpieza mecánica por completo.
- La gradiente y la sección transversal deben ser restablecidas.
- Se deben reconstruir algunas secciones de cunetas no revestidas para mejorar su funcionamiento.
- Algunas secciones de cunetas revestidas deben ser reconstruidas.

#### **1.17.3.2.- Puentes**

#### **Condición 5**

- Tanto las barandas como la superficie de rodadura y el alineamiento con el pavimento a la entrada y salida se encuentra en perfecto estado.
- Los tubos de drenaje se encuentran en perfecto estado y no requieren de limpieza.

#### **Condición 4**

- Las barandas de acero necesitan ser pintadas.
- Las defensas del puente necesitan enderezarse.
- Los tubos de drenaje requieren de limpieza manual.

#### **Condición 3**

- Las barandas de acero necesitan ser raspadas y limpiadas totalmente.
- Se requiere de un bacheo superficial o reemplazo de una parte de la superficie de rodadura (hasta de un 10% del área del puente).
- Las juntas de expansión deben ser limpiadas.

- Las defensas del puente necesitan enderezarse y atornillarse.
- Existe algún asentamiento pequeño del pavimento a la entrada y salida del puente.

### **Condición 2**

- La baranda necesita de algunas reparaciones estructurales o reemplazo de elementos.
- El bacheo o reemplazo de la superficie de rodadura llega hasta un 25% del área.
- Las juntas de expansión deben ser limpiadas y reparadas o reemplazadas.
- El asentamiento del pavimento es superior a 2 cm y necesita ser nivelado.
- Algunas secciones de las defensas deben ser reparadas o reemplazadas.

### **Condición 1**

- Existen baches en la superficie de rodadura o agrietamiento muy concentrado.
- Algunas secciones de la baranda o de las defensas deben ser reemplazadas.
- Las juntas de expansión no trabajan y esto ha causado algún daño estructural que requiere reparación.

#### **1.17.3.3.- Señalización Horizontal**

Inicialmente se evaluará la señalización horizontal como un todo aunque por su importancia para la seguridad de los conductores, se considera que será necesario distinguir entre sus diversos componentes: línea centro (LC), líneas laterales, (LL) y otras señales, avisos sobre el pavimento.

### **Condición 5**

- Las señales existentes son nítidas y visibles durante el día, la noche y períodos de baja visibilidad (lluvia, neblina, etc.).

**Condición 4**

- Las señales pueden ser vistas durante el día y en la noche. Aunque pierde alguna reflectividad durante la noche.
- No será necesario repintarlas en la siguiente gestión.

**Condición 3**

- Se pueden ver las señales durante el día pero su reflectividad es muy baja y casi nula durante la noche.
- Requieren ser pintadas en la siguiente gestión.

**Condición 2.**

- Las señales están muy gastadas en algunas partes.
- Necesitan ser repintadas de inmediato para no perder la integridad de la señalización.

**Condición 1**

- Totalmente desgastadas. Deben ser repintadas de inmediato.
- Se requiere trabajo de topografía para determinar límites de las líneas que prohíben el sobrepasar.
- No existe señalización por lo que se requiere trabajo de topografía y el pintado de nuevas señales.

**1.17.3.4.- Señales Verticales****Condición 5**

- La señal está limpia y puede ser claramente vista durante el día y la noche.
- La señal está ubicada en el lugar correcto y en la posición vertical correcta.
- La señal tiene en su parte de atrás la información necesaria respecto a cuando fue colocada.

**Condición 4**

- La señal puede ser vista claramente pero necesita ser lavada.
- Es necesario pintar el poste y atornillar adecuadamente la señal.
- Existe alguna obstrucción en la visibilidad de la señal que debe ser removida.

**Condición 3**

- La señal está un poco borrosa.
- La señal debe ser lavada y su reflectividad devuelta con un tratamiento adecuado.
- La parte trasera de la señal debe ser pintada al igual que el poste.

**Condición 2**

- La reflectividad de la señal es prácticamente nula y la señal debe ser reemplazada.
- El poste necesita ser enderezado, reemplazado y pintado.

**Condición 1**

- La señal está doblada o distorsionada y requiere de su reemplazo inmediato.
- El poste también está roto o tan dañado que debe ser reemplazado.
- La distancia es inadecuada debido a obstrucciones al lado de la calzada, la señal no es visible.

En el presente plan se han considerado para la vida útil del proyecto el tipo de Mantenimiento de Rutina, en atención a las actividades requeridas por el Proyecto y a la política de mantenimiento implementada por el Servicio Nacional de Camino.

#### **1.17.4.- MANTENIMIENTO DE RUTINA**

Este tipo de mantenimiento debe realizarse una vez por año. Estas son actividades que probablemente serán requeridas cualquiera que sean las características técnicas de la carretera o su densidad de tráfico.

Estas actividades están destinadas a evitar el deterioro y destrucción prematuras de la obra y manteniendo su calidad y valor.

Las actividades de mantenimiento rutinario consideradas para el plan son las siguientes:

- Limpieza de cunetas
- Reparación de obras de drenaje
- Reconformación de Canales
- Limpieza de vegetación
- Reparación de barandas de seguridad
- Mantenimiento de señales verticales (reparación)
- Mantenimiento de señales verticales (limpieza general)
- Mantenimiento de marcas en el pavimento

##### **1.17.4.1.- Limpieza de cunetas**

Se debe efectuar limpieza de cunetas en forma previa a la época de lluvias, para eliminar material producto de derrumbes y disgregaciones de los taludes, con el objeto de restaurar la gradiente y la sección transversal para asegurar que el agua fluya libremente.

##### **1.17.4.2.- Reparación de obras de drenaje**

Comprende la reparación de obras de drenaje, incluyendo bajantes, subdrenes, revestimientos de soleras, refuerzo de fundaciones, alcantarillas de hormigón de todos los tipos, dicha reparación tiene por objeto preservar estas obras del deterioro natural de las mismas.

#### **1.17.4.3.- Reconformación de Canales**

Se debe efectuar movimiento de depósitos y escombros en cauces fluviales con tractor o cargador frontal, con el propósito de rectificar, ampliar, conformar o corregir los canales en las zonas aledañas a los cruces directos de agua.

#### **1.17.4.4.- Limpieza de Vegetación**

En forma rutinaria se debe recortar vegetación menor, con herramientas de mano, en todo o parte del derecho de vía con el objeto de preservar el ancho útil de la calzada (incluye bermas), y principalmente facilitar el drenaje y la visibilidad.

#### **1.17.4.5.- Reparación de barandas de seguridad**

El objeto es el de reparar y/o reponer las barandas de seguridad (flex-beam) debido a las diferentes contingencias que puedan darse en su uso.

#### **1.17.4.6.- Mantenimiento y limpieza de señales verticales**

Se debe efectuar el mantenimiento y en su caso reposición de las señales verticales existentes en la carretera, para conservar la información de los usuarios sobre la carretera. Igualmente es necesario efectuar la limpieza de las mismas con cierta frecuencia.

#### **1.17.4.7.- Mantenimiento de marcas en el pavimento**

Este trabajo consiste en el repintado de las líneas en los bordes y eje del pavimento, deterioradas por el tránsito; de conformidad con las dimensiones, planos y Especificaciones Técnicas establecidas. El Servicio Departamental de Caminos fijará los periodos de repintado de dichas señales de acuerdo a las necesidades y al deterioro que se produzca en las mismas.

### **1.17.5.-CÁLCULO DE COSTOS ANUALES DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **1.17.5.1.- Inventario Vial**

Mediante un Inventario Vial, se identificará y evaluará la condición de aquellos elementos o componentes del proyecto que requieran mantenimiento futuro.

### 1.17.5.2.- Niveles de Mantenimiento

Para cada actividad de mantenimiento, se deben establecer los niveles respectivos, basándose en las políticas adoptadas para este fin, buscando el máximo aprovechamiento de la ruta en el período de vida útil del proyecto.

Los niveles de mantenimiento se calculan en forma de cantidad de trabajo por unidad del inventario.

### 1.17.5.3.- Cargas de Trabajo por Gestión

El análisis para la determinación de las cantidades para el mantenimiento, de acuerdo al análisis anterior, definimos las actividades y frecuencias para el mantenimiento, resumidos en el cuadro siguiente:

- Sello superficial
- Bacheo asfáltico
- Recapado
- Mantenimiento Rutinario

**TABLA 7**

### CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS DE ASFALTO

CONDICIÓN	5	4	3	2	1	
REHABILITACIÓN	No	No	No	Sí	Sí	(1)% de la superficie agrietada que se bachea.
Espesor (cm.)				5	5	
C. Estruct.			0.4	0.4	0.4	(2)% máximo acumulado en que se admite bacheo. Estas restricciones se relajan si la superficie total agrietada excede el 50%, caso en que el bacheo acumulado puede llegar a comprender el 100% de la superficie total.
RECAPADO	No	Sí	Sí	No	No	
Diseño Espesor (cm.)	3	5				
C. Estruct. (cm.)	0.3	0.3				
SELLO		Sí	Sí	Sí		
Frecuencia	4	4	4	4	4	
BACHEO						
%Sup. G (1)	5%	5%	5%	5%	5%	
% Máx. Acum. (2)	25%	25%	25%	25%	25%	

De acuerdo al análisis anterior, definimos las actividades y frecuencias para el mantenimiento, resumidos en el cuadro siguiente:

**TABLA 8**  
**MANTENIMIENTO PARA SUPERFICIE DE RIPIO**

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad / Frecuencia</b>	<b>Observaciones</b>
Nivelación a máquina	Pasadas de motoniveladora cada 90 días	Periodo máximo
Reposición parcial de ripio	30 m <sup>3</sup> /km/año	Volumen máximo
Mantenimiento Rutinario	Todo el año	Limpieza de cunetas, alcantarillas, desbroce, etc.

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 9**  
**MANTENIMIENTO PARA SUPERFICIE TRATAMIENTO**  
**SUPERFICIAL DOBLE**

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad / Frecuencia</b>	<b>Observaciones</b>
Parcheo o Bacheo	750 m <sup>2</sup> /km/año	Área máxima
Resellado de la capa de rodadura	15mm al 4 IRI	Regularidad máxima
Refuerzo estructural	Cada 7 años (e=50mm)	Periodo máximo
Mantenimiento Rutinario	Todo el año	Limpieza de cunetas, alcantarillas, desbroce, etc.

Fuente: Elaboración propia

**TABLA 10**  
**MANTENIMIENTO PARA SUPERFICIE CARPETA**  
**DE CONCRETO ASFÁLTICO**

<b>Actividad</b>	<b>Cantidad / Frecuencia</b>	<b>Observaciones</b>
Parcheo o Bacheo	1000 m <sup>2</sup> /km/año	Área máxima
Resellado de la capa de rodadura	15mm al 4 IRI	Regularidad máxima
Refuerzo estructural	Cada 15 años (e=30mm)	Periodo máximo
Mantenimiento Rutinario	Todo el año	Limpieza de cunetas, alcantarillas, desbroce, etc.

### **1.18.- CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS VIALES**

En todas las industrias existen organismos de control, más o menos desarrollados, a fin de asegurar que se cumplan las especificaciones en cuanto a las características medibles de elementos fabricados, cuyo cometido consiste en verificar que la producción se mantenga dentro de determinados ámbitos preestablecidos de tolerancia, en lo referente a los valores de dichas características que se pueden medir.

El control de calidad es un conjunto de actividades destinado a verificar la condición del producto terminado y en base a los resultados obtenidos, aceptar o rechazar el producto.

En términos generales el término calidad está asociado a las necesidades y satisfacción del cliente y usuario; pero cuando se trata del proyecto y ejecución de las obras viales, la calidad supone una serie de elementos interrelacionados que conducen a pensar en un sistema de “control de calidad”. Esto significa que realizar alguna

actividad con calidad no es una tarea fácil ya que intervienen varios factores y recursos.

Un sistema de control de calidad ideal debe contemplar y armonizar los objetivos, intereses, expectativas y demandas de los organismos estatales, el proyectista, el consultor y el usuario de la obra terminada. El presente trabajo se enfoca específicamente en el control de calidad en la ejecución de obras viales.

Para la implementación de un proceso que incluya una lista de chequeo mediante la realización de auditorías piloto en nuestras carreteras, con vistas a la implementación generalizada del proceso.

#### **1.18.1.-.- Objetivo del control de calidad DE OBRAS VIALES.-**

El control de calidad de cualquier obra consiste en verificar el cumplimiento de las hipótesis y las bases de diseño y proyecto, así como las especificaciones de materiales y procedimientos. Esta verificación se hace a través de mediciones, muestreos y ensayos de laboratorio.

La calidad de las obras viales depende de numerosos parámetros. Las condiciones de proyecto, construcción y durabilidad de las obras hacen necesario que productos que sean completamente homogéneo y que propiedades tales como la resistencia cumplan con ciertos límites preestablecidos en las especificaciones. Para lograr este objetivo se debe estar en condiciones de actuar sobre los parámetros que condicionan las propiedades mencionadas y se debe establecer un control de calidad en toda la obra; pero este control debe adecuarse a las condiciones particulares de cada obra, analizando en cada caso:

- Infraestructura de control
- Organización de la faena
- Organización de la inspección técnica de la obra
- Propiedades que se desean controlar

Consecuentemente con los niveles de control, se realiza el análisis de las siguientes fases:

- Control de materiales que llegan elaborados a la obra
- Control de materiales que se elaboran en obra
- Control de la ejecución
- Control de la terminación de la obra.

#### **1.18.2.- Justificación del control de calidad.-**

Existen diversas razones de peso para justificar el control de calidad durante la ejecución de obras viales:

- La construcción de obras viales es una inversión importante, de parte de los ciudadanos de una comunidad. Es decir, que el servicio que presentan los trabajos realizados a los usuarios, responda a las expectativas técnico-económicas que llevaron a su instrumentación.

La institución contratante debe conocer en qué condiciones recibe la obra y si el precio que está pagando por cada trabajo es adecuado a la calidad resultante cuando los trabajos son realizados por administración directa, valen los mismos conceptos siendo la propia empresa que los lleva a cabo, el primer interesado en lograr un buen resultado.

#### **1.19.- ORGANIZACIÓN PARA EL CONTROL DE CALIDAD.-**

La "Organización del Control de Calidad", es una de las actividades principales, en toda obra vial existen un número importante de actividades las mismas que se desarrollan paulatinamente en el desarrollo de la obra, esas actividades deben ser controladas con relación a las especificaciones técnicas que tiene la obra y a los controles de calidad que debe estar sometido.

Por ello es de mucha importancia la organización de los aspectos que debe cumplirse para tener un buen control de calidad desde los ambientes, el personal, la secuencia de toma de muestras, los resultados y su valoración.

### **1.19.1.- Encargado del control.-**

El control de calidad recae principalmente en el Supervisor de los trabajos. El papel del Supervisor es el controlar, revisar, observar y registrar las actividades en ejecución. Son funciones básicas del Supervisor:

- Garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y las reglas del buen arte, para el diseño y ejecución de los trabajos.
- Efectuar la medición y valorizar los trabajos apropiados para su pago, y llevar un control de la marcha de los mismos.
- Registrar la información recopilada durante la etapa de ejecución, que será de utilidad en el futuro para establecer la eficiencia y productividad de los procedimientos.
- Mantener una relación fluida entre el contratista y el cliente, a manera de asegurar la mejor operación y eficiencia de los trabajos, para la comunidad.

La mayoría de las actividades requieren, un control permanente del Supervisor y con este criterio, se elaboran las especificaciones técnicas. Esto implica una permanencia física en el lugar de trabajo, contrariamente a la práctica de limitar su participación en las instancias iniciales para delimitar las áreas a reparar y finales, para comprobar la calidad final, efectuar la medición y preparar la evaluación.

Algunos principios básicos en los que se apoya el esquema de control permanente o integrado son:

- El control de calidad antes y durante la ejecución permite corregir sobre la marcha prácticas inapropiadas, evitando que se prolonguen las obras por reparar trabajos defectuosos inspeccionados a destiempo.
- Muchas etapas del proceso constructivo pueden vigilarse por simple observación, resultando más sencillo y económico que un intenso muestreo y ensayos finales que puedan poner en evidencia dichos aspectos. Un ejemplo característico es el control de compactación, para el cual puede establecerse un número mínimo de

pasadas de rodillo que asegure un nivel de compactación adecuado, en vez de tener que efectuar ensayos de densidad.

- Habiendo seguido las etapas constructivas, el Supervisor podrá eventualmente interpretar las anomalías que puedan hallar en algunos resultados, que de otra manera resultarían siendo interrogantes. Esto es esencial en el desarrollo de "experiencia".
- El control durante la ejecución y su aprobación por parte del Supervisor, facilita la aceptación definitiva del producto al concluir los trabajos. El control posterior a la ejecución del trabajo deja como alternativa la no aceptación de lo construido, que no beneficia ni al contratista ni al cliente, originando conflictos.
- El control integrado o continuo, armoniza los recursos del contratista con los del Supervisor, permitiendo comprobar la real aplicación de las exigencias. El Supervisor se orienta a asegurar la calidad de la obra y no a comprobar la mala calidad.

El Supervisor no puede cambiar, revocar o suspender los requisitos de las especificaciones, tampoco debe forzar al contratista a la aplicación de métodos rígidos, sino darle la posibilidad de acceder a nuevos procesos, que al fin se traducirán en adelantos de la técnica y en beneficios económicos, aunque siempre salvaguardando los requerimientos de calidad definidos en las especificaciones.

El Supervisor tampoco debe caer en el riesgo de convertirse en Director de los Trabajos, tarea que recae sobre el Ingeniero a cargo de la obra, por parte del contratista.

El control de calidad comprende tanto materiales, equipos y procesos constructivos, siendo necesario establecer los parámetros relevantes de cada actividad o etapa.

### **1.19.2.- Instrumentos de Control**

Las especificaciones y normas para el diseño y construcción de una carretera si bien están orientadas a incrementar su calidad, es imprescindible disponer de un sistema que permita conducir el proceso de control de calidad de la manera más apropiada.

La inspección de los trabajos, el muestreo de materiales y las pruebas de laboratorio son procedimientos de control de calidad, destinados a hacer cumplir las especificaciones técnicas.

Es a través de éstas que se establecen:

- Los parámetros que definen el nivel de calidad.
- Los procedimientos y equipos para lograrlo.
- Los ensayos y su interpretación para comprobarlo.

El Supervisor cuenta con instrumentos legales y físicos para llevar a cabo con éxito sus funciones.

Los instrumentos legales están constituidos por los documentos de licitación y las especificaciones técnicas, éstos componen la documentación del contrato, en la que debe existir una definición precisa de los trabajos, con especificaciones concisas y actualizadas y un medio flexible, apto para conducir con éxito los trabajos de cada una de las actividades de construcción de pavimentos.

Los instrumentos físicos están constituidos por el laboratorio de materiales y los equipos de medición, actuando en forma armonizada con el Supervisor. Se espera de éste, preparación técnica, experiencia de obra, sentido común y ecuanimidad.

### **1.19.3.- Etapas en el proceso constructivo**

Llamamos proceso constructivo al conjunto de actividades que secuencialmente permiten el desarrollo de una obra determinada hasta su total conclusión.

De esta manera, la construcción propiamente dicha es el producto de una serie de actividades las cuales pueden ser agrupadas en tres etapas fundamentales: concepción, ejecución y aplicación.

#### **Concepción:**

Esta etapa es la correspondiente a la concepción de la obra, en la que básicamente participan el propietario y el proyectista, el primero plantea las necesidades y requerimientos en tanto que el segundo las posibles soluciones.

**Ejecución.-**

Esta etapa corresponde a la construcción de la obra, en la que intervienen la selección de los materiales y la misma ejecución de la obra como actividades secuenciales.

**Aplicación.-**

Es la actividad en la que intervienen dos actividades que debieran ser simultáneas: el uso y el mantenimiento.

**1.19.4.- Requerimiento en el Proceso de Control de Calidad**

En obras viales una vez superada la necesidad de “Cantidad”, surge el interés por la “Calidad” de las mismas, hecho que deriva en un control más o menos organizado correspondiente al proceso constructivo.

Los elementos que se consideran importantes dentro de la ejecución del control de calidad (cuando no determinantes), son el factor humano y el procedimiento de muestreo.

Como punto de partida dos elementos fundamentales que no dejan de ser indispensables para la elaboración del “Control de Calidad” son el factor humano y las técnicas de muestreo.

**Factor Humano.-**

Las principales fallas en la construcción en general se deben al factor humano, que en el futuro deberá ser objeto de mayor atención, al tener una importancia capital en el resultado final del proceso constructivo.

**Muestreo.-**

El criterio de muestreo tradicional señala el muestreo como la toma de las partes “representativas” del conjunto, donde el muestreo lo realiza el inspector con determinada experiencia y criterio como para escoger la muestra que represente la calidad media del total del conjunto.

Las técnicas modernas del control de calidad establecen un muestreo aleatorio, que no es otra cosa que un procedimiento objetivo en el que una muestra es tomada al azar por cualquier persona sin que esta necesite una preparación para el efecto.

En el presente estudio se realizó el muestreo de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, obteniendo de este modo datos representativos de la zona en estudio.

**Tamaño de la muestra:** Se debe plantear una metodología para la obtención de datos, que debe ser adoptada de manera que el muestreo no sea excesivo a fin de evitar incrementos importantes que afecten la economía del proyecto y asimismo sea el suficiente como para orientar la toma de decisiones en el menor tiempo posible en la consiguiente aceptación o rechazo del lote.

#### **2.19.4.1.- TÉRMINOS ESTADÍSTICOS DE CONTROL DE CALIDAD**

Se enunciará de una manera simple y concreta los términos estadísticos a emplear en la elaboración del control de calidad propuesto.

**Medidas de Valor Central.-** La medida de valor central más representativa es “la media” y es el número más simple y más útil, asociado a un conjunto de datos. Se define como el promedio aritmético de todos los datos de la muestra; así para:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  que son todos los valores observados en una muestra de tamaño “n” obtenida de una población, X la media se determina por:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

**Medidas de Dispersión:** El concepto de dispersión de los datos está en correspondencia con la tendencia de éstos a extenderse alrededor de un valor medio, entre los elementos más empleados citamos a continuación:

**Varianza:** Es una medida de dispersión mucho más satisfactoria, se presenta como un concepto análogo al momento de inercia, debido a que relaciona el cuadrado de distancias desde un centro de gravedad (que no es otra cosa que la media). La expresión que la define es:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2$$

**Desviación Estándar:** La expresión matemática es análoga al radio de rotación de una sección estructural, y resulta ser la raíz cuadrada positiva de la varianza ( $\sigma^2$ ); tanto la varianza ( $\sigma^2$ ) como la desviación estándar ( $\sigma$ ) depende de la forma y no de la dimensión, así, la adición de una constante a todos los valores observados alteraría la media pero no la desviación estándar.

La desviación estándar ( $\sigma$ ) cuanto más pequeña es su magnitud, los datos se concentran más alrededor de la media, hecho que denota una mínima dispersión de los resultados.

La siguiente relación nos permite calcular la desviación estándar de una serie de datos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

**Errores:** Asociado al concepto de las medidas de dispersión se encuentra el concepto del “error” que está inmerso en toda medida experimental, siendo la determinación de su magnitud fundamental para evaluar la validez del valor medido.

La siguiente relación define el error en su valor absoluto determinado en la obtención de los resultados que comprende la variable  $X_1$ :

$$\delta X_1 = |X - X_1|$$

Donde  $X_1$  es el valor medido y  $X$  es el valor real generalmente desconocido; así la siguiente relación permite, a partir de una serie de medidas, estimar la magnitud del error de acuerdo con los valores extremos, que en la práctica estadística se constituyen en los límites superior e inferior.

**Cartas de Control:** El apunte gráfico de las pruebas de control tiene el propósito principal de mostrar las tendencias de los resultados (en unidades de variable u otras dimensiones), respecto a los valores límites especificados máximo y mínimo, los cuales representados por líneas, dividen el gráfico en dos áreas: el área de productos aceptables y el área de productos defectuosos.

Una carta de control incluye los “límites de control” superior e inferior, los cuales definen una banda con la inclusión de los límites especificados. El exigir que el producto se enmarque entre los “límites de control”, equivale a exigir una mayor precisión en el proceso de producción. Sin embargo el producto resultante entre las líneas de control y los límites de tolerancia especificados (área denominada de corrección).

Los límites de control superior e inferior deben ser calculados por los procedimientos estadísticos recomendados según el método de control adoptado de manera de no desvirtuar el proceso en sí, sin embargo, algunos autores adoptan la determinación de estos límites por medio de resultados previamente obtenidos en alguna experiencia anterior.

El principal propósito de la elaboración de cartas de control estadísticas es el diferenciar las variaciones de carácter sistemático (inevitables) del proceso en estudio, de aquellos de carácter accidental (que podrían evitarse). Esto permite determinar cuando el proceso está fuera de control y conlleva al planteamiento de medidas correctivas en algún punto del proceso de producción.

#### **1.19.5.- Niveles de control.-**

Una gran variedad de materiales y equipos influye en la calidad del producto final según características propias, de manera que algunos actúan en forma decisiva, mientras que otros cumplen una labor simplemente complementaria.

El nivel de control es el grado de control a ejercer sobre un determinado elemento de la producción en relación a su influencia con la calidad del resultado final.

Los niveles de control deberán adecuarse a los objetivos planteados para la ejecución de un determinado proyecto debiendo ser concordantes con lo especificado para la construcción de manera que sirvan de garantía para alcanzar el nivel de calidad esperado.

La esencia del control de calidad en pavimentos rígidos, es la utilización de los resultados y de pruebas en relación con las materias primas, la planta, el concreto

fresco y el concreto endurecido, con el objeto de mantener y regular la calidad de la producción de acuerdo con los requisitos especificados y en una forma económica.

#### **1.19.6.- Formas de control.-**

El control propiamente dicho y los niveles que debe alcanzar se circunscriben a dos formas de control, aunque diferentes pero complementarias entre sí.

- **El control de producción**

Es un control interno, llevado a cabo por la misma persona o entidad responsable, de una determinada actividad, está orientado bajo la premisa de optimizar los procedimientos de producción, así como verificar la eficacia de los materiales, para asegurar de esta manera el empleo de materiales aptos y mecanismos óptimos.

- **El control de recepción**

Es un control externo, llevado a cabo por una persona o institución (supervisión) que recibe el producto resultante de la actividad desarrollada por el contratista. Este control permite la aprobación o rechazo de las obras de acuerdo con las especificaciones establecidas.

Aplicado el control en cualquiera de sus formas, su eficacia es función directa del nivel de control que se emplee y básicamente depende de los siguientes aspectos:

- El grado de independencia entre el control y el proceso controlado.
- Frecuencia y extensión (intensidad y alcance), del control a efectuar.
- El criterio de aceptación y acciones a tomar en caso de no cumplimiento de los requisitos mínimos para una buena calidad.

Estos tres elementos permiten clasificar los niveles de control en tres: control reducido, control normal y control intenso.

- **Control reducido**

Es el nivel de control que se aplica sobre los elementos, cuya influencia en la calidad del producto final es mínima pese a ser su presencia imprescindible en el

proceso, por lo general estos elementos son intrínsecos a los ítems correspondientes o son simplemente de carácter contractual.

- **Control normal**

Este nivel de control es el que se aplica sobre aquellos elementos que son básicos para la elaboración del producto final, y tiene por objeto determinar si el material, equipo o procedimiento es aceptable para poder alcanzar la calidad deseada de acuerdo con los criterios y especificaciones previamente establecidas.

- **Control intenso**

Es el nivel de control a aplicar sobre elementos decisivos para la calidad del producto final y que permite clasificarlos en aceptables o rechazables para la producción propiamente dicha. Este control tiende a eliminar en grado extremo la falla del elemento construido, que de producirse constituye un elemento de alto riesgo para la seguridad y la vida humana, además de ocasionar pérdidas económicas de consideración.

### **1.19.7.- Nivel de Confianza**

Asociado al concepto de nivel de control se encuentra el nivel de confianza, que puede definirse como el factor que permite establecer el grado de riesgo a la probabilidad de acierto al que se somete el resultado final de un proceso productivo en su aceptación o rechazo.

Se presentan dos tipos de riesgo:

**Riesgo del productor:** Que está en directa relación con la probabilidad de rechazar un producto aceptable que cumpla con los requisitos establecidos por las especificaciones.

**Riesgo del receptor:** Que corresponde a la probabilidad de rechazar un producto inaceptable que no cumpla con los requisitos de producción.

El nivel de confianza estará definido por el factor de riesgo del receptor puesto que una alta probabilidad de rechazo aumenta la seguridad de que aceptarán solamente

productos de alta calidad, sin embargo deberá ser manejado criteriosamente debido a que podría determinar un incremento innecesario en los costos de producción.

La siguiente Tabla 11 presenta una relación entre los niveles de control descritos y los niveles de confianza a aplicar.

**TABLA 11**  
**RELACIÓN ENTRE LOS NIVELES DE CONTROL**  
**Y NIVELES DE CONFIANZA**

<b>NIVEL</b>	<b>REDUCIDO</b>	<b>NORMAL</b>	<b>INTENSO</b>
Grado de independencia entre control y proceso.	Independencia entre control y proceso, no es ningún requisito.	Puede existir interdependencia en algunos puntos del proceso.	Totalmente independiente a objeto de buscar un 100% en la calidad.
Frecuencia y extensión.	Los controles son esporádicos breves y por simple inspección.	Control sistemático, no permanente. Se cumple un plan de muestreos para analizar el producto.	El control es permanente y se aplica en todas las etapas y componentes del proceso.
Criterio de aceptación y acciones a seguir.	Verifica el cumplimiento de requerimientos contractuales. Instruir ejecución acorde con especificaciones y la “buena ejecución”.	Plantea tolerancias en función a lo especificado. Controlar puntos importantes para determinar fallas y corregirlas en su origen.	Se aplican las exigencias del proyecto con mayor rigidez. Exigir estricto cumplimiento a los requerimientos de calidad del proyecto.
Comentarios adicionales.	Es la forma de control más económica. No requiere de personal especializado.	Requiere personal relativamente preparado para el control.	Los costos de control son elevados al requerir equipo y personal altamente capacitados.
<b>Nivel de confianza</b>	<b>0.80 – 0.90</b>	<b>0.90 – 0.95</b>	<b>0.95 – 0.995</b>

#### **1.19.8.- Frecuencias de Control en la Ejecución.**

El control de ejecución de los trabajos se basa en un conjunto de tareas de control, las que se repiten con cierta frecuencia. Sin entrar en los detalles propios de cada

actividad o trabajos, las frecuencias con que se realizan estas tareas de inspección se pueden dividir en:

**a) Inspección Única.**

Ciertas actividades requieren una sola inspección en circunstancias normales. Por ejemplo, la revisión del equipo del contratista, cuando llega por primera vez al sitio, a menos que el equipo no funcione apropiadamente o que una unidad haya sido reemplazada, normalmente no hay necesidad de revisar otra vez.

**b) Inspección en Punto Crítico.**

Una inspección de punto crítico, es esencialmente la que se lleva a cabo sólo una vez y que debe ser realizada en un momento específico en la secuencia de ejecución, antes que se lleve a cabo la siguiente etapa de ésta. Un ejemplo es la inspección de moldes y disposición de barras de acero, antes del colado del concreto. En las especificaciones técnicas se indican algunas situaciones que, para continuar requieren de la aprobación del Supervisor. Es necesario que el contratista de aviso anticipado *para que el Supervisor proceda a efectuar la inspección del punto crítico; la falta de aviso puede considerarse como una infracción seria de las especificaciones, por parte del contratista.*

**c) Inspecciones Intermitentes del Sitio.**

Muchas de las actividades pueden ser inspeccionadas y controladas adecuadamente a través de inspecciones casuales o regulares de los sitios donde se realizan, a medida que avanza el trabajo.

**d) Control Continuo.**

Debido a su naturaleza inherente, crítica o variable, algunas operaciones requieren la presencia plena del Supervisor. La colocación del concreto por ejemplo en la cual, la inspección permanente es justificada.

## **METODOLOGÍA DE UNA AUDITORÍA TÉCNICA A UNA OBRA VIAL**

### **2.1.- ASPECTOS GENERALES.-**

El Dr. Marco Idrobo Arciniegas en su libro “La Contratación Administrativa”, comenta sobre temas relacionados con la fiscalización de obras en los siguientes capítulos:

En el capítulo IX “La etapa de Ejecución de los Contratos Administrativos”, sección II “Principales Derechos y Obligaciones del Sector Público”, Art. 172 “Derecho a la Fiscalización y Control”, dice: “Entre las facultades propias del Estado y las entidades del sector público, se encuentra la de fiscalizar y controlar la ejecución de los contratos administrativos”.

“Esta fiscalización y control se ejerce en todos los contratos para verificar cantidades, calidades, plazos, medidas y, en fin, el cumplimiento de las condiciones estipuladas”.

“Especialmente en las obras públicas, se aplica una fiscalización permanente a lo largo de su ejecución, ya que a más de ser una facultad es una obligación de las entidades públicas contratantes”.

En el capítulo VIII “Las Cláusulas Contractuales”, en el Art. 151 “Supervisión de Obras”, manifiesta: “En los Contratos de obras se hará constar una cláusula relativa a la supervisión obligatoria y permanente de la entidad pública contratante, en la etapa de ejecución, a fin de asegurar el cumplimiento estricto de las bases, especificaciones, planos y diseños..

En la Ley de Contratación Pública, la misma que se encuentra publicada dispone que la Contraloría General del Estado reglamentará el enunciado y el alcance de las etapas de los procesos de ejecución de obras o prestación de servicios públicos:

La Contraloría General del Estado aprobó las Normas Técnicas de Control Interno de Construcciones en proceso que es necesario armonizar y actualizar las diferentes regulaciones normativas en materia de planificación, ejecución y control de obras públicas.

## **2.2.- ETAPAS DE LA AUDITORÍA.-**

Las etapas por las que debe seguir un proceso de auditoría técnica en una obra vial son las siguientes:

### **2.2.1.- FISCALIZACIÓN.-**

Dependiendo de la magnitud y complejidad del proyecto, para la etapa de construcción la entidad contratante, deberá establecer la supervisión obligatoria y permanente, con el objeto de asegurar el cumplimiento del diseño y especificaciones, tanto en las obras contratadas como en las que ejecuten por administración directa.

Los objetivos más importantes de la labor fiscalizadora, son los siguientes:

- a) Vigilar y responsabilizarse por el fiel y estricto cumplimiento de las cláusulas del contrato de construcción, a fin de que el proyecto se ejecute de acuerdo a sus diseños definitivos, especificaciones técnicas, programas de trabajo, recomendaciones de los diseñadores y normas técnicas aplicables.
- b) Detectar oportunamente errores y/u omisiones de los diseñadores así como imprevisiones técnicas que requieran de acciones correctivas e inmediatas que conjuren la situación.
- c) Garantizar la buena calidad de los trabajos ejecutados.
- d) Conseguir de manera oportuna se den soluciones técnicas a problemas surgidos durante la ejecución del contrato.
- e) Obtener que el equipo y personal técnico de las constructoras sea idóneo y suficiente para la obra.
- f) Obtener información estadística sobre personal, materiales, equipos, condiciones climáticas, tiempo trabajado, etc. del proyecto.
- g) Conseguir que los ejecutivos de la entidad contratante se mantengan oportunamente informados del avance de obra y problemas surgidos en la ejecución del proyecto.

Para que los **objetivos** puedan cumplirse dentro de los plazos acordados y con los costos programados, a la fiscalización se le asigna, entre otras, las siguientes funciones, dependiendo del tipo de obra, magnitud y complejidad del proyecto.

- a) Revisión de los parámetros fundamentales utilizados para los diseños contratados y elaboración o aprobación de “planos para construcción”, de ser necesarios
- b) Evaluación periódica del grado de cumplimiento de los programas de trabajo.
- c) Revisión y actualización de los programas y cronogramas por el contratista.
- d) Ubicar en el terreno todas las referencias necesarias, para la correcta ejecución del proyecto.
- e) Sugerir durante el proceso constructivo la adopción de las medidas correctivas y/o soluciones técnicas que estime necesarias en el diseño y construcción de las obras, inclusive aquellas referidas a métodos constructivos.
- f) Medir las cantidades de las obras ejecutadas y con ellas elaborar, verificar y certificar la exactitud de las planillas de pago, incluyendo la aplicación de las fórmulas de reajuste de precios.
- g) Examinar cuidadosamente los materiales a emplear y controlar su buena calidad y la de los rubros de trabajo, a través de ensayos de laboratorio que deberá ejecutarse directamente o bajo la supervisión de su personal.
- h) Resolver las dudas que surgieren en la interpretación de los planos, especificaciones, detalles constructivos y sobre cualquier asunto técnico relativo al proyecto.
- i) Preparar periódicamente, los informes de fiscalización dirigidos al contratante, que contendrán por lo menos la siguiente información:
  - Análisis del estado del proyecto en ejecución, atendiendo a los aspectos económicos, financieros y de avance de la obra.
  - Cálculo de cantidades de obra y determinación de volúmenes acumulados

- Informes de los resultados de los ensayos de laboratorio, y comentarios al respecto.
  - Análisis y opinión sobre la calidad y cantidad del equipo dispuesto en obra.
  - Análisis del personal técnico del contratante.
  - Informe estadístico sobre las condiciones climáticas en la zona del proyecto.
  - Referencia de las comunicaciones cursadas con el contratista
  - Otros aspectos importantes del proyecto.
- j) Calificar al personal técnico de los constructores y recomendar reemplazo del personal que no satisfaga los requerimientos necesarios.
  - k) Comprobar periódicamente que los equipos sean los mínimos requeridos contractualmente y se encuentren en buenas condiciones de uso.
  - l) Anotar en el libro de obra las observaciones, instrucciones o comentarios que a su criterio deben ser considerados por el contratista para el mejor desarrollo de la obra. Aquellos que tengan especial importancia se consignará adicionalmente por oficio regular.
  - m) Verificar que el contratista disponga de todos los diseños, especificaciones, programas, licencias y demás documentos contractuales.
  - n) Coordinar con el contratista, en representación del contratante, las actividades más importantes del proceso constructivo.
  - o) Participación como observador en las recepciones provisionales y definitivas informando sobre la calidad y cantidad de los trabajos ejecutados; la legalidad y exactitud de los pagos realizados.
  - p) Revisar las técnicas y métodos constructivos propuestos por el contratista y sugerir las modificaciones que estime permanentes, de ser el caso
  - q) Registrar en los planos de construcción todos los cambios introducidos durante la construcción para obtener los planos finales de la obra ejecutada.

- r) En proyectos de importancia preparar memorias técnicas sobre los procedimientos y métodos empleados en la construcción de las obras.
- s) Expedir certificados de aceptabilidad de equipos, materiales y obras o parte de ellas.
- t) Exigir al contratista el cumplimiento de las leyes laborales y reglamentos de seguridad industrial.

### **2.2.2.- LIBRO DE OBRA.-**

El libro de obra es una memoria de construcción, que debe contener una reseña cronológica y descriptiva de la marcha progresiva de los trabajos y sus pormenores, sirve para controlar la ejecución de la obra y para facilitar la supervisión de la misma.

La unidad administrativa responsable de la construcción deberá mantener permanentemente en el sitio de la obra y bajo custodia inmediata del fiscalizador, un libro debidamente autorizado, empastado y pre numerado, en el que se anoten las instrucciones que el supervisor o fiscalizador emitan al contratista sobre la ejecución de los trabajos.

El contratista anotará en cada caso que se da por enterado de las instrucciones recibidas, y podrá usar el mismo Libro para hacer las observaciones y consultas que estime necesarias y de las que se dará por enterado el supervisor.

Los asientos efectuados en el Libro de Obra se consideran conocidos por ambas partes y las instrucciones de fiscalización serán obligatorias.

### **2.2.3.- COMPILACIÓN DE DOCUMENTOS.-**

Los documentos técnicos de todas las fases del proyecto, así como los que resulten de la etapa de terminación de la construcción serán archivados por la institución ejecutora.

Se efectuará esta recopilación, para conservar los documentos como fuente de información estadística e histórica, como soporte técnico para el mantenimiento del proyecto y de los nuevos proyectos de remodelación, ampliación y construcciones nuevas.

#### **2.2.4.- REGISTRO DE COSTOS.-**

Para todas las etapas de un proyecto se mantendrán registros contables, que permitan la identificación de costos de cada una de ellas y de la obra en general.

Tanto para la obra pública que se convierte en activo fijo de la entidad como para aquella que no llegue a tener tal carácter, se seguirá el tenor que las normas de contabilidad establecen para su registro.

#### **2.3.- PROCESO METODOLÓGICO DE LA AUDITORIA TÉCNICA**

Para ello es esencial que se lleve a cabo, por parte de los entes estatales, un control estricto de la calidad de los trabajos, que asegure que esto se logre.

La calidad de las obras viales se comprobaba en el pasado mediante la gestión de ingenieros experimentados, asignados por el propio Gobierno dentro de su personal fijo, asistidos eficazmente por técnicos competentes de grado medio, con el concurso de otros profesionales especializados en diferentes campos del ente contratante.

La capacidad instalada de los laboratorios de materiales oficiales era suficiente para controlar el desarrollo de los proyectos y sus disposiciones para el aseguramiento de la calidad eran respetadas y aplicadas efectivamente por los contratistas, quienes no solían llevar a cabo ningún control y aceptaban el que efectuaba el organismo contratante.

Al aumentar la magnitud y el número de las obras, así como el ritmo de su ejecución, y al disminuirse la disponibilidad del personal técnico fijo para supervisar los proyectos, los entes contratantes emplearon ingenieros y consultores por obra determinada para solventar esta carencia, lo que pensó resolvería el asunto. Este sistema planteó algunos dilemas nuevos, principalmente cómo “controlar a los controladores” y manejar la copiosa información suministrada por ellos, con los reducidos medios con que cuenta la Administración.

Hace algún tiempo se implantó en nuestro país una nueva modalidad, el denominado “autocontrol”, que obliga al Contratista a ejercer acciones específicas para asegurar la calidad. Se exige a éste un plan de autocontrol, cuyos resultados se ponen a

disposición de la Administración y cuyo costo debe ser tenido en cuenta a licitar. La necesidad de “controlar al controlador” se hace aquí más perentoria.

Este procedimiento obliga a la Administración a designar ingenieros y consultores para supervisar la organización y funcionamiento del sistema de autocontrol del contratista y corroborarlo, a efecto de garantizar el cumplimiento contractual y las condiciones de aceptabilidad de la obra realizada.

Asimismo, para llevar a cabo las estimulaciones de la obra ejecutada a efecto de avalar su pago, así como para velar por el aseguramiento de la calidad de los materiales y procesos utilizados y vigilar el acatamiento del programa de trabajo y demás exigencias contractuales.

Para lograr estandarizar las exigencias de la inspección en todos los proyectos, y mantener un control permanente sobre los responsables del control de la ejecución de las obras en proceso, es esencial la **FIGURA AUDITORA**, que dé apoyo consistente y actúe preventivamente ante los problemas técnicos y administrativos de las obras en marcha.

Cuando se implanta el autocontrol de calidad, una de las tareas más importantes es vigilar la manera en que este se lleva a cabo. La auditoría técnica es esencial para darle seguimiento al proceso de control y para efectos de comprobar los resultados.

La auditoría determina si el sistema de control de calidad está funcionando bien, permitiendo, además, tomar medidas preventivas oportunamente para evitar que se produzca fallas en la obra, razón de ser del sistema de control de calidad.

Se debe establecer un programa de supervisión auditora del verificador incluida por el Contratista en su plan de autocontrol; especialmente en cuanto a:

- Adecuación de los equipos de ensayo empleados en el autocontrol.
- Criterios de muestreo y control estadístico a aplicar en los ensayos (plan de muestreo).
- Cumplimiento de la presencia en la obra de los Medios ofertados (equipo, materiales y personal).

- Registro y manejo de los datos de proyecto.
- Manejo de la Seguridad y Control del tránsito.

La inspección de la calidad se centra en los resultados.

El aseguramiento de la calidad y la gestión de calidad total se centran en los procesos. Estos enfoques no son excluyentes, sino más bien complementarios. En un sistema de calidad satisfactorio, por lo general se dan conjuntamente la inspección de la calidad, al aseguramiento de la calidad y la gestión de calidad total. Los objetivos por lo que deben lucharse son: prevenir defectos antes de que se presenten y mejorar el proceso para que no haya fallas. El sistema de calidad debe centrarse más en la prevención que en la evaluación a posterior. La norma debe ser “cero defectos” y “hágalo bien a la primera vez”. La prevención supone una clara comprensión del proceso, la identificación y el control de las áreas problemáticas, lo que genera un mejoramiento continuo.

Previo a comentar aspectos específicos, estimo conveniente establecer algunos principios básicos:

- § La calidad ni es un costo, ni es capricho de técnicos académicos. La calidad es un “negocio” en el que todas las partes ganan. Esta aseveración está ampliamente fundamentada y demostrada, especialmente, por el éxito que han alcanzado todos aquellos países que fundamentan sus estrategias de desarrollo( empresarial, sectorial o nacional) en el concepto de calidad total.
- § La calidad de los procesos no se da por “generación espontánea “, sino que es el resultado de la aplicación de una tecnología específica (gestión de la calidad), que se incorpora desde la etapa de diseño de los procesos productivos; y es función de los estándares de calidad, o especificaciones técnicas, que deben cumplir los productos, en sus diferentes etapas de producción y como producto terminado.

- § La calidad se diseña, se pone en ejecución, se monitorea, y se somete a evaluación y a procesos de auditoría, porque es un factor determinante para alcanzar el éxito en los procesos de producción.
- § Cuando se suscribe un contrato de obra, el precio pactado responde a un determinado nivel para calidad de cada ítem de pago. Así, por ejemplo, los pliegos de especificaciones técnicas exigen, para la mezcla asfáltica a ser producida por un contratista, un material de primera calidad, y es precisamente en ese nivel de calidad y marco de especificaciones, donde se ofertan los precios. Por lo tanto, este modelo de contratación tiene implícito el concepto de pago de obra ejecutada en función de la calidad.
- § Cuando el pago de un ítem de obra se hace al precio pactado en el contrato, pero sin tomar en cuenta el nivel de calidad del trabajo ejecutado, no es necesario, ni tiene sentido, implementar un sistema de calidad, pues el precio es el mismo, independientemente de la calidad del trabajo realizado.

Obviamente, bajo este esquema no se puede esperar calidad ni buen desempeño de los proyectos.

- § Específicamente en el campo de la pavimentación para garantizar la calidad de las obras, se requiere hacer correctamente INGENIERÍA DE CALIDAD, lo que implica mantener todas las etapas del proceso bajo estricto control. Para alcanzar estas metas de excelencia se requiere:

Que dentro del organigrama de la empresa exista una unidad especializada, con suficiente autonomía y autoridad, responsable exclusivamente por la calidad, y que rinda cuentas directamente al más alto nivel gerencial.

Que en el más alto nivel gerencial de la empresa exista la determinación de producir con calidad. El logro de esta meta lleva implícita la exigencia de calidad en todos los niveles y etapas del proceso (calidad total). Dicho de otro modo, si la “cabeza” no está comprometida con la calidad, todos los esfuerzos que se hagan por alcanzar la excelencia se irán desvaneciendo paulatinamente.

Que el responsable por la calidad sea un profesional especializado y competente; y no se le deben atribuir funciones de mercadeo o producción, porque se convierte en juez y parte (conflicto de intereses).

Que la gestión de la calidad se ejecute bajo el concepto de calidad total, de modo que todas las etapas del proceso estén bajo un riguroso control; lo cual implica, en el caso de la mezcla asfáltica, tener en cuenta los siguientes aspectos:

- § Control geológico- geotécnico detallado y permanente de las fuentes de materiales (espesor de capas, buzamientos, propiedades físico- mecánicas, etc.). Esta es una condición necesaria para adecuar y tener bajo control la producción de agregados.
- § Control permanente de la uniformidad (o dispersión) de los parámetros básicos de la calidad de los agregados que producen diariamente los quebradores (tamaño, caras fracturadas, granulometría, absorción, etc.). Este control es básico para poder construir apilamientos homogéneos, posteriormente.
- § Tener un manejo totalmente controlado de los agregados, desde el apilamiento hasta el quemador de la planta, humedad, segregación, número de tolvas, sensores de velocidad y peso, etc.
- § Mantener un absoluto control de funcionamiento del quemador, el tiempo de mezclado y la temperatura de mezclado (tipo de bunquer, inyectores, presión, humedad de los agregados, etc.).
- § Verificar constantemente el grado de uniformidad del proceso de producción, mediante ensayos rutinarios: granulometría, contenido de asfalto, parámetros Marshall, durabilidad, etc.
- § Determinar constantemente, la variación del asfalto efectivo de la mezcla, especialmente en el caso de utilizar ciclos de almacenamiento y/o agregados porosos. Las propiedades Marshall de la mezcla podrían variar y esto haría que se pierda el control del proceso de compactación.

- § Controlar el proceso de despacho y transporte (censores de peso, limpieza de las vagonetas, estado del tiempo, tiempo de espera, etc.).
- § Controlar la temperatura de colocación y evitar la segregación de la mezcla (el clima, el espesor de capa y los tiempos de acarreo o de espera pueden afectar la temperatura de la mezcla).
- § Realizar un proceso de compactación totalmente controlado: temperatura de la mezcla, velocidad de avance de la pavimentación, control de espesor, número de pasadas, uniformidad del acabado superficial, funcionamiento del equipo (peso, frecuencia, agua del rodillo, secuencia del proceso, traslapes, giros, etc.)
- § Medición permanente de la densidad de compactación, del acabado superficial (IRI) y de la textura del pavimento.
- § Es absolutamente indispensable, para asegurar la calidad, que el laboratorio a cargo de ejecutar los ensayos, tenga su propio sistema de “aseguramiento de la calidad de ensayos”. Este control interno del laboratorio incluye la calibración permanente de todos los equipos, la evaluación sistemática de los procedimientos (normas) de ensayo y la evaluación de los técnicos. La acreditación es un “recurso” que ayuda al logro de esa meta.

Si una de las etapas del proceso se sale de control, será condición suficiente para obtener un producto final de mala calidad, o, al menos, de una calidad que no corresponde con lo establecido en el contrato.

En materia de gestión de calidad, las reglas de juego son muy claras, si los procesos están bien diseñados y los controles (referidos a la calidad) son los adecuados, el producto final será **LO QUE SE QUIERE QUE SEA**.

En la práctica, la calidad total y el aseguramiento de la calidad se hacen efectivos, en el momento que la Administración **EXIGE CALIDAD**, y el mecanismo más práctico consiste en poner en ejecución procedimientos de pago en función de la calidad, con el debido soporte técnico y estadístico que esto requiere.

## **APLICACIÓN PRÁCTICA DE UNA AUDITORÍA TÉCNICA A UNA ACTIVIDAD DE UNA OBRA VIAL**

### **3.1.- UBICACIÓN DEL TRAMO DE ESTUDIO.-**

El Diseño del Tramo Asfaltado Campo Pajoso – Caraparí, fue elaborado sobre la base del Manual y Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (S.N.C, 1990) de manera que ofrezca condiciones de seguridad, comodidad y economía a los usuarios. El Tramo Campo Pajoso – Caraparí, con una longitud aproximada de 20.13 km, se inicia 12 km al norte de la ciudad de Yacuiba, en la localidad de Campo Pajoso, y termina en la población de Caraparí.

<b>TRAMO EN ESTUDIO</b>	<b>PROGRESIVAS</b>
Campo Pajoso – Caraparí	De 0+000 a 2+000

### **3.2.- CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO DE ESTUDIO.-**

Las zonas que atraviesa la carretera son en general de topografía montañosa, con presencia de serranías de dirección norte-sur. El eje del diseño atraviesa los valles existentes entre dichas serranías.

Como resultado de lo indicado, una gran parte del trazado se encuentra en terreno plano, ondulado y montañoso. El detalle de sectores topográficos es el siguiente:

	<b>TRAMO</b>	<b>TOPOGRAFÍA</b>
Campo Pajoso – Caraparí	Plana	De 0+000 a 2+400
	Ondulada	De 2+400 a 5+260
		De 17+000 a 20+000
	Montañosa	De 5+260 a 17+000

El Tramo Asfaltado Campo Pajoso – Caraparí, de acuerdo a nomenclatura adoptada por el SE.DE.CA, corresponde a la Ruta Fundamental F29 de la Red Vial del Departamento de Tarija; es una vía de vinculación entre dos corredores de exportación constituidos por las Rutas Fundamentales F9 (Corredor Internacional Santa Cruz – Buenos Aires), y la Ruta F1 (Corredor Internacional Desaguadero – La

Paz – Oruro – Potosí – Tarija – Bermejo), a través de otro corredor internacional transversal a los dos primeros (Hito Br-94 – Villamontes – Tarija – Iquique).

La categoría asignada corresponde a la **Categoría II**. Esta conclusión fue establecida con los resultados del Estudio de Tráfico Vehicular, realizado en noviembre de 2001 mediante aforos complementados con encuestas de origen y destino, que proporcionaron los datos necesarios para realizar las proyecciones del crecimiento del tráfico vehicular.

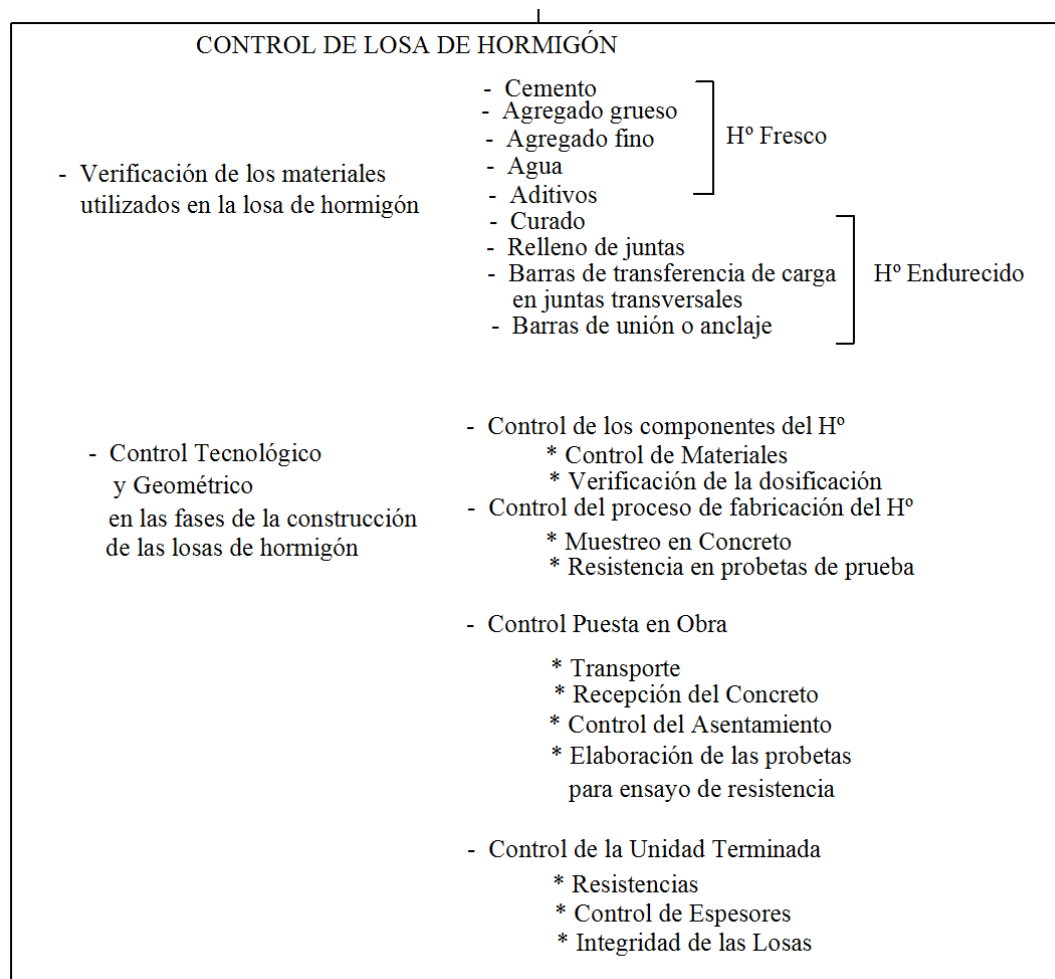
Los datos de base estadística para las proyecciones fueron obtenidos de la Estadística Vial 1998, publicada por el S.N.C., y de planillas de aforo vehicular realizadas por el SEDECA para los años 1997 y 1998.

### **3.3.- CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD AUDITADA.-**

A continuación se la organización para el control de calidad de la actividad auditada que es el pavimento rígido de la obra, la cual está orientada a establecer el control tecnológico y geométrico propuesto para el control de calidad en la ejecución de un pavimento rígido de alto rendimiento. Cabe aclarar que la aplicación se efectúa sobre datos reales realizados en cada uno de los ítems del Proyecto Carretera Campo Pajoso – Caraparí Km 0+000 a 2+000.

**TABLA 12**  
**ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD AUDITADA EN EL**  
**CONTROL DE CALIDAD**

<b>CONTROL DE CAPA SUB-BASE</b>	
- Verificación del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límite líquido</li> <li>- Índice plástico</li> <li>- CBR</li> <li>- Finos que pasa malla N° 200</li> <li>- Tamaño máx. de agregado</li> </ul>
- Control Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulometría</li> <li>- Densidad Max. y Humedad Óptima</li> <li>- Compactación</li> </ul>
- Control Geométrico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costas de nivel capa subrasante</li> <li>- Terminado de superficie</li> </ul>



### 3.3.1.-CONTROL DE ACTIVIDAD AUDITADA PAVIMENTO. -

#### A) CONTROL CAPA SUB BASE EN EL TRAMO.-

El control de calidad de la capa sub-base de agregados fue objeto de una serie de análisis conjuntos con el fin de llegar a establecer un control adecuado al avance de la obra, de manera que satisfaga los requerimientos establecidos por las especificaciones.

El material dispuesto sobre la capa subrasante para la conformación de la capa sub-base fue del banco de Km 13+000. Luego de realizar los ensayos correspondientes de granulometría y límites de Atterberg se pudo afirmar que el material cumple con las especificaciones. El resumen de los resultados obtenidos de este material se encuentra en la tabla siguiente:

## **B) CONTROL DE GRANULOMETRÍA DE LA SUB BASE**

La granulometría empleada para la conformación de la capa sub-base corresponde al Tipo “B”. Los materiales a ser empleados en la sub-base la cual deberá presentar un índice de soporte de California (CBR) igual o mayor a 30%.

Para la determinación de la aceptación o rechazo de los materiales, se tiene:

- Nivel de control                      Normal
- Nivel de confianza                    95%
- Número de muestras                24

Las especificaciones que debe cumplir el material, para realizar este acometido procede de la experimentación, que consiste en tomar muestras al azar del material producido cada 100 metros lineales en plataforma y determinar la correspondiente granulometría.

Los valores procesados son tabulados en los formularios correspondientes del resumen tecnológico de materiales para capa sub-base.

Obtenidos los límites estadísticos de control se observa que el valor medio de la Granulometría del lote analizado está comprendido entre en el intervalo estimado, por lo tanto la aprobación se justifica.

## **C) CONTROL DE DENSIDADES DE COMPACTACIÓN.-**

El control de compactación de esta capa resulta ser el que finalmente establece la regularidad de la ejecución de la capa sub-base.

Manteniendo el nivel de control normal y el nivel de confianza 95% se procede a la obtención de muestras de densidad mediante el procedimiento del cono de arena, en lugares determinados por las especificaciones técnicas del proyecto. El número de densidades obtenidas en campo fueron 24 tratándose de datos obtenidos en forma alternada cada 100 metros lineales, lado izquierdo, derecho y eje.

Obtenido el grado de compactación de las muestras del tramo en estudio, se compara

con el porcentaje de control mínimo especificado 95%, respecto a la densidad máxima obtenida en laboratorio y según el resultado se aprueba o rechaza el lote en estudio.

#### **VER TABLAS Y GRÁFICOS DE LOS ANEXOS: I, II, III, IV Y V**

##### **D) CONTROL GEOMÉTRICO DE CAPA SUB BASE.-**

El control geométrico de la capa sub-base está basado en las tolerancias admisibles de diferencias de acabado de las capas que conforman el pavimento. El procedimiento práctico de los datos recabados en campo para la primera etapa se encuentra tabulado.

#### **VER TABLAS DEL ANEXO VI**

##### **E) CONTROL LOSA DE HORMIGÓN EN EL TRAMO.-**

Para completar la aplicación del “Procedimiento de control de calidad” se procedió al control de la conformación de la losa de hormigón. El análisis en todo su conjunto es uno de los aspectos que se debe tener muy en cuenta, tanto en su composición granulométrica como en la mezcla ya elaborada, debido a que esta actividad constituye la fisonomía de la calle y su buena ejecución garantizará su durabilidad en el tiempo.

El nivel de control para esta actividad se definió como normal con un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que la producción del hormigón es ejecutada en una planta de dosificación continua que permite relativa uniformidad en la granulometría del agregado y el cemento de acuerdo con la dosificación aplicada.

##### **F) CONTROL DEL ASENTAMIENTO.-**

El valor del asentamiento fue determinado en obra efectuado en el momento del vaciado del hormigón. Los resultados obtenidos de cada camión distribuidor se indican a continuación:

##### **G) CONTROL DE RESISTENCIAS.-**

El control de resistencias de probetas a compresión se realizaron en obra, en el momento de descarga del mixer se tomaron una o dos probetas de control de acuerdo al siguiente detalle.

## **H) CONTROL DE ESPESORES.-**

El control de espesores para la losa de hormigón consistió en medir la altura de las losas de acuerdo al siguiente detalle.

**VER TABLAS DE LOS ANEXOS: VII, VIII, IX, X Y XI**

### **3.3.2.- CONTROL DEL EQUIPO**

#### **3.3.2.1.- EQUIPO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAPAS DEL PAVIMENTO**

La construcción de las capas de pavimento esta orientado a establecer la base sobre la que se colocará la losa del pavimento rígido, estas capas son la subrasante y la capa sub base.

La capa subrasante tiene en su ejecución las siguientes etapas:

- Conformación de la subrasante
- Compactación de la subrasante
- Conformación de la Sub base
- Compactación de la Sub base

Para la conformación y compactación de las capas subrasante y sub base se requiere el siguiente equipo:

- Motoniveladora
- Carro Aguatero
- Compactador vibratorio

El control de calidad de la ejecución de estas actividades en base al equipo disponible es el siguiente:

- a) La motoniveladora en el proceso de conformación de la subrasante debe realizar por lo menos 4 maniobras en la plataforma de manera que consigan la conformación adecuada y en la sección de diseño en este proceso se deben conseguir dos aspectos fundamentales la geometría de la sección transversal y la

homogeneidad de la mezcla, la cantidad de maniobras y el tiempo estarán por encima de otros factores ya que de ello depende la calidad del pavimento.



**ILUSTRACIÓN 1 MOTONIVELADORA**

- b) El carro aguatero está comprometido a otorgar al material de la subrasante la humedad necesaria para llegar a la humedad óptima en este afán se deben realizar el número de pasadas necesarias para alcanzar la humedad en todo el ancho de la plataforma.



**ILUSTRACIÓN 2 CARRO AGUATERO**

- c) El compactador es el encargado de darle la densidad requerida al material de la subrasante para ello tendrá que utilizar el número de pasadas necesarios de manera que se logre el grado de compactación requerido.



**ILUSTRACIÓN 3 COMPACTADOR**



**ILUSTRACIÓN 4 COMPACTADOR**

### **3.3.2.2.- EQUIPO PARA CONSTRUCCIÓN LOSA DE HORMIGÓN**

En la construcción de la losa de hormigón considerando un alto rendimiento está orientado a la ejecución de la losa con una Pavimentadora de hormigón especialmente diseñado para ese trabajo, sin embargo la ejecución de la losa tiene un proceso secuencial que requiere mucho cuidado y control de cada uno de los pasos de ejecución para finalmente lograr como resultado un pavimento rígido de alta calidad.

El equipo y herramienta que se utiliza esta en relación con las diferentes actividades que se realizan para cumplir con el objetivo de construir la losa del pavimento rígido.

Las actividades en una forma secuencial son las siguientes:

#### **ILUSTRACIÓN 5**

#### **PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES**



**ILUSTRACIÓN 6**  
**PREPARACIÓN DEL HORMIGÓN EN PLANTA**



**ILUSTRACIÓN 7**  
**PUESTA A PUNTO DE LA PAVIMENTADORA DE HORMIGÓN**



**ILUSTRACIÓN 8**  
**ILUSTRACIÓN DE FORMALETAS Y CANASTILLOS**  
**CON PASA JUNTAS TRANSVERSALES**



**- ILUSTRACIÓN 9 PREPARADO DE LAS GUÍAS**

**ILUSTRACIÓN 10**  
**VACIADO Y EXTENDIDO DEL HORMIGÓN**

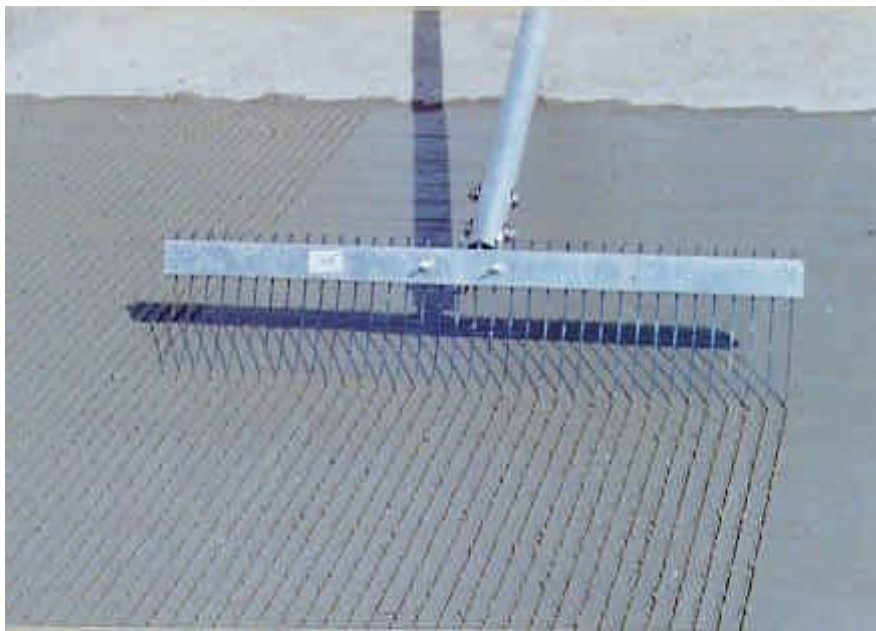


**ILUSTRACIÓN 11**  
**TERMINADO DE LA LOSA DE HORMIGÓN**





**ILUSTRACIÓN 12**  
**TEXTURIZADO DE LA LOSA DE HORMIGÓN**



**ILUSTRACIÓN 13**  
**CURADO DE LA LOSA DE HORMIGÓN**



**ILUSTRACIÓN 14**  
**ASERRADO DE JUNTAS**





**- ILUSTRACIÓN 15**  
**SELLADO DE JUNTAS**



### **3.4.- INFORMES DE AUDITORÍA**

#### **3.4.1.- PROCESO DE LA AUDITORÍA TÉCNICA A LA ACTIVIDAD.-**

El proceso de auditoría técnica en la actividad de Pavimento Rígido del Tramo Campo Pajoso – Caraparí en las progresivas 0+000 y 2+000 tiene los siguientes componentes de análisis:

#### **3.4.2.- COMPONENTE DISEÑO.-**

Se establece en forma detallada, el diseño del proyecto definitivo, que permitió realizar la construcción del proyecto.

El diseño debe contener la siguiente información:

1. Estudios y cálculos;
2. Memorias descriptivas;
3. Planos constructivos;
4. Especificaciones técnicas;
5. Análisis de precios unitarios;
6. Presupuestos por rubros y global;
7. Programas de trabajo;
8. Plazos de construcción; y,
9. Recomendación de la ampliación y actualización del financiamiento, de ser necesario.

**“SE VERIFICA PARA EL TRAMO Y LA ACTIVIDAD AUDITADA QUE SE  
CONTIENE LA INFORMACIÓN REQUERIDA”**

#### **3.4.3.- MODALIDAD DE EJECUCIÓN.-**

En esta etapa, la institución a partir de la decisión de la forma en que se realizará la construcción del proyecto si es por administración directa o por contrato, basándose en el análisis del ámbito de actividades de la entidad, de su capacidad técnica y

administrativa, en la disponibilidad de recursos humanos y materiales, así como en el estudio del factor costo-beneficio de estas dos alternativas. Para nuestro caso la decisión fue por contrato adjudicando la obra al Consorcio Vial del Mercosur por un monto de 17.640.000 \$us en un plazo de 1080 días calendario.

#### **3.4.4.- CONSTRUCCIÓN.-**

Comprende la ejecución de la obra material y debe dividirse en sub. etapas valoradas, de acuerdo con la naturaleza del proyecto. La iniciación de esta etapa supone, necesariamente, la existencia de las disponibilidades financieras para la construcción.

La institución deberá verificar los siguientes aspectos:

- Que exista el financiamiento que garantice la ejecución de la obra y provea el normal flujo de fondos;
- Que el proyecto se ejecute en conformidad con los documentos del diseño;
- Que los trabajos se cumplan de acuerdo con los cronogramas y previsiones de costo y gasto;
- Que se presenten y estudien, en forma regular y suficiente, los informes de avance de la obra;
- Que se determinen las causas y, de ser el caso, las responsabilidades en las desviaciones del programa; y,
- Que los recursos humanos y materiales de la entidad, se utilicen adecuadamente.

En caso de obras contratadas, los pagos se harán por valores equivalentes a la obra realizada, excepción hecha del anticipo concedido, que debe ser amortizado en el curso de la ejecución.

Para la elaboración de la planilla, la institución pública debe verificar el avance de la obra.

De acuerdo a los documentos que muestran el proceso de construcción seguido se verifica que a través de la Supervisión Empresa Consultora PCA-MTCB Asociadas se informo mensualmente de las actividades realizadas en la construcción y su correspondiente certificación.

### 3.4.5.- FISCALIZACIÓN.-

Dependiendo de la magnitud y complejidad del proyecto, para la etapa de construcción la entidad contratante, deberá establecer la supervisión obligatoria y permanente, con el objeto de asegurar el cumplimiento del diseño y especificaciones, tanto en las obras contratadas como en las que ejecuten por administración directa.

Los objetivos más importantes de la labor fiscalizadora, son los siguientes:

- a) Vigilar y responsabilizarse por el fiel y estricto cumplimiento de las cláusulas del contrato de construcción, a fin de que el proyecto se ejecute de acuerdo a sus diseños definitivos, especificaciones técnicas, programas de trabajo, recomendaciones de los diseñadores y normas técnicas aplicables.
- b) Detectar oportunamente errores y/u omisiones de los diseñadores así como imprevisiones técnicas que requieran de acciones correctivas e inmediatas que conjuren la situación.
- c) Garantizar la buena calidad de los trabajos ejecutados.
- d) Conseguir de manera oportuna se den soluciones técnicas a problemas surgidos durante la ejecución del contrato.
- e) Obtener que el equipo y personal técnico de las constructoras sea idóneo y suficiente para la obra.
- f) Obtener información estadística sobre personal, materiales, equipos, condiciones climáticas, tiempo trabajado, etc. del proyecto.
- g) Conseguir que los ejecutivos de la entidad contratante se mantengan oportunamente informados del avance de obra y problemas surgidos en la ejecución del proyecto.

Para que los **objetivos** se cumplan dentro de los plazos acordados y con los costos programados, se valoró el cumplimiento de la fiscalización en cada una de sus funciones:

- a) Revisión de los parámetros fundamentales utilizados para los diseños contratados y elaboración o aprobación de “planos para construcción”, de ser necesarios

LABOR CUMPLIDA

- b) Evaluación periódica del grado de cumplimiento de los programas de trabajo.

LABOR CUMPLIDA

- c) Revisión y actualización de los programas y cronogramas por el contratista.

LABOR CUMPLIDA

- d) Ubicar en el terreno todas las referencias necesarias, para la correcta ejecución del proyecto.

LABOR CUMPLIDA

- e) Sugerir durante el proceso constructivo la adopción de las medidas correctivas y/o soluciones técnicas que estime necesarias en el diseño y construcción de las obras, inclusive aquellas referidas a métodos constructivos.

LABOR CUMPLIDA

- f) Aprobar las cantidades de las obras ejecutadas y con ellas elaborar, verificar y certificar la exactitud de las planillas de pago, incluyendo la aplicación de las fórmulas de reajuste de precios.

LABOR CUMPLIDA

- g) Examinar cuidadosamente los materiales a emplear y controlar su buena calidad y la de los rubros de trabajo, a través de ensayos de laboratorio que deberá ejecutarse directamente o bajo la supervisión de su personal.

LABOR CUMPLIDA

- h) Resolver las dudas que surgieren en la interpretación de los planos, especificaciones, detalles constructivos y sobre cualquier asunto técnico relativo al proyecto.

LABOR CUMPLIDA

- i) Preparar periódicamente, los informes de fiscalización dirigidos al contratante, que contendrán por lo menos la siguiente información:
- Análisis del estado del proyecto en ejecución, atendiendo a los aspectos económicos, financieros y de avance de la obra.
  - Cálculo de cantidades de obra y determinación de volúmenes acumulados
  - Informes de los resultados de los ensayos de laboratorio, y comentarios al respecto.
  - Análisis y opinión sobre la calidad y cantidad del equipo dispuesto en obra.
  - Análisis del personal técnico del contratante.
  - Informe estadístico sobre las condiciones climáticas en la zona del proyecto.
  - Referencia de las comunicaciones cursadas con el contratista
  - Otros aspectos importantes del proyecto.

LABOR CUMPLIDA

- j) Calificar al personal técnico de los constructores y recomendar reemplazo del personal que no satisfaga los requerimientos necesarios.

LABOR CUMPLIDA

- k) Comprobar periódicamente que los equipos sean los mínimos requeridos contractualmente y se encuentren en buenas condiciones de uso.

LABOR CUMPLIDA

- l) Anotar en el libro de obra las observaciones, instrucciones o comentarios que a su criterio deben ser considerados por el contratista para el mejor desarrollo de la obra. Aquellos que tengan especial importancia se consignarán adicionalmente por oficio regular.

LABOR CUMPLIDA

- m) Verificar que el contratista disponga de todos los diseños, especificaciones, programas, licencias y demás documentos contractuales.

LABOR CUMPLIDA

- n) Coordinar con el contratista, en representación del contratante, las actividades más importantes del proceso constructivo.

LABOR CUMPLIDA

- o) Participación como observador en las recepciones provisionales y definitivas informando sobre la calidad y cantidad de los trabajos ejecutados; la legalidad y exactitud de los pagos realizados.

LABOR PENDIENTE

- p) Revisar las técnicas y métodos constructivos propuestos por el contratista y sugerir las modificaciones que estime permanentes, de ser el caso

LABOR CUMPLIDA

- q) Registrar en los planos de construcción todos los cambios introducidos durante la construcción para obtener los planos finales de la obra ejecutada.

LABOR PENDIENTE

- r) En proyectos de importancia preparar memorias técnicas sobre los procedimientos y métodos empleados en la construcción de las obras.

LABOR PENDIENTE

- t) Exigir al contratista el cumplimiento de las leyes laborales y reglamentos de seguridad industrial.

LABOR CUMPLIDA

### **3.4.6.- LIBRO DE OBRA.-**

El libro de obra es una memoria de construcción, que debe contener una reseña cronológica y descriptiva de la marcha progresiva de los trabajos y sus pormenores, sirve para controlar la ejecución de la obra y para facilitar la supervisión de la misma.

La Unidad administrativa responsable de la construcción deberá mantener permanentemente en el sitio de la obra y bajo custodia inmediata del fiscalizador, un libro debidamente autorizado, empastado y pre numerado, en el que se anoten las instrucciones que el supervisor o fiscalizador emitan al contratista sobre la ejecución de los trabajos.

El contratista anotará en cada caso que se da por enterado de las instrucciones recibidas, y podrá usar el mismo Libro para hacer las observaciones y consultas que estime necesarias y de las que se dará por enterado el supervisor.

Los asientos efectuados en el Libro de Obra se consideran conocidos por ambas partes y las instrucciones de fiscalización serán obligatorias.

**VERIFICADA LA DOCUMENTACIÓN DEL LIBRO DE ORDENES SE HA  
CUMPLIDO CON LA FINALIDAD DE ESTE.**

### **3.4.7.- COMPILACIÓN DE DOCUMENTOS.-**

Los documentos técnicos de todas las fases del proyecto, así como los que resulten de la etapa de terminación de la construcción serán archivados por la institución ejecutora.

Se efectuará esta recopilación, para conservar los documentos como fuente de información estadística e histórica, como soporte técnico para el mantenimiento del proyecto y de los nuevos proyectos de remodelación, ampliación y construcciones nuevas.

### **3.4.8.- REGISTRO DE COSTOS.-**

Para todas las etapas de un proyecto se mantendrán registros contables, que permitan la identificación de costos de cada una de ellas y de la obra en general.

Tanto para la obra pública que se convierte en activo fijo de la entidad como para aquella que no llegue a tener tal carácter, se seguirá el tenor que las normas de contabilidad establecen para su registro.

#### **PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD.-**

En la Obra del Pavimento Rígido del Tramo Campo Pajoso - Caraparí se desarrollo el siguiente proceso de Control de Calidad en los siguientes Ítems:

- Sobrasarte
- Sub Base
- Losa de Concreto hidráulico

#### **SUBRASANTE –**

Esta acápite trata de la ejecución y control de la o las capas de subrasante mejorada que se constituye en, la o las, últimas capas del terraplén de la carretera hasta llegar al nivel de subrasante, sobre el que se asentará la estructura del pavimento. Esta capa se construirá en toda la sección transversal de acuerdo con el perfil tipo de diseño.

El material utilizado en la subrasante mejorada no deberá poseer partículas con diámetro mayor a 7,5 cm.

En el caso de cortes donde se detecte humedad, debe colocarse una capa drenante con material granular especificado o un geocompuesto drenante.

Los suelos se humedecerán o secarán según sea necesario, y se compactarán mecánicamente según la energía y densidades requeridas.

Esta capa se deberá construir hasta las cotas indicadas en los planos, con las tolerancias establecidas. Si las cotas finales de la capa de subrasante mejorada resultan superiores a las proyectadas, teniendo en cuenta las tolerancias indicadas en esta especificación, el Contratista deberá retirar, a su costo, el material en exceso y reconformar el acabado de dicha capa.

Para evitar saturación del material y deterioro en la superficie de la subrasante mejorada, al terminar el trabajo del día, la superficie de la subrasante mejorada deberá

estar compactada y bien nivelada, con el bombeo especificado que permita el escurrimiento de aguas lluvias sin peligro de erosión.

El material de la capa de subrasante mejorada transportado hacia la plataforma deberá ser esparcido lo antes posible a fin de evitar la concentración de tráfico sobre fajas limitadas de la capa inferior.

#### **CONTROL DE CALIDAD.-**

El control de calidad de la ejecución de las capas de subrasante mejorada será de responsabilidad del ejecutante, debiendo cumplir con los requerimientos de las Especificaciones Generales y Especiales.

Se lleva a cabo el control de la ejecución de la obra en base a los controles efectuados por el ejecutante, que deberán ser proporcionados, y a medidas o ensayos de control realizados independientemente en cuyo caso, estos serán los valores a ser tomados en cuenta para aceptación o rechazo del trabajo efectuado.

El Control Tecnológico de la ejecución de la presente capa (en cada capa compactada) incluye la realización de los siguientes ensayos.

Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima, según la energía que corresponda, cada 1.000 m<sup>3</sup> de material.

Un ensayo para la determinación de la densidad en sitio y grado de compactación, por cada 100 m lineales de material compactado, alternadamente en el eje y bordes, correspondiente al ensayo de compactación referido en a).

Un ensayo de granulometría según AASHTO T-27, límite líquido según AASHTO T-89 y límite de plasticidad según AASHTO T-90 para cada grupo de muestras sometidas al ensayo de compactación referido en a).

Un ensayo de contenido de humedad para cada 100 m lineales, inmediatamente antes de la compactación.

Un ensayo de Índice de Soporte de California (CBR) para los materiales de la subrasante mejorada para cada grupo de dos muestras sometidas a los ensayos de compactación y granulometría referidos en a) y c).

En base a observación visual de la plataforma terminada, los puntos de ejecución de los ensayos de densidad y podrá instruir la realización de ensayos adicionales en los puntos en los que, a su criterio, pudieran observarse deficiencias constructivas o de compactación.

Para la aceptación de cada capa de terraplén son considerados los valores individuales de los resultados de cada ensayo, sin considerar valores promedio o estadísticos.

Los ensayos de determinación de las densidades en sitio serán realizados mediante métodos standarizados por el Ex SNC., AASHTO o ASTM. En caso de emplear equipos tipo densímetros nucleares, estos equipos deberán cumplir o exceder los requisitos establecidos por los estándares ASTM D2922, D3017, D2950, C1040.

### **CONTROL GEOMÉTRICO**

Concluida la compactación de la capa de subrasante mejorada, se procederá al estacado de cada sección (5 estacas mínimo) para realizar el siguiente control geométrico admitiéndose las siguientes tolerancias:

Variación en menos (-) con relación a las cotas de diseño para el eje y bordes, no admitiéndose variación en más (+).

Variación en más (+) en el ancho de cada mitad de plataforma, no admitiéndose variación en menos (-)

Variación máxima de más (+) 20 % en el bombeo establecido, no admitiéndose variación en menos (-).

El control se efectuará mediante la nivelación de las secciones.

No se aceptarán variaciones bruscas en las medidas de la plataforma acabada, aun cuando las mismas cumplan las tolerancias indicadas. En este sentido, la variación de la diferencia entre la cota de diseño y la cota construida, para secciones adyacentes no debe ser mayor a 3 cm y la variación en el ancho de la plataforma no deberá ser superior a 10 cm en cada lado.

## SUB-BASE GRANULAR

Este trabajo consistió en la explotación, procesamiento, acarreo, colocación y compactación del material aprobado para la capa sub base, construida sobre la obra básica o terraplén de la carretera (subrasante), de acuerdo con las especificaciones, alineamiento, cotas, espesor y secciones típicas del diseño.

La sub base granular estará formada por suelos granulares, gravas naturales o agregados triturados o por mezclas de estos materiales.

Los materiales a ser empleados en la sub base deberán consistir de partículas duras y durables de piedras, gravas, seleccionadas o trituradas para obtener el tamaño y la gradación especificados.

El material no podrá contener partículas orgánicas, grumos, ni terrones de arcilla y deberá cumplir con la gradación A indicada en la **TABLA 13**

**GRANULOMETRÍA DE SUB – BASE** , usando los procedimientos de ensayo AASHTO T-11 y T-27.

**TABLA 13**

### GRANULOMETRÍA DE SUB – BASE

TAMIZ	% Por peso que pasa por los tamices de malla cuadrada (AASHTO T-27 y T-11)	
	Designación de la gradación	
	A	B
63,6 mm	100	--
50,8 mm	97-100	100
37,5 mm	--	97-100
25,4 mm	65-79 (6)	--
12,5 mm	45-59 (7)	--
4,75 mm (N° 4)	28-42 (6)	40-60 (8)
425 $\mu$ m (N° 40)	9-17 (4)	--
75 $\mu$ m (N° 200)	4-8 (3)	0-12 (4)

El valor de soporte del material mínimo será del 40% y expansiones menores al 1% correspondiente al 97% de la densidad seca máxima.

Su ejecución comprende las operaciones de producción, carguío, transporte, distribución sobre plataforma, mezcla y pulverización, humedecimiento o desecación, compactación y acabado, de los materiales transportados del yacimiento, realizadas sobre la subrasante debidamente regularizada en el ancho establecido, en cantidades que permitan llegar al espesor diseñado luego de su compactación. En el caso de utilización de plantas trituradoras o dosificadoras, se deberá agregar en estas instalaciones el agua necesaria para obtener la humedad de compactación.

Cuando hubiera necesidad de ejecutar capas de sub-base con espesor final superior a más 0.22 m, éstas serán subdivididas en capas parciales que no excedan de 0.20 m. El espesor mínimo de cualquier capa de sub-base será de 0.10 m después de su compactación.

Las densidades de la capa acabada deberán ser como mínimo de 97% de la densidad máxima determinada según el ensayo AASHTO T-180 y el contenido de humedad deberá variar como máximo entre  $\pm 2\%$  de la humedad óptima obtenida en el ensayo anterior.

El transporte del material de sub base deberá ser realizado en volquetas con la tolva cubierta por una lona. El material de sub-base estabilizada granulométricamente para ser utilizado y aceptado deberá ser homogéneo respecto a humedad y granulometría.

El material será esparcido sobre la capa inferior aprobada de modo que se evite la segregación, y en cantidad tal que permita obtener el espesor programado después de su compactación.

El material transportado hasta la plataforma deberá ser inmediatamente esparcido para evitar la concentración del tráfico sobre fajas limitadas de la capa inferior.

Concluido el ajuste del contenido de humedad, se iniciarán las operaciones de compactación. Los rodillos lisos recorrerán la capa que está siendo compactada, en trayectorias equidistantes del eje, de modo de sobreponer, en cada recorrido, la mitad de la señal dejada en el recorrido anterior. En tramos rectos, la compactación se

realizará de los bordes al centro y en los tramos en curva, del borde más bajo hacia el borde más alto, repetidamente, hasta obtener el grado de compactación especificado en los planos.

Los operadores de compactadores tendrán la experiencia y la competencia profesional necesarias para que la compactación sea homogénea y regular sobre toda la superficie en construcción, de tal forma que cada sector reciba el mismo número de pasadas acorde con lo establecido mediante la compactación del tramo de prueba. No se permitirá ninguna maniobra de los rodillos compactadores sobre la sub-base que está siendo compactada, los cambios de dirección debiendo hacerse fuera del sector en curso de compactación.

En las partes adyacentes al inicio y al fin de la sub-base en construcción la compactación será ejecutada transversalmente siguiendo la sucesión borde, eje, borde. Las partes inaccesibles a los rodillos compactadores, como en las partes que su uso no es deseable (cabeceras de obras de arte especiales), la compactación será ejecutada con compactadores vibratorios manuales o con saltarines mecánicos. Las operaciones de compactación proseguirán, hasta que, en todo el espesor y en toda la superficie de la sub-base en construcción, el grado de compactación iguale o exceda el grado de compactación especificado, entonces, se iniciará el acabado de la superficie, admitiéndose humedecimiento y corte con motoniveladora.

La conformación de la superficie final de la sub-base deberá ser ejecutada simultáneamente con la compactación de la última capa. El acabado de la superficie será ejecutado con rodillos lisos y de neumáticos, admitiendo cortes cuando sea necesario, pero no rellenos. Si hubiera necesidad de relleno, la última capa será escarificada sobre toda su profundidad, aumentada en volumen y recompactada. Las operaciones de acabado además comprenden, el retiro del material suelto proveniente de los cortes para la configuración hasta las cotas de diseño.

### **CONTROL DE CALIDAD**

El control de calidad de la ejecución de la capa sub base granular será de responsabilidad del ejecutante, debiendo cumplir con los requerimientos de las Especificaciones.

## CONTROL TECNOLÓGICO

El Control Tecnológico de la ejecución de la sub base granular (en cada capa compactada) incluye la realización de los siguientes ensayos.

- a) Ensayos de granulometría, de límite líquido y límite plástico según los métodos AASHTO T-27, AASHTO T-89 y AASHTO T-90 respectivamente, con espaciamiento máximo de 300 m.
- b) Un ensayo de compactación para la determinación de la densidad máxima según el método AASHTO T-180-D, a distancias máximas de 300 m, con muestras tomadas en puntos que, en principio, obedezcan el orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, eje, borde derecho, etc. a 60 cm del borde.
- c) Un ensayo del índice de Soporte de California (CBR), conforme el método AASHTO T-193, con la energía de compactación del ensayo AASHTO T-180-D, con espaciamiento máximo de 300 m.
- d) Un ensayo de desgaste Los Ángeles de cada yacimiento a cada 10,000 m<sup>3</sup> de material explotado y cuando se presente variación natural del material.
- e) Un ensayo de índice de forma de cada yacimiento cada 10,000 m<sup>3</sup> de material explotado o cuando se presente variación natural del material.
- f) Determinación del contenido de humedad del material cada 100 m. Antes del proceso de compactación. Las tolerancias admitidas para la humedad de compactación en la superficie serán de (+/-) 2% respecto a la humedad óptima.
- g) Determinación de la densidad in situ y del grado de compactación del material compactado con un espaciamiento de cada 100 m, en principio, en puntos ubicados al tres bolillo: borde izquierdo, eje, borde derecho, eje, borde izquierdo, etc., de acuerdo a los procedimientos estándar AASHTO T-191 y AASHTO T-224, este último para el ajuste de la densidad máxima por variación en el contenido de partículas gruesas.

Para la aceptación de cada capa serán considerados los valores individuales de los resultados de cada ensayo, sin considerar valores promedio o estadísticos.

Los ensayos de determinación de las densidades en sitio serán realizados mediante métodos estandarizados por debajo de S.N.C., AASHTO o ASTM. En caso de emplear equipos tipo densímetros nucleares, estos equipos deberán cumplir o exceder los requisitos establecidos por los estándares ASTM D2922, D3017, D2950, C1040.

### **CONTROL GEOMÉTRICO**

Concluida la compactación de la capa de sub base granular, se procederá al estacado de cada sección (5 estacas mínimo) para realizar el siguiente control geométrico, mediante nivelación de las secciones, admitiéndose las siguientes tolerancias:

Variación máxima de cotas para el eje y para los bordes de (-) 0.02 m con relación a las cotas de diseño, no admitiéndose variación en más (+);

Variación en el ancho en más (+), no admitiéndose variación en menos. No se aceptará que la diferencia en el ancho de la plataforma entre dos estacas adyacentes sea mayor a 10 cm.

Variación máxima en el bombeo de más 20% no admitiéndose variación en menos (-)

Variación máxima de (-) 2 cm en el espesor de la capa con relación al espesor indicado en el diseño, medido como mínimo en un punto cada 100 m.

Cada capa de sub base deberá ser conformada y compactada uniformemente en todo su ancho, incluyendo los bordes y taludes, evitando dejar crestas irregulares en los bordes que concentren el agua de lluvia y produzcan erosiones concentradas.

### **CONTROL HIDRÁULICO.-**

El pavimento rígido consiste en una calzada de hormigón de cemento Portland, construida sobre la sub base previamente preparada y aceptada, de acuerdo con las indicaciones de los planos, de estas especificaciones y de los demás detalles relativos al proyecto.

El ejecutante es responsable de la calidad de cada uno de los materiales que emplee. Periódicamente o se comprobará que los materiales en uso reúnan las condiciones de calidad exigidas o aprobadas.

Los materiales que habiendo sido aprobados, se tornarán por cualquier causa, inadecuados para el uso en obra, no serán utilizados.

En caso que para un determinado material no se hubiesen indicado las especificaciones que deba satisfacer, queda sobre entendido que aquel cumplirá los requisitos establecidos en las Normas Bolivianas correspondientes, o en su defecto, las correspondientes de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales (ASTM) o de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) que se hallan en vigencia en su país de origen.

#### **CALIDAD DEL CEMENTO PORTLAND.-**

El material ligante a utilizar será Cemento Portland Normal o Cemento Portland con Adiciones, de marca aprobada que reúna estrictamente las condiciones exigidas por las Normas correspondientes NB 011 y NB 096, dictadas por el IBNORCA.

El almacenamiento será cuidadoso, de manera que no se mezclen distintas marcas o distintos tipos de cemento.

El cemento se deberá entregar en estado perfectamente pulverulento sin la menor tendencia a aglomerarse.

No se permitirá el uso de cemento total o parcialmente fraguado o que contenga terrones, para ningún tipo de trabajo. El material en tales condiciones será retirado sin dilación del ámbito de la obra.

Cuando se trate de cemento ensilado, el mismo se empleará extrayéndolo por la boca o tolva de descarga del silo, en las cantidades exactamente requeridas para cada pastón, mediante un sistema de dosificación adecuado y en el momento de su empleo. No se permitirá el reintegro al silo del material excedente que por cualquier circunstancia se haya retirado del mismo y no haya sido utilizado.

**AGREGADO FINO.-**

Se dará preferencia al uso de arenas naturales de origen. Las arenas presentarán partículas duras, durables y limpias, libres de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas blandas o laminares, álcalis, arcillas, materias orgánicas y deletéreas.

El contenido de sustancias perjudiciales no excederá los siguientes límites:

Límites de sustancias perjudiciales

**TABLA 1**  
**LÍMITES DE SUSTANCIAS PERJUDICIALES**

<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje en Peso</b>
Terrones de arcilla	1.0 %
Carbón y lignito	0.5 %
Material que pasa el tamiz 74 $\mu$ (N° 200) por vía húmeda	3.0 %
Otras sustancias perjudiciales (como álcalis, sales, mica, granos con películas superficiales, partículas blandas, etc.)	1.0 %

- El total de sustancias perjudiciales no será superior al 4 % en peso.
- Granulometría del agregado fino

El agregado fino será bien graduado y su composición granulométrica deberá responder a las siguientes exigencias:

**TABLA 15**  
**COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO FINO**

<b>Tamiz serie US Standard</b>	<b>% que pasa</b>	<b>Peso</b>
3/8"	100	9,5 mm
N° 4	95 - 100	4,8 mm
N° 16	45 - 80	1,2 mm
N° 50	10 - 30	297 $\mu$
N° 100	2 - 10	149 $\mu$

Los tamices indicados corresponden a la serie ASTM. Designación E - 11 - 58T.

La gradación precedente representa los límites extremos que determinarán si el agregado fino es adecuado para emplearse.

El agregado fino que no satisfaga los requisitos dispuestos precedentemente para su granulometría, podrá utilizarse, si mezclado con el agregado grueso y cemento a usarse en obra, en las proporciones que indique el Contratista, se obtiene un hormigón con la resistencia de rotura a flexión establecida en el proyecto.

El agregado fino que no llene las exigencias granulométricas y se acepte en mérito a lo dispuesto en éste sub-inciso, deberá conformar el requisito de uniformidad.

A los fines de comprobar el cumplimiento de esta exigencia, se realizarán verificaciones periódicas de las diversas partidas de material que ingresen al obrador.

- Toma de muestras y métodos de ensayo

- Se realizarán de acuerdo con las siguientes Normas Bolivianas:

**TABLA 16**

**NORMAS PARA LA TOMA DE MUESTRAS Y MÉTODOS DE ENSAYO**

<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>
Toma de muestras	595 91
Terrones de arcilla	601 94
Carbón y lignito	609 91
Material que pasa el tamiz 74 $\mu$ (N° 200)	612 91
Impurezas orgánicas	609 91
Granulometría	597 91

Considerando los elevados volúmenes de hormigón requeridos para los trabajos de pavimentación, y bajo las especiales condiciones de humedad del proyecto, es fundamental la verificación continua de la humedad de la arena a lo largo del día y la corrección apropiada de las mezclas.

**AGREGADO GRUESO.-** El agregado grueso será piedra triturada, o grava, u otro material inerte aprobado por el Ingeniero. Se compondrá de partículas duras, resistentes y durables libres de cualquier cantidad perjudicial de capas o materias adheridas, arcilla y materias extrañas.

No contendrá sustancias perjudiciales en exceso de los siguientes límites:

**TABLA 17**

**LÍMITES DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

<b>Material</b>	<b>Porcentaje en peso</b>
Fragmentos blandos	3 %
Carbón y lignito	1 %
Terrones de arcilla	0,25 %
Material que pasa el tamiz 74 u (N° 200)	1 %

El agregado grueso responderá, en general a las siguientes exigencias en lo que a sus características petrográficas se refiere:

Durabilidad con sulfato de sodio. La pérdida luego de cinco (5) ciclos no excederá el 12 % (doce por ciento).

Absorción de agua (24 horas) no excederá del 2 % en peso.

Resistencia al desgaste: En el ensayo de desgaste en la máquina de Los Ángeles, admitirá una pérdida máxima del 40 % (cuarenta por ciento).

Granulometría del agregado grueso:

El agregado grueso estará graduado de manera apropiada, para evitar la segregación se recomienda un tamaño máximo no mayor a 1 1/2".

La verificación granulométrica será diaria y se realizarán los ajustes necesarios en la mezcla si fuera necesario. El ingeniero podrá exigir que el agregado grueso que

responda a esta granulometría se obtenga por mezcla en obra de dos o más agregados de distintas clasificaciones granulométricas, en cuyo caso se procederá a sus acopios.

El agregado grueso proveniente de fuentes distintas no será almacenado en la misma pila ni usado alternadamente en la misma clase de obra o mezclado sin autorización previa y escrita del Ingeniero.

Igualmente cuando se acopie agregado que responda a distintas clasificaciones granulométricas, el mismo se almacenará en pilas separadas y su mezcla a los fines de cumplimentar la granulometría exigida en 2.4.2. Se hará en el momento de confeccionar el hormigón en las proporciones adecuadas para lograr el cumplimiento del requisito señalado.

Se tendrá especial cuidado en evitar la segregación, contaminación con otros materiales y contenido de humedad no uniforme.

#### **MATERIAL PARA JUNTAS.-**

Corresponde el Ingeniero fijar un determinado tipo de material para el sellado de las juntas de las losas de hormigón, el mismo puede ser: relleno pre moldeado o mezclas líquidas de material bituminoso o de silicona, según se indique en los planos de diseño.

Para las juntas de dilatación se usará preferentemente relleno pre moldeado y para las de contracción, pre moldeado o mezcla líquida.

Mezcla de relleno para el sellado de juntas:

Estará constituida por mezclas plásticas de relleno mineral y asfalto o de caucho y asfalto. El contenido de relleno mineral estará comprendido entre 15 y 25 % en peso y el de caucho entre el 5 y 10 %. El agregado deberá quedar uniformemente distribuido en el asfalto.

Pasadores de acero:

El principal objetivo de los pasadores es la transferencia de cargas en las juntas transversales, los pasadores deberán reunir las siguientes condiciones:

Los pasadores serán barras lisas de acero de sección circular de las dimensiones indicadas en los planos. No se aceptará acero corrugado.

La tolerancia admisible en los diámetros indicados en el proyecto o en estas especificaciones será de  $\pm 0,5$  mm y se podrá admitir una ovalización de la sección circular comprendida dentro de las tolerancias admitidas para el diámetro.

Las formas serán perfectamente rectas sin torceduras, muescas o abolladuras superficiales.

En las juntas de dilatación, que se colocarán sólo en el contacto con estructuras fijas (puentes, alcantarillas y otros), uno de los extremos del pasador estará cubierto con un manguito de diámetro interior algo mayor que el de la barra del pasador y de una longitud de 10 a 12 cm. obturado en su extremo por un tapón de material asfáltico u otro material compresible de 3 cm (tres centímetros) de espesor, a fin de permitir al pasador una carrera mínima de 2 cm.

El manguito podrá ser de cualquier material que no sea putrescible y dañino para el hormigón, y que pueda, además, resistir adecuadamente los efectos derivados de la compactación y vibrado del hormigón al ser colocado.

#### Barras de unión o de anclaje

El presente proyecto contempla la colocación de barras de amarre entre fajas de pavimento que deben cumplir las siguientes condiciones:

Las barras de amarre tienen como principal objetivo mantener la unión horizontal y vertical de los carriles del pavimento, o bermas atadas (si hubiera), serán de acero corrugado, se colocarán donde lo indiquen los planos de proyecto según las dimensiones fijadas en los mismos.

En caso de que se realice la pavimentación en ancho completo, las barras se fijarán al terreno convenientemente mediante el uso de varillas o canastillas constituidas por acero de 6mm, las mismas que podrán vincularse a la barra ya sea mediante alambre de amarre o soldadura, de manera que puedan resistir los esfuerzos de hormigonado.

En caso de que se realice la pavimentación carril por carril, con equipo de pavimentación deslizante, las barras podrán ser insertadas lateralmente, utilizando un insertador lateral específicamente diseñado para este fin.

El acero será corrugado, de una resistencia mínima de 420 MPa, las varillas se encontrarán libres de óxido grasa etc., aspecto que deberá considerarse para su almacenamiento.

### **HORMIGÓN DE CEMENTO PORTLAND**

El hormigón de cemento Portland estará constituido por una mezcla homogénea de los siguientes materiales: cemento Portland, agregados grueso y fino, agua y aditivos.

La mezcla será de calidad uniforme y su transporte, colocación, compactación y curado se realizará de tal manera que la losa resulte compacta, de textura uniforme, resistente y durable, que cumpla en un todo con los requisitos de estas especificaciones y del uso a que se destina la estructura.

En consecuencia y de acuerdo con lo anteriormente expresado, el hormigón endurecido estará libre de vacíos motivados por la segregación de los materiales o por defectuosa colocación y compactación.

En general, estará libre de todo defecto que facilite la destrucción de la calzada por acción de los agentes atmosféricos o por las condiciones a que aquella se halle sometida durante su uso.

### **CALIDAD DEL HORMIGÓN.-**

Los hormigones que se coloquen en obra tendrán las siguientes características:

Considerando que los pavimentos de hormigón se diseñan tomando en cuenta la resistencia promedio a la flexión, este debe ser el principal parámetro de control.

Existe una buena correlación entre probetas de flexión y de compresión manteniendo invariantes los agregados y cemento, de manera que es imprescindible establecer apropiadamente la correlación para cada proyecto específico.

La fabricación conjunta de probetas de flexión y cilindros de compresión permitirá obtener una correlación apropiada y específica para el proyecto de manera que el Ingeniero podrá permitir al contratista continuar con el control mediante cilindros de compresión según la correlación obtenida.

No se permitirá derivar una correlación de otros proyectos dada la sensibilidad de la misma en cuanto a los agregados y el cemento a emplearse.

La consistencia del hormigón será determinada por medio del cono de asentamiento según la Norma Boliviana 589 91. El asentamiento de las mezclas estará comprendido entre 2 a 5 cm cuando la mezcla deba compactarse utilizando vibración mecánica de alta frecuencia.

#### **DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN.-**

Las proporciones de agua, cemento, agregados y aditivos, necesarias para preparar las mezclas que satisfagan las exigencias especificadas, serán determinadas por el Contratista por medio de los ensayos necesarios para ello. Se recomienda un contenido mínimo de cemento de 330 kg por condiciones de desgaste. El presente proyecto no considera el uso de fibras. El uso de aditivo incorporador de aire estará sujeto más a su efecto plastificante (en hormigón fresco) que a los requisitos de durabilidad considerando que el sector no está sujeto a ciclos hielo-deshielo severo. Es recomendable el uso de un reductor de agua.

Los ensayos de laboratorio deberán realizarse con la anticipación apropiada a cuyo efecto, el Contratista entregará a l Ingeniero muestras de los materiales y hará saber, igualmente por escrito, las cantidades en peso, de los materiales, que mezclará para preparar el hormigón acompañando los resultados de los ensayos certificados por un laboratorio confiable que haya realizado para determinar las mismas.

El Contratista será responsable de cumplir con las exigencias especificadas una vez colocado el hormigón en obra.

**ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN.-** Durante la elaboración del hormigón el Contratista se ajustará a las indicaciones que se exponen más adelante, así como a

otra exigencia que sin estar taxativamente enumerada, resulte consecuencia de la aplicación de estas especificaciones.

Dadas las características del presente proyecto, es deseable la producción de hormigón en planta de mezclado central y el transporte en volquetas, o al menos el uso de plantas dosificadoras en peso y posterior transporte en camiones mezcladores.

El cemento se transportará hasta el pie de la hormigonera en silos apropiados o "big-bags" y será extraído de los silos o tolvas de depósito en las cantidades requeridas para cada pastón.

Los materiales se mezclarán hasta que el cemento se distribuya uniformemente y el hormigón adquiera un color uniforme, controlando estrictamente los tiempos mínimos recomendados por el fabricante.

El agua será controlada estrictamente tomando en cuenta las correcciones por humedad de los agregados.

#### **ELABORACIÓN DEL HORMIGÓN.-**

El hormigón podrá ser elaborado siguiendo algunos de los procedimientos indicados a continuación:

Mezclado en planta central y transporte del hormigón de la obra en camiones mezcladores, agitadores o camiones volqueta.

Mezclado iniciado en planta central y terminado en camiones mezcladores durante su transporte a obra.

Dosificación en planta y mezclado total en camiones mezcladores durante su transporte a obra.

En todos los casos el hormigón deberá llegar al lugar de las obras sin que se produzca la segregación de los materiales, en estado plástico y trabajable, satisfactorio para colocarlo sin añadir agua.

Para el hormigón elaborado en estas condiciones, serán de aplicación las exigencias especificadas por la AASHTO C 94 - 61.

**PAVIMENTADORA DESLIZANTE.-**

Es ideal para el presente proyecto el uso de maquinaria de alto rendimiento, es decir la Pavimentadora deslizante.

Dentro de las operaciones de pavimentación, se dará especial atención a los siguientes aspectos:

Se prestará especial atención a la compactación de la zona en la cual se apoyarán las orugas de la Pavimentadora para evitar problemas en su funcionamiento y los niveles del pavimento.

En caso que la sub base presente defectos o no se encuentre uniforme, el Contratista procederá a realizar las correcciones que ordene el Ingeniero.

La sub base, incluyendo el sobre ancho necesario para la operación de la Pavimentadora deberá ser paralelo a la pendiente transversal del pavimento.

**COLOCADO DE LA CUERDA GUÍA.-**

Posteriormente el Contratista colocará la cuerda guía, la misma que servirá de referencia para la Pavimentadora. Típicamente, la cuerda guía se coloca mediante el uso de una estación total, o al menos con el uso de un teodolito con distanciómetro.

Cada varilla hincada para sostener la cuerda guía debe tener información del centro de la línea, información de la curva, distancia desde el borde de la losa. El registro de los datos es esencial. El Ingeniero revisará cuidadosamente la colocación de la cuerda guía, en presencia del equipo de topografía y el personal de pavimentación para evitar cualquier confusión al respecto.

El equipo de topografía calculará la elevación de los dos bordes de la losa a partir de los perfiles del proyecto y secciones transversales, trazará una línea imaginaria prolongando la sección transversal del pavimento a fin de determinar en cada sección la elevación de la cuerda guía de manera que la Pavimentadora pueda repetir exactamente la sección deseada en cuanto a su bombeo, peralte, etc. Las secciones de transición se realizarán normalmente manteniendo fijo el eje de la carretera.

La cuerda guía puede ser un cable, cordón, hilo de nylon cuerda de polietileno u otro material similar. Los soportes de la cuerda guía se colocarán típicamente en coincidencia con las juntas transversales a fin de servir de referencia adicional para la colocación de barras pasa juntas y corte de las juntas, a menos que existan curvas horizontales o verticales. Dependiendo del equipo pavimentador, se puede utilizar una o dos cuerdas guía.

El tesado de la cuerda guía se realiza a mano mediante guinches manuales separados a no más de 300 m. Se tendrá especial cuidado con el tesado de la cuerda guía. El personal a cargo debe usar guantes previniendo cualquier accidente resultante de la rotura de la cuerda guía. Una vez colocada y tesada la cuerda, el equipo de topografía deberá revisar nuevamente toda la longitud. No se permitirá el ajuste de la cuerda a mano y sin la revisión del equipo de topografía. La temperatura y humedad relativa pueden influir en la longitud de la cuerda. Periódicamente puede ser necesario ajustar los guinches manuales.

No se permitirá el anudado de las cuerdas que sufran roturas, estas deberán necesariamente ser reemplazadas.

El pavimento debe tener un sobre ancho que permita el tránsito de la máquina. Una de las claves para lograr un pavimento plano es la adecuada compactación de la zona por la cual transitará la Pavimentadora, los hundimientos por falta de compactación se reflejarán en el pavimento afectando negativamente la lisura superficial y el perfil.

#### **COLOCACIÓN CON PAVIMENTADORA.-**

Varios componentes de la Pavimentadora deben ser revisados antes del inicio de los trabajos.

El equipo de pavimentación debe estar a escuadra, de manera que el marco pavimentador se sitúe paralelo a la línea de control, aspecto que requiere de una revisión más minuciosa en máquinas de cuatro orugas.

Posteriormente se revisará que los ejes y la línea central proporcionen los espesores requeridos.

La vibración apropiada produce una masa de hormigón bien consolidada, y deja una superficie de apariencia uniforme detrás de la Pavimentadora, un exceso de vibración podría segregar la mezcla, mientras que vibración insuficiente deja aire atrapado y reduce la resistencia del hormigón. La posición de los vibradores de inmersión se ajustará a las recomendaciones del fabricante, se deberán realizar pruebas de vibración antes del inicio de las operaciones de pavimentación. Si los vibradores producen problemas como segregación de agregados y otros, se debe corregir el diseño de la mezcla.

Se revisará periódicamente los vibradores para evidencia de escapes de aceite, el contratista deberá contar con al menos un vibrador de repuesto en todo momento.

El sistema de sensores debe ser constantemente revisado. Los sensores se deben instalar y operar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, el sensor debe colocarse lo más horizontalmente posible y a la misma distancia del equipo que de la cuerda guía.

El equipo de pavimentación debe estar en constante comunicación por radio con la planta de producción de hormigón, a fin de realizar las correcciones en la mezcla sin pérdida de tiempo.

Las operaciones de pavimentación se inician con la producción de dos mezclas, para las cuales se verifica el asentamiento y el aire incluido en la planta. La aceptación o rechazo de la mezcla se realiza en este punto, una vez aceptada la producción de hormigón, se inicia el transporte del mismo a la zona de pavimentación.

Una vez que las mezclas llegan a la cabecera de pavimentación, se debe considerar la trabajabilidad del hormigón en la zona de pavimentación, solicitar ajustes en la producción de hormigón y revisar la condición de la superficie del pavimento detrás de la Pavimentadora. Es vital la uniformidad tanto en la producción así como en el colocado del hormigón.

La velocidad de la Pavimentadora debe ajustarse a la producción y transporte de hormigón, típicamente la velocidad estará entre 1 a 2 metros por minuto y debe mantenerse lo más uniforme posible.

**CONTROL DE PERFILADO Y ESPESORES.-**

El contratista controlará, a medida que adelanten los trabajos, el cumplimiento de los perfiles y espesores de proyecto.

No se admitirán en este control espesores menores que los especificados, para lo cual el contratista procederá a los ajustes respectivos repasando la sub base y eliminando los excedentes de suelos en aquellas zonas en que provoquen una disminución del espesor de la rasante.

Si se usan moldes, el contratista verificará que no se hayan producido asentamientos y en caso de que ello haya ocurrido, procederá a la reparación inmediata de esa situación.

El Contratista no podrá reclamar pago adicional alguno por el exceso de hormigón que tenga que colocar en virtud de lo expuesto.

**TERMINACIÓN Y CONTROL DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO.-**

Una vez compactado el hormigón, el Contratista procederá a la terminación del mismo, dando a la superficie del firme, características de lisura y textura tales que al mismo tiempo que faciliten el rodamiento la hagan antideslizante, y ajustada, en todos los casos, a los perfiles del proyecto, que correspondan en cada progresiva de la rasante.

Alisado:

Tan pronto se termine el enrasado precedentemente indicado, se efectuará el alisado longitudinal. La superficie total de la losa será suavemente alisada con regla metálica y fratases (frotachos) metálicos.

Mientras el hormigón esté todavía plástico, en forma paralela al eje longitudinal del afirmado, se pasará una regla fratás metálica, haciéndola casi “flotar” sobre la superficie y dándole un movimiento de vaivén, al propio tiempo que se la traslada transversalmente. Los sucesivos avances longitudinales de esta regla se efectuarán en una longitud máxima igual a la mitad del largo de aquella.

Todo exceso de agua o materias extrañas que aparecen en la superficie durante el trabajo de alisado, no se reintegrarán al hormigón, sino que se retirarán, empleando la regla y arrastrándolas hacia los costados y fuera de la superficie de la losa.

Comprobación inicial de la lisura superficial:

Apenas se termine la operación descrita se procederá a confrontar la lisura superficial del afirmado. Se utilizará la regla especificada en, debidamente controlada con la regla-patrón. La regla se colocará en diversas posiciones paralelas al eje longitudinal del afirmado. Cualquier irregularidad superficial será corregida de inmediato y la confrontación se continuará hasta que desaparezcan todas las irregularidades.

#### **TERMINACIÓN FINAL CON CEPILLO Y RASTRA DE ARPILLERA.-**

Para la terminación mediante un micro textura longitudinal, se usará, una rastra de arpillera (yute), que consiste en el arrastre de una faja de ese material humedecida, sobre todo el ancho de la calzada para dar a la superficie una textura longitudinal arenosa. El ancho total de la arpillera será 0,60 m mayor que el ancho del pavimento y su longitud se establecerá durante la ejecución del trabajo, con el fin de lograr los resultados deseados. Se controlará constantemente la humedad de la arpillera.

Después de la operación anterior, se efectuará un terminado con el empleo de cepillo metálico adecuado con cerdas aceradas. Queda terminantemente prohibido el uso de cepillos de cerdas plásticas o escobas. Este se pasará perpendicularmente al eje longitudinal del afirmado. El texturizado se realizará en cuando desaparezca el agua superficial (agua de sangrado) del pavimento.

Comprobación final de la lisura superficial:

La lisura superficial del pavimento se controlará con la regla de 3 (tres) metros de longitud especificada en 4.4.3.1, tan pronto el hormigón haya endurecido lo suficiente como para que se pueda caminar sobre él.

Para efectuar esta confrontación, el Contratista hará limpiar perfectamente la superficie del pavimento. La regla se colocará sobre líneas paralelas al eje de la calzada, de acuerdo con las indicaciones del Ingeniero. No se admitirán depresiones o resaltos superiores a 5 mm.

## **CONSTRUCCIÓN DE JUNTAS.-**

Las juntas a construir serán del tipo y dimensiones indicadas en los planos y demás documentos del proyecto. La junta longitudinal se construirá sobre el eje del pavimento, las juntas transversales formarán ángulos rectos con dicho eje,

Las juntas terminadas y controladas en la superficie del pavimento, deben ser rectas no admitiéndose desviaciones mayores de 3 mm en 3 m de longitud.

La ubicación de las juntas será la que se indica en los planos, o bien la que surja de aplicar los criterios y especificaciones de este pliego a las superficies especiales que se pavimenten.

### **Juntas transversales de contracción**

Las juntas de contracción del tipo denominado de plano de debilitamiento, se construirán distanciadas entre sí, de acuerdo con lo indicado en los planos de proyecto, estarán constituidas por una ranura aserrada en el hormigón, de una profundidad de un tercio del espesor de la losa.

En cuanto el hormigón pueda soportar la cuchilla de la cortadora sin desportilladuras, se ejecutará el aserrado, inicialmente se cortarán las juntas cada dos losas y posteriormente se cortarán las intermedias. El tiempo estimado para realizar el corte varía de acuerdo con el clima y el tipo de hormigón usado, generalmente el período de corte estará entre las 4 y las 8 horas posteriores al hormigonado.

Para la correcta construcción de la junta con cordón de respaldo (backer rod), se deberá realizar una ampliación de la caja del sellador en la profundidad y ancho especificados en los planos. La tira de respaldo deberá ser apropiada para el tipo de sellador especificado (en frío o caliente).

El tiempo para el aserrado de las juntas, el modo de ejecutarlo, el tipo y número de las sierras, así como otros requisitos, deberán ser previamente aprobados por el Ingeniero, a solicitud del Contratista, sin embargo bajo ningún punto de vista se aceptará que el Contratista tenga menos de dos equipos en perfecto estado de

funcionamiento, para prevenir la posibilidad de que un equipo falle y se produzca una fisuración sin control

#### Juntas transversales de construcción

Estas juntas solo se construirán cuando el trabajo se interrumpa por más de treinta minutos y al terminar cada jornada de trabajo y siempre que la distancia que la separe de cualquier otra junta transversal no sea inferior a 3 m.

No se permitirá la construcción de losas de largo inferior a 3 m. Se tratará en lo posible de evitar la ejecución de juntas de construcción dentro de la longitud establecida en los planos para cada losa. Los bordes de estas juntas serán redondeados con una herramienta especial para tal fin.

Las juntas de fin de día se programarán de manera que coincidan con la ubicación de una junta transversal, en esta junta se deberán dejar las espigas correspondientes a las canastillas del acero de las juntas transversales perfectamente niveladas. No se permitirá el uso de manguitos de PVC.

Para este último tramo se recomienda el uso de una regla vibratoria, vibradores de inmersión y equipo manual, el remate se realizará contra un encofrado de madera o metálico que permita que la mitad de las barras pasa juntas queden libres a manera de “espigas”.

#### **JUNTAS LONGITUDINALES.-**

Las juntas longitudinales podrán ser de dos tipos diferentes, coincidirá con el eje del pavimento y se ajustará a las siguientes especificaciones.

Junta aserrada: En caso de pavimentar en ancho completo, se ejecutará de manera similar a la junta transversal de contracción, mediante aserrado del hormigón, esta junta tendrá la forma y dimensiones que indiquen los planos.

Junta machihembrada de construcción: En caso de que el vaciado de hormigón se realice carril por carril, es deseable el uso de un molde especialmente conformado para efectuar un "machihembrado" de la junta, el mismo que no reemplaza el uso de

las barras de amarre. Este acabado puede obtenerse tanto en pavimentación con moldes fijos o mediante el empleo de la Pavimentadora deslizante.

En el caso de pavimentación con moldes fijos, se debe prever las perforaciones necesarias para el paso de las barras de amarre. En el caso de Pavimentadora deslizante, se podrá insertar las barras en forma lateral.

Terminación de las juntas

Antes de su sellado con material asfáltico el Contratista procederá a un repaso general de todas las juntas rectificando aquellas deficiencias que por su naturaleza impidan un correcto funcionamiento de las mismas y realizará una limpieza exhaustiva con compresora. No se permitirán partículas de tierra o restos de hormigón en el interior de las mismas.

### **PASADORES Y SU COLOCACIÓN.-**

Los pasadores se dispondrán de manera tal que resulten longitudinalmente paralelos al eje y a la rasante de la calzada.

Previa a la colocación del hormigón, la longitud total del pasador será recubierta con una capa de pintura anticorrosiva del tipo epóxica y posteriormente engrasada con una película delgada de modo tal que se impida la adherencia entre el hormigón y el acero para permitir el libre movimiento de las losas contiguas, en los casos de dilatación o contracción.

El pintado y engrasado de los pasadores, precedentemente exigido, será especialmente cuidado por el Contratista, que utilizará para ello material de características adecuadas capaz de formar alrededor de la barra de acero una película consistente y de una resistencia suficiente que impida su eliminación por compactación del hormigón fresco.

En la colocación de los pasadores, el Contratista dispondrá de canastillas o armaduras subsidiarias que permitan afirmarlos cuidadosamente, e impedir que la posición en

que se exige sean colocados, sufra la menor variación durante el moldeo, compactación y vibrado del hormigón de las losas.

Se recomienda la fijación mediante broches de plancha de acero o aluminio, los mismos que se pueden fijar al piso mediante clavos fijados por disparo

En el caso de las juntas de dilatación previstas, se colocará el manguito correspondiente para la expansión de las barras.

### **BARRAS DE AMARRE Y SU COLOCACIÓN.-**

Son las barras que se colocarán a lo largo de las juntas longitudinales y armadura distribuida.

Las barras de anclaje, se colocarán distanciadas entre sí de acuerdo con lo que indique el proyecto, en el medio del espesor de las losas y estarán empotradas la mitad de su longitud, en cada una de las losas adyacentes. Se colocarán en perforaciones dispuestas en los moldes o se hincarán automáticamente con el uso de la Pavimentadora deslizante.

### **RELLENO Y SELLADO DE LAS JUNTAS.-**

#### **EJECUCIÓN DEL RELLENO Y SELLADO.-**

El Contratista realizará el relleno y sellado de las juntas en cuanto el estado del hormigón lo permita, para obtener un perfecto vaciado del material asfáltico.

No se permitirá el relleno y sellado de las juntas en los casos en que las mismas no se hallen limpias, secas, libres de restos de material y de toda otra obstrucción, cualquiera sea su naturaleza. Se utilizará una compresora para la correcta limpieza de la ranura antes de proceder al relleno de la junta.

Para la correcta utilización de la tira de respaldo o baker rod, se deberá ampliar la caja de sellador de acuerdo con las dimensiones especificadas en los planos, se colocará la tira de respaldo y posteriormente se verterá el sellador, de manera que quede remetido

dentro de la junta, para lo cual se puede utilizar la propia tira de respaldo o una varilla de acero liso de 12mm.

En ningún caso se aceptarán protuberancias en el material de sello, las que siendo arrastradas por los vehículos ocasionan manchas en el pavimento.

Previo a la ejecución de estos trabajos, el Contratista recabará la conformidad del Ingeniero acerca de las condiciones particulares y terminación de las juntas.

#### **SELLADORES DE SILICONA O ASFALTO EN FRÍO.-**

Los selladores en frío del tipo silicona, poliuretano o asfálticos polimerizados, especiales para sello de juntas, serán preferidos para el sello de juntas transversales. Se utilizará el aplicador especial y especificaciones del fabricante. Se debe utilizar la tira de respaldo (backer rod) de espuma de poliuretano para aplicación en frío.

#### **CURADO DEL HORMIGÓN.-**

Se recomienda el uso de un compuesto de curado de marca aprobada que sea colocado en cuanto desaparezca el brillo (agua de sangrado) de la superficie del hormigón, se homogeneizará en forma adecuada el compuesto de curado y se colocará en una capa uniforme en toda la superficie y los bordes de la losa.

#### **LAS MUESTRAS TESTIGOS.-**

Las determinaciones en que se fundamentarán los estudios de recepción de los trabajos, se realizarán sobre probetas de cada vaciado de hormigón o sobre testigos extraídos del firme.

Las probetas obedecerán al plan general de control de hormigones, tomando como base la resistencia a la flexión y su correlación con probetas a la compresión.

En caso de que el Supervisor tenga dudas sobre los métodos de ejecución del pavimento en algún tramo o el espesor especificado, podrá exigir la toma de testigos, los cuales se extraerán mediante perforaciones realizadas con máquinas caladoras especiales para tal fin (ver 4.5).

**EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS.-**

En caso que el Ingeniero requiera la toma de testigos, las muestras se extraerán a distancias aproximadamente iguales entre sí, y tratando de cubrir el ancho total de la calzada.

Antes de iniciar la extracción de los testigos, el Ingeniero fijará en un plano, los límites de los tramos o zonas y la ubicación de los testigos con su espesor teórico determinado de acuerdo con el perfil transversal de la calzada.

Una copia de este plano se entregará al Contratista o su representante técnico, quienes presenciarán el acto de la extracción y firmarán conjuntamente con el Ingeniero, el acta que con este motivo se elabore y asiente en el respectivo libro de órdenes.

La máquina, el personal y los elementos necesarios para la extracción de las muestras, serán provistas por el Contratista.

La extracción de las muestras se realizará en la oportunidad adecuada de manera que sea factible el ensayo de las mismas a los 28 (veintiocho) días de la fecha en que se realizó el hormigonado. Caso contrario se corregirá por edad y altura.

Las muestras extraídas se signarán con un número para su identificación y serán remitidas a laboratorio donde, una vez obtenido el paralelismo de sus bases, serán mantenidas en ambiente húmedo hasta el momento de su ensayo.

Las perforaciones resultantes de la extracción de testigos, serán cerradas por el Contratista con hormigón de la misma dosificación que la utilizada para construir el pavimento, pero, utilizando aceleradores de fraguado.

Forma y dimensiones de los testigos

Los testigos serán de forma cilíndrica y su sección transversal será un círculo de aproximadamente 15 cm de diámetro.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS MUESTRAS.-**

Las muestras para poder ser ensayadas deberán presentar aspecto compacto, y sin grietas ni planos de fractura, producidas aparentemente por el equipo de extracción.

Los testigos defectuosos serán desestimados y reemplazados con otros de características aceptables.

#### **FORMA DE MEDIR LOS ESPESORES.-**

Se determinará el espesor de cada muestra, para lo cual se tomarán cuatro mediciones: una, sobre el eje del testigo, y las otras tres, según los vértices de un triángulo equilátero inscrito en un círculo de 10 cm de diámetro, concéntrico con el eje mencionado.

El promedio de esas cuatro alturas medidas, será la altura del testigo o sea el .

#### **LISURA SUPERFICIAL.-**

Cuando se verifique mediante el uso de una regla adecuada, no obstante las comprobaciones realizadas, la existencia de resaltos o depresiones que excedan los límites admisibles (5mm) Dicha regularización, la logrará el Contratista, mediante desgaste del resalto en sí, o de las zonas adyacentes a las depresiones, hasta colocar la superficie dentro de las tolerancias admisibles. Las operaciones de desgaste se realizarán de manera tal que la superficie resultante no presente características resbaladizas y se ajuste a las exigencias sobre textura establecidas en 5.3.5.

No se permitirá el uso de martillos o herramientas de percusión para la ejecución de esos trabajos.

Todos estos trabajos serán por cuenta exclusiva del Contratista, quien no percibirá por ello compensación alguna.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1.- CONCLUSIONES

Una vez realizado este trabajo, se puede llegar a una serie de conclusiones y recomendaciones sobre lo que significa la **AUDITORIA TÉCNICA EN LA GESTIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD**.

Según el planteamiento de la ejecución del control de calidad y la respectiva aplicación práctica, muestran hasta qué punto han sido logrados los objetivos propuestos y cuál es su nivel de aplicabilidad en función de la realidad constructiva de las obras viales.

El procedimiento de control de Calidad planteado pretende desechar todas aquellas características irrelevantes que no inciden con la calidad, mecanismo efectivo, porque establece un mínimo de variables para su control respectivo.

Los procedimientos de control de calidad recomendados para su aplicación sobre los datos recolectados, una vez establecidas las reglas del control de calidad planteado, eliminan de alguna manera las acciones de carácter subjetivo, orientado al carácter más bien objetivo que encausan el control según los parámetros, que previamente establecidos rigen el procedimiento de control, ya que se basan en normas y reglas de control ya establecidas de acuerdo a la experiencia recabada en varias obras.

Pese haber alcanzado los objetivos propuestos, corresponde aclarar que el control no es una receta, sino que es una secuencia de planes de control en obras viales en estricto seguimiento de las especificaciones contractuales y de acuerdo con las circunstancias prevalecientes, siempre bajo un “criterio ingenieril” de los niveles de calidad exigidos para así poder efectuar los niveles de control adecuados y reales, de manera que la exigencia no sea elevada que encarezca la obra o por el contrario sea tan baja que resulte una obra de pésima calidad.

Los ensayos de control en cada caso son establecidos por las especificaciones adoptadas contractualmente y que deben ser cumplidas cuyos respaldos son la base de

una auditoria técnica. Se evidencia que se tienen todos los respaldos de la actividad elegida como el Pavimento Rígido en el tramo Campo Pajoso – Caraparí en base a lo cual se realizó un análisis de cumplimiento demostrándose que evidente se han cumplido con las exigencias de calidad para la actividad de pavimento rígido.

Durante el desarrollo del presente trabajo se enfatizó que una auditoria técnica en base a una gestión de control de calidad se debe hacer sobre todo a la ejecución de las actividades más susceptibles para el comportamiento y durabilidad del mismo.

Como se pudo evidenciar el control resulta un instrumento fundamental que permite apreciar objetivamente “hacia dónde va” la producción al mostrar la tendencia dentro de los límites de control o quedar fuera de control, aspecto que confirma un diagnóstico bastante real de la situación de un determinado proceso de la producción (sea producción de materiales, compactación, etc.).

El análisis de la cantidad de datos en el control de todo el proceso permite apreciar que los resultados de las características estudiadas se ajustan a una curva de distribución normal o al menos aproximada, la cual presenta aplicaciones sencillas y prácticas.

Se concluye además que es muy importante el control de calidad en obras viales porque se observa que a la carencia de éstas, los proyectos no llegan a cumplir la vida útil para los que fueron diseñados y solo una auditoria técnica puede evidenciar a través de una gestión de control de calidad si se han seguido las especificaciones y normativas que garanticen la durabilidad de una obra vial.

#### **4.2.- RECOMENDACIONES**

De lo expuesto en el presente trabajo, consideramos un “aporte” muy importante en el de haber enrolado aspectos y definiciones diversas, extractando de la bibliografía consultada lo más sobresaliente relacionado con el tema auditorías técnicas a través de la gestión del control de calidad, haber demostrado una secuencia y formulación de un procedimiento en el control de calidad y la auditoría técnica en base a criterios, que de alguna manera podría formar parte de un plan de control adecuado en futuras obras.

Corresponde también establecer que la aplicación efectuada (está basada en datos reales), obtenidos en la conformación del pavimento rígido en el Proyecto de la Carretera Campo Pajoso - Caraparí, no comprometen de ninguna manera los procedimiento ni criterios de control empleados por el equipo de la supervisión de obras del mencionado proyecto.

A manera de aporte ha permitido establecer algunas recomendaciones para trabajos de esta naturaleza, la cual recurrimos al planteamiento de un esquema básico de control de calidad de acuerdo con los pasos que se indican a continuación:

- Primera acción que se debe tomar para la obtención de una buena calidad en una obra vial, en la planificación, donde debe definirse el objetivo.
- Se debe definir los niveles de control, con la respectiva adopción del nivel de confianza.
- Se deben establecer claramente y con suficiente anticipación los siguientes tres puntos fundamentales:
  1. Tablas de muestreo que deben estar orientadas a un muestreo sistemático y que permitan una interpretación rápida y sencilla de los resultados.
  2. Criterios de aceptación que deben estar basados en las reglas del control supuesto, que permitan establecer sin ambigüedades la aceptabilidad de los trabajos.

3. Acciones a tomar en caso de rechazo deberán estar claramente definidas toda vez que de estas resultarán las correcciones para la mejora del producto o en su defecto llevar a niveles críticos la calidad del producto.

En el caso de no cumplimiento de algunos de los resultados con respecto a las actividades de ejecución que no cumplen las especificaciones se recomienda, sancionar o castigar o tomar alguna medida para que este tipo de controles sean realmente aplicados.

El costo del control de calidad puede ser insignificante en relación a lo que se podría ahorrar si se cumpliera a cabalidad se vería reflejado en obras bien construidas.