



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



“REPLANTEO Y TRAZADO DEL PROYECTO VERTICAL DE LA CARRETERA: CERECITA - TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO: TRAMO #1 DESDE ABS. 0+000 HASTA ABS. 1+100”

Henry Wilson Avilés de la Torre ⁽¹⁾, Alexis Benjamin Burgos Lazo ⁽²⁾,
Miguel Emilio Maldonado Amaya ⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (FICT)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 Vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador

halives@espol.edu.ec ⁽¹⁾, aburgos@espol.edu.ec ⁽²⁾, memaldon@espol.edu.ec ⁽³⁾,
Ing. Eduardo Santos
esantos@espol.edu.ec

Resumen

Culminado el trazado y replanteo del proyecto horizontal, se procede al replanteo del proyecto vertical, este sirve para realizar la franja de desbroce con la maquinaria pertinente, después se coloca los laterales para el corte y relleno, requiriendo de un control estricto, se chequea el movimiento de tierra in situ, y se deja a cota de subrasante, tanto el eje longitudinal como las curvas verticales.

Este movimiento de tierra efectuado se lo hace mediante un buen estudio para el movimiento de tierra de la subrasante, obteniendo resultados mínimos de corte y relleno que sería lo óptimo según el diseño realizado.

Luego se puede proceder al replanteo del pavimento, su espesor, cota de subbase, cota de base y la cota de la carpeta de rodadura, en las cuales se emplea otro tipo de maquinaria de tipo pesado, aquí se debe tener un buen conocimiento de rendimiento de equipos, y de su uso.

Y una vez terminada cada etapa del trazado y replanteo vertical, se puede comenzar con la señalética respectiva a lo largo de la carretera, que es de mucha importancia, en ella está el informar, prevenir y reglamentar, el uso de la carretera.

Palabras Claves: Trazado, Replanteo, Subrasante, Subbase y Base.

Abstract

Completed the redesign of the project layout and horizontal, is the Rethinking the vertical project, it serves to make the strip clearing with the relevant equipment, then placed side for cut and fill, requiring strict control, is checked earth-moving spot, and left at subgrade elevation, both the longitudinal and vertical curves. This movement of land made it a good study done by for the movement of soil from the subgrade, getting results minimum cut and fill that would be optimal according to the design done.

Then you can proceed with the redesign of the pavement, thickness, height of subbase, base coat and the coat of the folder track, in which using another type of heavy duty machinery, here you must have a good knowledge of equipment performance and use. And upon completion of each stage of the route and vertical staking is can begin with the respective signage along the road which is of great importance, it is informing, preventing and regulate the use of the road.

1. Introducción

Nos hemos visto motivados a desarrollar el trazado y replanteo de la carretera, CERECITA - TAMARINDO - BAJADA DE PROGRESO: Tramo #1 desde Abs. 0+000 hasta Abs. 1+100 para terminar de realizar este proyecto que tanto requiere el sector. Su topografía resalta un relieve irregular a pesar de esto posee pocos ríos y estos son intermitentes. Estas parroquias se encuentran a 65 kilómetros al Oeste de la ciudad de Guayaquil, donde la mayoría de sus habitantes viven de la agricultura y la ganadería. Por esto la importancia de desarrollar esta carretera. El desarrollo de este trabajo también motiva y deja constancia a los futuros profesionales de la carrera de Ing. Civil, los pasos que deben seguir y tomar, para la ejecución de una carretera.

2. Recopilación de Datos Técnicos para el Proyecto Vertical

A continuación se detalla una breve descripción, de los datos que se requieren para el desarrollo vertical de la carretera.

Estos son obtenidos de los planos de diseño de la carretera, en el Diseño Vertical y Diseño Horizontal.

2.1. Perfil Longitudinal

Es el desarrollo sobre un plano de la selección obtenida empleando como plano de corte una superficie reglada cuya directriz es el eje longitudinal de la carretera, empleando una recta vertical como generatriz.

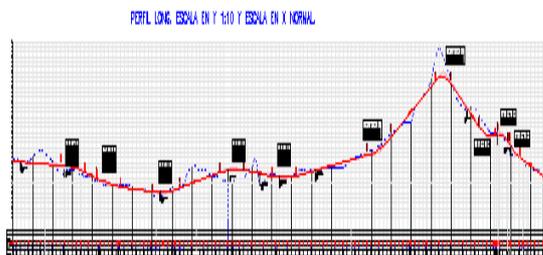


Fig. 2.1 Perfil Longitudinal

2.2. Cotas

Es un número que en los planos nos indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel. Con el cual sabemos cuán alto o bajo con respecto a la referencia se localiza el nuevo punto.

RELLENOS									
CORTES									
COTAS	PROYECTO (subrasante)	31.70	31.05	30.89	30.94	30.99	30.93	30.78	30.73
	TERRENO	31.70	32.00	30.40	30.00	31.30	32.10	32.00	30.40
ABSCISAS		0+000	0+020	0+040	0+060	0+080	0+100	0+120	0+140

Fig. 2.2 Cotas

2.2.1 Cota de Terreno Natural

Esta cifra indica la cota o altura del terreno respecto al plano de comparación escogido, generalmente al nivel del mar.

2.2.2 Cota de Proyecto de Subrasante

Esta cifra indica la altura a la cual va a quedar el eje de subrasante de la carretera, proyectado al mismo plano de comparación con respecto al terreno natural.

2.2.3 Cota de Proyecto de Rasante

Se refiere a la cota de la rasante proyectada respecto al mismo plano de comparación. La proyección de esta medida obtenida mediante cálculos analíticos debe ser ajustada al milímetro.

2.3. Abscisas

Son demarcaciones en el eje de la carretera, que se requieren para tener una mayor amplitud en información de los niveles del perfil longitudinal, se hacen cada 20, 10, 5 metros dependiendo de la topografía del terreno natural.

TERRENO	31.70	32.00	30.40	30.00	31.30
ABSCISAS	0+000	0+020	0+040	0+060	0+080

Fig. 2.3 Abscisas

2.4 Pendientes

Los Gradientes longitudinales o pendientes del diseño dependen directamente de la topografía del terreno y sus valores tienen que ser bajos en lo posible, a fin de permitir razonables velocidades de circulación y facilitar la operación de los vehículos.

De acuerdo a la velocidad de diseño la cual depende del volumen del tráfico y de la naturaleza de la topografía, estas están reguladas en tablas.

TABLA XVIII: GRADIENTE LONGITUDINAL.

CLASE DE CARRETERA	TPDA (Vehiculos)	VALOR RECOMENDABLE			VALOR ABSOLUTO		
		L	O	M	L	O	M
I	3000-8000	3	4	6	3	5	7
II	1000-3000	3	4	6	4	6	8
III	300-1000	3	5	7	4	7	9
IV	100-300	4	6	8	6	8	10
V	Menos de 100	4	6	8	6	8	12

L: Terreno llano
O: Terreno ondulado
M: Terreno montañoso

Tabla 2.1 Gradiente longitudinal.

2.5 Curvas Verticales

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser en columpio o en cresta, la curva vertical en columpio es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba (cóncava), y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo (convexa).

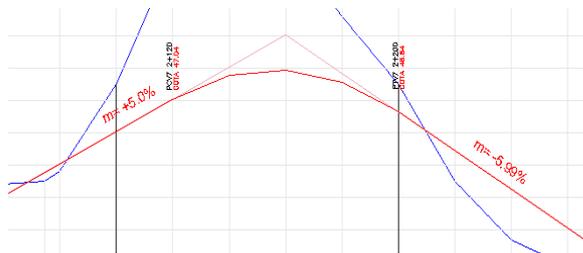


Fig. 2.4 Curva Vertical.

2.6 Perfiles Transversales

Un perfil transversal se obtiene seccionando la carretera mediante un perfil perpendicular a la proyección horizontal del eje. En él se definen geoméricamente los elementos que conforman la sección transversal de la carretera: taludes de desmonte y terraplén, cunetas, arcenes, pendientes o peraltes.

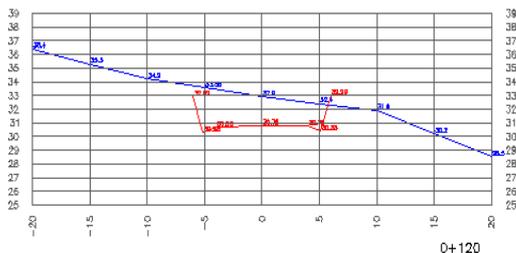


Fig. 2.5 Perfil Transversal.

2.6.1 Perfiles de Alcantarillas

Estos perfiles transversales se los grafica adicionalmente, debido a que contienen la sección de las alcantarillas con cada una de los datos requeridos, pendiente, cota de fondo de zanja, cota Invert, cota lomo de tubo.

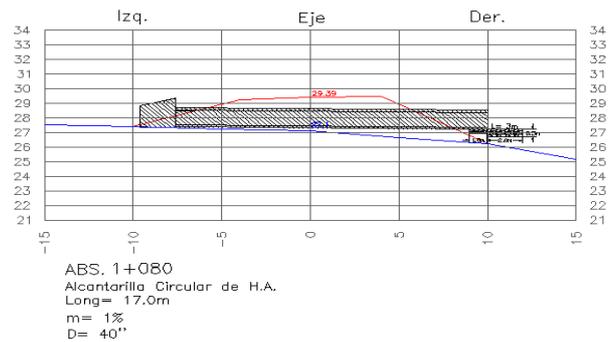


Fig. 2.6 Perfil Transversal (drenaje).

2.7 Diseño de Pavimento

El pavimento es una estructura formada por varias capas de materiales de características diferentes cuyo propósito es soportar del tráfico vehicular de una manera segura, durante su vida útil.

Los pavimentos varían, generalmente se clasifican como rígidos y flexibles, a la vez tienen subgrupos.

Está compuesto por diferentes capas de material granular, las cuales van mejorando en forma ascendente o de colocación, así tenemos Capa de Subbase, Capa de Base y Capa de Rodadura.

2.7.1 Capa de Subbase

Es una capa del pavimento que se encuentra entre la capa de base y la subrasante. Generalmente consiste en una capa compactada de material granular que sigue cierta normativa, y que es de mejor calidad que la del material de la capa de subrasante, esto nos ayuda a obtener una mayor distribución de carga.

2.7.2 Capa de Base

Esta capa se construye sobre la subbase o sobre la subrasante de haber condiciones favorables para esto.

La capa de base está formada por material de mejores características que la subbase, compuesta por agregados triturados total o parcialmente o cribanos, estabilizados con agregados finos procedentes de la trituración. Su mayor función es de soporte estructural.

2.7.3 Capa de Rodadura

Es una mezcla de agregados minerales y bituminosos colocados sobre la capa de base. Tiene como función principal ser un componente estructural del pavimento, deber resistir las fuerzas de abrasión del tráfico, debe ser una carpeta lisa y uniforme para rodar.

2.8 Sección Típica

La sección transversal de la carretera depende del tráfico y del tipo del terreno y consecuentemente de la velocidad de diseño, siendo muy influyente en los costos de construcción y de mantenimiento. Para escoger la sección típica, es importante saber cuál va ser el tráfico para el cual va a servir y su proyección futura.

Esta incluye la Calzada, espaldones, cunetas laterales, taludes, facilidades para peatones, ciclistas y otros usuarios.

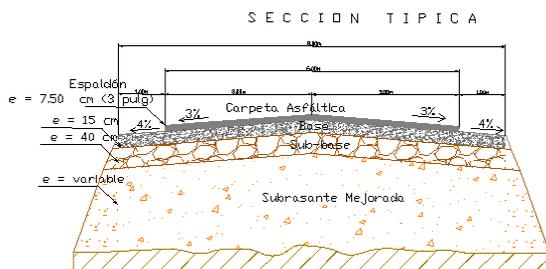


Fig. 2.7 Sección Típica

2.9 Peraltes

Cuando un vehículo recorre una trayectoria circular es empujado radialmente hacia afuera por efecto de la fuerza centrífuga. Estas fuerzas las tenemos que contrarrestar, por ende necesitamos de un peralte o ángulo de inclinación de la calzada para que una componente del peso adicionada a la fuerza de fricción entre las llantas y la calzada, contrarreste a la fuerza centrífuga.

2.10 Calculo de Volúmenes

Representa la diferencia entra la cota del terreno y la rasante pudiendo ser de dos tipos excluyentes entre sí. De Corte, de Relleno o una sección mixta.

Para calcular los volúmenes se requieren las secciones transversales, en cada una de las abscisas del eje definitivo para posteriormente obtener los volúmenes de corte y relleno.

2.11 Diagrama de Masa

El diagrama de masas es una herramienta en la que se grafica mediante las abscisas (distancia del eje horizontal) en el eje horizontal y las ordenadas (movimiento de tierra) en el eje vertical y nos sirve para determinar los acarrees que se producen a lo largo de la carretera de corte y relleno por compensación, con el diagrama de masa determinamos las curvas ascendentes y descendentes y los puntos de inflexión que existen entre las dos curvas.

La curva ascendente corresponde a un corte, mientras que la curva descendente corresponde a un relleno.

3. Comprobación de los BM de Control

3.1 Arrastre de Cota IGM

Previamente el Topógrafo deberá localizar una cota IGM que este lo más cercana posible de la carretera para proceder el arrastre de cota a los respectivos BM de control. El arrastre de Cota IGM a los BM de control se lo hará con un nivel de precisión.

De esta manera podemos controlar las cotas de corte y relleno en el Movimiento de Tierras del proyecto vertical.

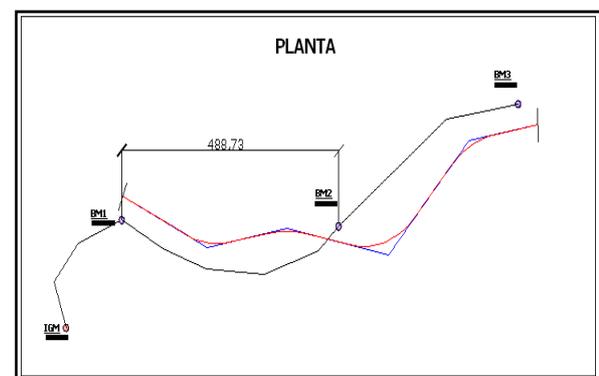


Fig.3.1 Ubicación de BM

3.2 Ubicación de los BM

Estos BM se los va a colocar aproximadamente cada 500m o a una distancia cercana del lugar de trabajo respetando el derecho de carretera a lo largo de la carretera.

En el primer tramo de la carretera Cerecita – Tamarindo – Bajada Progreso que va desde la abscisa 0+000 hasta la 1+100, será necesario colocar 3 BM que irán enlazados a un IGM cercano a la carretera.

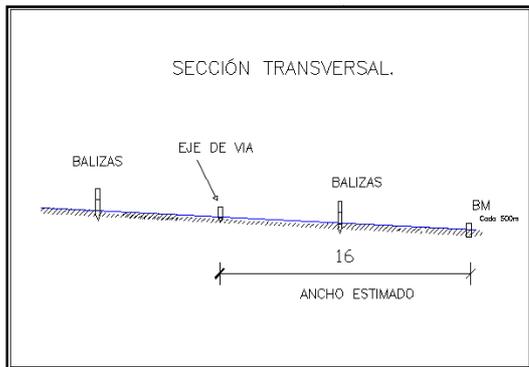


Fig. 3.2 Colocación de BM Auxiliares.

4. Replanteo de Proyecto Vertical

4.1 Franja de Desbroce

Luego de hacer el abscisado del eje cada 20m incluyendo los PC y PT de cada curva horizontal, se procede a sacar información de la sección típica del pavimento y de las secciones transversales, en la que se va a definir un ancho estimado en el cual va a operar la maquinaria haciendo el desbroce y limpieza.

Luego de definir el ancho estimado, desde cada abscisa del eje, el topógrafo abrirá hacia la derecha e izquierda en un ancho recomendado y estimado anteriormente, colocando balizas (latillas) de un color llamativo durante todo el tramo de la carretera que se quiera trabajar. A continuación se estima el ancho de la cuchilla del tractor y se establece el número de franjas que va salir y que será necesario para el desbroce y limpieza

En la primera pasada del tractor se realizará el desbroce y la limpieza del material, que se va ir acumulando lateralmente.

En la segunda pasada el tractor clavara la cuchilla de 15 a 30 cm para sacar las raíces.

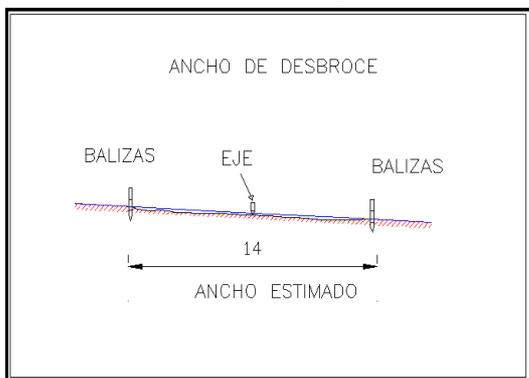


Fig. 4.1 Sección de Desbroce.

4.2 Colocación de Laterales para corte y relleno.

Luego de haber realizado el desbroce y limpieza de la franja que va hacer afectado por la construcción del terraplén y el ancho del pavimento se procede a colocar estacas en el eje cada 20m y si es necesario cada 10m y hasta 5m en las curvas y latillas a los lados.

Las estacas que se colocan en el eje se indicarán por escrito con colores llamativos, una para corte y otra para relleno el corte, y las latillas colocadas en los laterales indicarán el ancho del pavimento y sus cotas de corte y/o relleno.

La información de corte y/o relleno se la obtiene del perfil longitudinal de la carretera del proyecto vertical, donde la cartilla dirá el corte o relleno en el eje de la carretera.

El Ingeniero residente tendrá que calcular las cotas de los extremos del terraplén con ayuda del desnivel o pendiente transversal, que variará dependiendo de las curvas, inclinación de peraltes y sobre anchos.

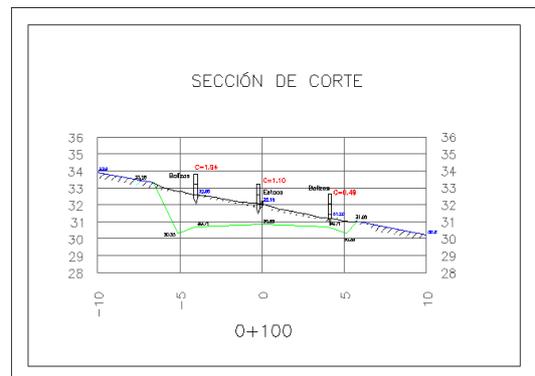


Fig. 4.2 Colocación de Laterales de Corte.

4.3 Chequeo en el campo de Movimiento de tierra.

Posteriormente a la colocación de laterales de corte y relleno en cada abscisa se empezara a trabajar en el campo con el equipo caminero adecuado, en la cual el Ingeniero residente deberá chequear el corte y/o relleno en el Movimiento de Tierras con un nivel de precisión que deberá estar enlazado con los BM de control colocados en una distancia aproximada de 500m.

Los cortes y rellenos se van chequeando las veces que sean necesarias en las últimas medidas para afinar los cortes y rellenos en su bombeo y ancho de plataforma. De igual manera se procederá hacer en las curvas verticales.

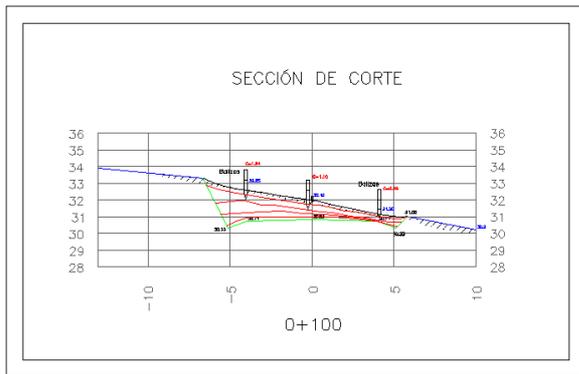


Fig. 4.3 Sección de Chequeo de Corte.

4.4 Cota de Subrasante

La cota de la sub-rasante es la cota de proyecto que vamos a obtener del corte y relleno del Movimiento de Tierras del proyecto vertical, que se la realizara con el personal, equipo topográfico y maquinaria adecuada.

4.5 Cota de Curvas Verticales

Es la cota sobre la curva calculada en la cartilla del proyecto vertical.

5. Replanteo de Proyecto Vertical

5.1 Replanteo de espesor de Pavimento

El espesor del pavimento lo obtenemos de la sección transversal típica de la carretera, con esta podemos mediante cálculos matemáticos obtener las diferentes cotas de subbase, base y capa de rodadura.

5.2 Replanteo de Cota de Subbase.

Para la construcción de la subbase, partiendo de que el material ya esta obtenido, en cantera de la carretera o comprado, se comienza con la transportación del material, esta lo deja estoqueado en una distancia adecuada que el ingeniero residente propone, esta distancia debe de estar acorde al rendimiento del equipo en conjunto, lo ideal es avanzar de 100 en 100 metros, máximo a una distancia de 200 aproximadamente.

Esta acumulación del material preferentemente se hace a la mitad longitudinal de la carretera, en el tramo que se está trabajando, permitiendo que las volquetas puedan ingresar en la otra mitad para ir estoqueando.



Fig. 5.1 Estoqueado de material de subbase.

Se tiende el material con una motoniveladora o una retroexcavadora (esta la podemos utilizar solo si no es para dar el acabado final, solo las primeras capas del espesor total), el acabado es exclusivo para la motoniveladora.



Fig. 5.2 Estoqueado de material de subbase.

La inclinación del bombeo debe de reflejarse, gracias a la superficie de la subrasante, la cual debió ser trabajada con el bombeo.

El control de los espesores lo hacemos con estacas de relleno, que son clavadas en el eje y a los lados, a la cota exacta del espesor que corresponde a cada capa, Esto lo hacemos con el equipo topográfico de nivelación.

5.3 Replanteo de Cota de Base

Se requiere el mismo equipo y el mismo desarrollo de la actividad que se hace en la subbase, solo con la diferencia de los espesores de capa, hay que tomar muy en cuenta la colocación de los estacas de relleno, luego de dar el acabado de la base, se procede a la colocación de la carpeta de rodadura.



Fig. 5.3 Acabado de la capa de base.



Fig. 5.5 Carpeta de Rodadura.

5.4 Imprimación Asfáltica

Para proceder a la imprimación asfáltica, se comienza por barrer el exceso de polvo el cual perjudica la adherencia, con una escoba mecánica, se lo hace por franjas en toda la superficie de la base. Luego se agrega una imprimación asfáltica con asfalto líquido o diluido. Este puede ser de curado rápido (CR), curado medio (CM) o curado lento (CL), cada uno es una mezcla de cemento asfáltico con gasolina, kerosene o diesel respectivamente. Después se procede a pasar el esparcidor de asfalto a la velocidad y temperatura indicada por las normas, tratando de hacerlo por franjas que deben tener un traslape mínimo de 25 cm.



Fig. 5.4 Imprimación Asfáltica.

5.5 Replanteo de capa de rodadura

Para proceder al colocado de la carpeta de rodadura, se procede a colocar estacas pintadas, que indican el ancho de corona. Se colocan tres estacas, en el eje longitudinal y en los laterales, estas estacas deben estar marcadas con el espesor requerido de la capa de rodadura, según el diseño del pavimento.

6. Señalización de la Carretera

La señalización surge por la necesidad de mantener informado al conductor del vehículo acerca de las características de la carretera por la que circula y del entorno por el que esta discurre.

6.1 Señalización Vertical

Se entiende por señalización vertical al conjunto de elementos destinados a advertir, reglamentar o informar al usuario de una determinada Carretera con la debida antelación de determinadas circunstancias de la propia carretera o de la circulación.

6.1.1 Señales Preventivas

Son aquellas que tienen por objeto advertir al usuario del camino de la existencia de un peligro potencial y la naturaleza del mismo.



Fig. 6.1 Señales Verticales de Prevención.

6.1.2 Señales Restrictivas

Son aquellas que tienen por objeto el expresar en la misma alguna fase del Reglamento de Tránsito, con el fin de que el usuario de la carretera las cumpla. Estas señales, generalmente, tienden a restringir el movimiento de algún vehículo, recordándole al conductor la existencia de alguna prohibición o limitación reglamentada.



Fig. 6.2 Señales Verticales de Restricción.

6.1.3 Señales Informativas

Tienen como finalidad el proporcionar al usuario alguna información que le ayude en su viaje. Estas señales son rectangulares y deben colocarse en posición horizontal, con excepción de algunas que se colocan verticalmente.



Fig. 6.3 Señales Verticales de Información.

6.2 Señalización Horizontal

La señalización horizontal está constituida por las marcas viales, que son las líneas, los símbolos y letras que se pintan o se pegan sobre el pavimento con fines informativos y reguladores del tráfico. Su fin inmediato es aumentar la seguridad, eficacia y comodidad de la circulación.



Fig. 6.4 Señalización Horizontal.

7. Conclusiones y Recomendaciones

1. El efectuar el presente trabajo desde el trazado y replanteo del proyecto horizontal nos da una idea clara y precisa del tiempo y sacrificios que conllevan realizar el replanteo del proyecto vertical, y todas las consideraciones especiales que el ingeniero residente debe tener para llevar a cabo un buen desarrollo de la carretera.
2. Desde el comienzo se determina el necesario uso de los equipos topográficos y se requiere de un buen uso de estos, pues su mala utilización conlleva a tener errores en la planilla y por ende acarrea perjuicios económicos.
3. Se deja como aporte a la carretera cada uno de los BM de control, con los cuales se puede llevar a cabo cualquier levantamiento de los terrenos aledaños a la carretera.
4. En general se debe hacer un cronograma bien estructurado de cada uno de los rubros a laborar, para optimizar cada etapa en la que la maquinaria se desempeña, para tener un gasto económico óptimo.
5. Para la seguridad, el diseño de esta carretera debe ser tal que garantice seguridad a los usuarios de la misma, a este efecto recomendamos: Diseño de Banquetes, provisión de guarda caminos tipo vigas o vallas protectoras, provisión de señales claras y bien definidas.

8. Referencias

1. Manual de Carreteras Luis Bañon Blázquez y José F. Bevía García.
2. Ingeniería de Carreteras Volumen 1 Editorial Mc Graw Hill. Carlos Kraemer. José María Pardillo. Sandro Rocci. Manuel G. Romana. Víctor Sánchez Blanco. Miguel Ángel del Val.
3. Ingeniería de Carreteras Volumen 2 Editorial Mc Graw Hill. Carlos Kraemer. José María Pardillo. Sandro Rocci. Manuel G. Romana. Víctor Sánchez Blanco. Miguel Ángel del Val.
4. Curso de Topografía Seminario de Graduación de Carreteras. Ing. Eduardo Santos. Ing. Ignacio Gómez de la Torre.