

## **TERMINOS DE REFERENCIA PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DEFINITIVOS DE CARRETERAS**

### **1 ANTECEDENTES**

#### **1.1 Antecedentes Generales**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas, MTOP, en respuesta a la problemática vial del país y con el objeto de proceder a ampliar y modernizar la infraestructura vial y el servicio que prestan los principales corredores de la Red Vial Estatal, ha decidido emprender un Programa Nacional de Autopistas que, en el contexto de los objetivos del actual Plan Nacional Para el Buen Vivir sirvan como red principal de enlace entre los grandes centros urbanos, nodos logísticos y las Zonas Especiales de Desarrollo Económico y Social, ZEDES, conformados por: puertos, aeropuertos, ciudades principales, parques industriales, pasos internacionales principales, entre los más relevantes.

La Empresa Consultora deberá conocer y aplicar en todo lo pertinente los principales aspectos de la Política Nacional del Sector Transporte legales con el fin de alinear aspectos básicos como la profundidad, orientación general, y resultados de los estudios de cada área de trabajo dentro del Proyecto. El Director Responsable del equipo de consultoría será el encargado de coordinar de manera efectiva todas las actividades concernientes a objetivos generales y específicos planteados en estos Términos de Referencia, buscando asegurar que los resultados, recomendaciones, diseños, trazados y demás elementos de los Informes y/o Entregables, cumplan con los objetivos y normativas de la Política Nacional antes señalados.

A continuación se explica, al respecto, los principales aspectos a considerar por todo el Equipo Consultor en el desarrollo del estudio.

- Constitución de la República (RO 449; 20-oct 2008)

Especial atención al Capítulo V: Sectores Estratégicos, Servicios y Empresas Públicas. Especial atención al artículo 314 el cual dispone que el Estado será responsable, de acuerdo a los principios establecidos en el mismo, de la provisión de servicios públicos entre los que se incluyen Vialidad; y al artículo 316 el cual señala que el Estado podrá, de forma excepcional, delegar a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria, el ejercicio de los servicios públicos.

Especial atención a la Sección Novena: Gestión del riesgo, artículo 389 el cual dispone que el Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objeto de minimizar la condición de vulnerabilidad.

- Plan Nacional Para el Buen Vivir 2009-2013, PNBV

Especial atención al Capítulo 7; Objetivos Nacionales Para el Buen Vivir así como el Capítulo 8, Estrategia Territorial Nacional; considerar principalmente los numerales 8.2.2: Espacio Geográfico Ecuatoriano; 8.2.3: Hacia la Reconfiguración del Territorio Nacional; el 8.5: Jerarquizar y Hacer Eficiente la Infraestructura de Movilidad, Energía y Conectividad; y el 8.6.4: Gestión Integral y Reducción de Riesgos.

- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (RO 395; 4 -ago 2008)

Especial atención podrá prestarse a la Sección II: Sobre la Contratación de Consultoría, del Capítulo I parte del Título III

- Reglamento de La Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública (RO 399; 8 -ago 2008)

Revítese la Sección I: Normas Comunes a Todos los Procedimientos de Contratación de Consultoría constante en el Capítulo II, Título 3

- Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (RO 351; 29-dic 2010)

Revítese sus capítulos principales y entre ellos el artículo 5, el cual indica que el Estado generará las condiciones para promover la eficiencia del Transporte bajo un enfoque integral y una operación de carácter multimodal; el artículo 100 que señala que, de manera excepcional, el Estado podrá delegar a la iniciativa privada o a la economía popular y solidaria la provisión de los servicios públicos, entre ellos, la vialidad.

- Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas (RO 306: 22-oct 2010)

Considerar principalmente el Libro I De la Planificación Participativa para el Desarrollo.

- Normas para la Inclusión de Programas y proyectos en los Planes de Inversión Pública, AM; (RO 365; 18-ene 2011)

El objetivo de este acuerdo es normar aspectos principales del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa y el Sistema Nacional de Finanzas Públicas diseñado en el Código Orgánico señalado en el punto 6 anterior.

- Ley Orgánica de Participación Ciudadana (RO 20-abr 2010)

Especial atención puede otorgarse al artículo 34: De la Cogestión y los Proyectos de las Organizaciones Sociales.

- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización 2009-2013, COOTAD, (RO 303: 19-oct 2010)

Refiérase el Capítulo 4: Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales, especialmente el art. 129: Ejercicio de la Competencia de Vialidad, el cual norma la planificación vial de las regiones, provincias y unidades metropolitanas, incorporando la planificación territorial, y otros principios de autonomía y participación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, GADs.

- Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial
- Decretos Ejecutivos: 451, 4 de agosto 2010 y 810, 5 de julio 2011.

DE 451: Desarrolla la normativa que deberá aplicar, en materia de contratación pública de ejecución vial, la administración pública central e institucional.

DE 810: Contiene el Reglamento de aplicación del régimen excepcional de delegación de servicios públicos de transporte.

## 1.2 Generalidades del Proyecto

Estos Términos de Referencia definen objetivos, alcances y actividades principales que realizará la compañía consultora sobre el proyecto XXXXX.

### 1.3 Ubicación

El proyecto se emplaza dentro de las Provincias XXXX. Donde, la Empresa Consultora deberá garantizar la conectividad entre las ciudades del Sur y Región Costa del país con las ciudades del Norte del país como los grandes centros urbanos sin desatender los nodos logísticos y las Zonas Especiales de Desarrollo Económico y Social, ZEDES, en el desarrollo del Proyecto. Ver anexo croquis de ubicación.

### 1.4 Condiciones Existentes

La topografía por la que atravesará la autopista, corresponde a XXXX con presencia de varios accidentes hidrográficos y topográficos a salvar con el diseño de obras de arte mayor (puentes), menor y túneles.

### 1.5 Características Generales Propuestas

#### Características generales

PROPUESTA	
Longitud total:	xxxx
Tipo de vía:	xxxx
Tipo de terreno:	XXXX
Sección transversal (*)	XXXX
Número de carriles	XXXX
Ancho de espaldones externos	XXXX
Ancho de espaldones internos	XXXX
Parterre central	XXXX
Tipo de capa de rodadura	Pavimento flexible y/o rígido
Velocidad de Diseño Mínimo:	
Terreno Montañoso:	XXXX
Gradiente longitudinal Máximo:	XXXX
Puentes (cruce de ríos)	XXXX
Pasos inferiores y superiores	XXXX
Intercambiadores a desnivel	XXXX
Túnel	XXXX

Nota: Las características generales propuestas son el resultado de los análisis realizados en el Estudio de Prefactibilidad previamente realizado.

(\*) La sección transversal adjunta, será analizada por el Consultor y recomendará una sección transversal nueva siempre y cuando las necesidades del proyecto modifiquen la propuesta; de ser necesario incluirá carriles de servicio, barreras de separación de medianas o tipo Jersey, protección vial y peatonal, etc., en los tramos que lo ameriten, a fin de que los carriles centrales tengan una circulación libre y fluida.

## **1.6 Descripción**

El estudio a realizar contempla la etapa de

- Estudio Definitivo de Ingeniería

### **RECOMENDACIONES:**

Los parámetros del trazado geométrico para la autopista, se considerarán en base a las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) para clase I, normas Coorpecuador R1-R2, Normas Internacionales American Association State Highway Transportation Officials (AASHTO) 2004, Highway Capacity Manual (HCM) entre otras, tomando en consideración la topografía y zonas pobladas cercanas al proyecto.

Los anchos libres de calzada para los puentes deben considerar el ancho de los carriles más el ancho de los espaldones recomendados por el MTO.

La vía en estudio deberá integrarse y considerar a las demás autopistas en diseño, así como a las infraestructuras y servicios existentes tales como carreteras, anillos viales y demás obras conectando las grandes ciudades y tomando en consideración los aeropuertos, terminales terrestres, parques industriales y centros de producción agropecuaria, así como las futuras zonas especiales de desarrollo económico (ZEDES), entre las más relevantes y que requieran de infraestructura especial o adicional a la indicada.

Las cantidades de obra deben presentarse en unidades técnicas cuantitativas y justificadas (utilizando el sistema métrico decimal universal).

## **1.7 Objeto de los Servicios de Consultoría**

El objetivo principal de los servicios de consultoría a contratar es contar con la elaboración de ESTUDIO DE INGENIERÍA DEFINITIVO para obtener documentos técnicos que permitan la construcción, operación y mantenimiento usando bien la modalidad de concesión, donde la inversión privada se recupera posteriormente vía canon o peaje bien vía obra pública tradicional.

El Equipo Consultor será responsable de todos los trabajos y estudios que realice en cumplimiento de los presentes términos de referencia y de acuerdo a los términos planteados por la Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública y su reglamento general aprobada en agosto del 2008.

## **2 ALCANCE Y PROFUNDIDAD DE LOS SERVICIOS DE CONSULTORÍA DEL ESTUDIO DE INGENIERÍA DEFINITIVO**

La descripción de los alcances de los servicios que se hace a continuación, no es limitativa. El Consultor, en cuanto lo considere necesario, podrá ampliarlos o profundizarlos, siendo responsable de todos los trabajos y estudios que realice.

En caso de haberse desarrollado previamente el Estudio Preliminar de Ingeniería con el alcance suficiente, los informes técnicos/anejos del mismo podrán integrarse en el presente Estudio Definitivo de Ingeniería no siendo necesario volver a realizar el trabajo.

## **2.1 DOCUMENTOS INTEGRANTES DEL ESTUDIO**

El Estudio de Ingeniería Definitivo constará de los siguientes documentos:

### **2.1.1 DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS**

La Memoria tendrá carácter informativo. Recogerá:

- necesidades a satisfacer;
- exposición de los antecedentes, objeto y solución adoptada debidamente justificada,
- factores de todo orden a tener en cuenta: económicos, sociales, administrativos, estéticos, justificación de la solución adoptada (aspectos técnicos y económicos), características de todas y cada una de las obras proyectadas, acciones sísmicas.

Se indicarán los datos previos, métodos de cálculo y ensayos efectuados de forma descriptiva incluyendo los detalles y desarrollo en anejos.

#### **2.1.1.1 ANEJOS A LA MEMORIA**

En ellos se incluirán todos los datos de tráfico, topográficos, hidrológicos, hidráulicos, geológicos, geotécnicos, territoriales, ambientales, y otros cálculos y estudios que se hubieran utilizado en su elaboración.

Su metodología y contenido se describen en apartados posteriores en detalle. A continuación se incluye su relación.

- ANEJO Nº 0. Antecedentes
- ANEJO Nº 1. Cartografía y topografía
- ANEJO Nº 2. Geología y procedencia de materiales
- ANEJO Nº 3. Efectos sísmicos
- ANEJO Nº 4. Climatología e hidrología
- ANEJO Nº 5. Planeamiento
- ANEJO Nº 6. Tráfico
- ANEJO Nº 7. Estudio geotécnico del corredor
- ANEJO Nº 8. Trazado geométrico
- ANEJO Nº 9. Movimiento de tierras
- ANEJO Nº 10. Firmes y pavimentos
- ANEJO Nº 11. Drenaje
- ANEJO Nº 12. Estudio geotécnico para la cimentación de estructuras y para los túneles
- ANEJO Nº 13. Estructuras y túneles
- ANEJO Nº 14. Soluciones propuestas al tráfico durante la ejecución de las obras.

- ANEJO N° 15. Señalización, balizamiento y defensas
- ANEJO N° 16. Integración Ambiental
- ANEJO N° 17. Obras complementarias
- ANEJO N° 18. Replanteo
- ANEJO N° 19. Coordinación con otros organismos y servicios
- ANEJO N° 20. Reposición de caminos
- ANEJO N° 21. Expropiaciones e indemnizaciones
- ANEJO N° 22. Reposición de servicios
- ANEJO N° 23. Plan de obras
- ANEJO N° 24. Análisis de mantenimiento rutinario y periódico
- ANEJO N° 25. Seguridad y Salud
- ANEJO N° 26. Clasificación del Contratista
- ANEJO N° 27. Justificación de precios
- ANEJO N° 28. Presupuesto de inversión
- ANEJO N° 29. Fórmula de revisión de precios
- ANEJO N° 30. Valoración de ensayos
- ANEJO N° 31. Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.

### **2.1.2 DOCUMENTO N° 2. PLANOS**

Los planos tendrán carácter contractual y, por tanto, deberán estar firmados.

Los planos -de conjunto y de detalle- deberán definir perfectamente la obra, con la precisión suficiente para poderse ejecutar en su totalidad.

A partir de los planos deberá ser posible deducir las mediciones.

Asimismo, en los planos se incluirán las características resistentes de los materiales.

La numeración será la siguiente:

- 2.1 Índice
- 2.2 Plano de situación
- 2.3 Plano de conjunto con alzado esquemático (planta a escala 1:5000)
- 2.4 Planta de trazado y replanteo (planta a escala 1:1000, con todos los ejes proyectados, tanto del tronco como del resto de viales, y con las bases de replanteo).
- 2.5 Planta general y perfil longitudinal del tronco (planta a escala 1:1000, donde se representarán obras de tierras, estructuras, túneles y obras de drenaje. Perfil longitudinal con guitarra de parámetro de trazado)
- 2.6 Planta y perfil longitudinal de intercambiadores y vías de servicio.

- 2.7 Secciones tipo
  - 2.7.1 Tronco, ramales de intercambiadores, vías de servicio, etc.
  - 2.7.2 Reposición de carreteras y caminos.
  - 2.7.3 Estructuras
  - 2.7.4 Túneles
- 2.8 Perfiles transversales
- 2.9 Estructuras y túneles
  - 2.9.1 Túnel 1
    - 2.9.1.1 Planta general
    - 2.9.1.2 Secciones tipo
    - 2.9.1.3 Método constructivo
    - 2.9.1.4 Sostenimientos
    - 2.9.1.5 Emboquilles
    - 2.9.1.6 Galerías de emergencia
    - 2.9.1.7 Impermeabilización y drenaje
    - 2.9.1.8 Revestimiento y acabados
    - 2.9.1.9 Auscultación y control
    - 2.9.1.10 Instalaciones
  - 2.9.2 Puente o Viaducto 1
    - 2.9.2.1 Planta, alzado y sección tipo
    - 2.9.2.2 Tablero (definición geom., replanteo, armado activo y pasivo)
    - 2.9.2.3 Pilas y aparatos de apoyo.
    - 2.9.2.4 Estribos y muros de acompañamiento.
    - 2.9.2.5 Acabados (impermeabilización, juntas de dilatación, pretil).
  - 2.9.3 Paso superior 1
  - 2.9.5 Paso inferior 1
  - 2.9.7 Muro 1
- 2.10 Drenaje
  - 2.10.1 Planta de drenaje
  - 2.10.2 Obras de drenaje
  - 2.10.3 Detalles
- 2.11 Soluciones propuestas al tráfico durante la ejecución de las obras
  - 2.11.1 Planta y perfil longitudinal
  - 2.11.2 Secciones tipo
  - 2.11.3 Perfiles transversales
  - 2.11.4 Señalización
- 2.12 Señalización, balizamiento y defensa
  - 2.12.1 Planta de señalización, balizamiento y defensa (planta a escala A1 1:1000).
  - 2.12.2 Detalles
- 2.13 Integración ambiental
  - 2.13.1 Plano de zonas excluidas, restringidas y admisibles.
  - 2.13.2 Planta de actuaciones preventivas y correctoras.
  - 2.13.3 Detalles de actuaciones preventivas y correctoras.
- 2.14 Obras complementarias
  - 2.14.1 Iluminación
  - 2.14.2 Cerramientos
  - 2.14.3 Postes S.O.S.
  - 2.14.3 Áreas de servicio
- 2.15 Reposición de servidumbres y servicios afectados
  - 2.15.1 Reposición vial, camino, cañada 1
    - 2.15.1.1 Planta, perfil longitudinal y sección tipo.

- 2.15.1.2 Perfiles transversales
- 2.15.1.3 Señalización del vial repuesto
- 2.15.2 Reposición de abastecimiento de agua, acequia u obra de riego
  - 2.15.3.1 Planta
  - 2.15.3.2 Detalles
- 2.15.4 Reposición de conducto de saneamiento
  - 2.15.5.1 Planta y perfil longitudinal
  - 2.15.5.2 Detalles
- 2.15.6 Reposición de línea eléctrica
  - 2.15.7.1 Planta y perfil longitudinal tendido
  - 2.15.7.2 Detalles
- 2.15.8 Reposición de línea telefónica
  - 2.15.9.1 Planta
  - 2.15.9.2 Detalles.

### **2.1.3 DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

Por su carácter contractual, deberá estar firmado.

Deberá describir las obras y regular su ejecución: características de los materiales (procedencia, ensayos), normas para la elaboración de las distintas unidades de obra, instalaciones exigibles y precauciones a adoptar.

Deberá detallar las formas de medición y valoración (unidades de obra y partidas alzadas), estableciendo el plazo de garantía, y especificando las normas y pruebas previstas para las recepciones.

Se describirán las partidas alzadas a justificar o de abono integro, indicando la forma de medición y abono de las mismas.

La descripción de las obras atenderá fundamentalmente a la forma en que éstas se deban construir, con expresión de la secuencia y enlace entre las distintas unidades, y cualquier aspecto no cubierto por los planos.

Existirá coherencia total en la definición de los materiales y unidades de obra incluidos en el Pliego, en los Planos y en el Presupuesto, especialmente en los Cuadros de Precios de este último.

En los apartados dedicados a la "Ejecución de las obras" y "Programación de los trabajos", se tendrán muy en cuenta las posibles limitaciones temporales o espaciales derivadas de posibles afecciones consecuencia del Impacto Ambiental.

En particular, deberá explicitarse lo siguiente:

- La conservación del tramo objeto del proyecto durante la ejecución de las obras correrá a cargo del Contratista adjudicatario de las mismas;
- En el caso de que la excavación, a efectos de su abono, sea clasificada, sólo se considerará como "excavación en roca" cuando las características del material a remover exijan el empleo de explosivos.

### **2.1.4 DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO**

En primer lugar, figurará el estado de mediciones y los detalles precisos para su valoración, incluyendo todos los datos necesarios para que la comprobación pueda hacerse sin consultar los planos.



A continuación, se incluirán los Cuadros de Precios, y seguidamente se obtendrán los presupuestos parciales de cada capítulo, obtenidos como producto del nº de cada unidad por su precio unitario y sumando las partidas alzadas.

Las mediciones y el presupuesto se organizarán en capítulos y subcapítulos agrupados en las diferentes partes de la obra en las que se pueda dividir ésta (Desmonte 1, 2, ... N, Terraplén 1, 2, ... N, ODT 1, 2, ... N, Estructura 1, 2, ... etc) de acuerdo con las distintas actividades consideradas en la planificación de la misma, salvo indicación contraria por parte del MOTP.

Como norma general, la organización de capítulos del presupuesto será la siguiente:

1. Explanación
2. Drenaje
3. Firmes
4. Estructuras
5. Señalización, Balizamiento y defensa
6. Integración ambiental
7. Obras complementarias
8. Reposición de servidumbres y servicios
9. Seguridad y Salud

Se proseguirá, obteniendo el presupuesto global como suma de todos los presupuestos parciales.

Por su carácter contractual, los Cuadros de Precios y el Presupuesto deberán ir firmados.

## **2.2 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA**

### **2.2.1 INTRODUCCIÓN**

Se divide el contenido en cuatro apartados: vuelo, trabajos de campo para la obtención de cartografía 1/1.000, restitución y otros trabajos topográficos de campo. Entendiendo que la precisión general de la cartografía a emplear será 1/1.000 complementándose en puntos concretos con topografía a escalas mayores.

#### **2.2.2 VUELO**

##### **2.2.2.1 Descripción**

Cobertura fotográfica estereoscópica con cámara calibrada de las zonas determinadas por la Administración; a escala 1/5.000 para su realización con cámaras analógicas y para su realización con cámaras digitales con un tamaño de píxel a escala de suelo GSD (Ground Sample Distance) de 10 cms.

##### **2.2.2.2 Condiciones del avión**

El avión a utilizar estará equipado y debidamente acondicionado para la ejecución de los trabajos encomendados. La cámara se montará de tal modo que se atenúen los efectos de las vibraciones del avión, y que los tubos de escape no empañen sus lentes.

##### **2.2.2.3 Tipos de cámaras fotogramétricas**

Para la obtención de las fotografías aéreas necesarias para la ejecución de los trabajos, podrán utilizarse cámaras aéreas analógicas, o cámaras aéreas digitales de formato matricial, indistintamente de acuerdo con las especificaciones que se detallan a continuación

#### **2.2.2.4 Especificaciones técnicas para los vuelos realizados con cámaras fotogramétricas analógicas**

##### **2.2.2.4.1 Condiciones de las cámaras fotogramétricas analógicas**

###### **2.2.2.4.1.1 Condiciones generales**

- Será una cámara fotogramétrica calibrada.
- Tendrá un objetivo gran angular 150+5 mm. , y el formato de los negativos será de doscientos cuarenta y uno por doscientos cuarenta y un milímetro (24,1 cm x 24,1 cm), siendo el formato útil de veintitrés por veintitrés centímetros (23 x 23 cm).
- Estará equipada con los dispositivos necesarios para que la película se mantenga plana en el momento de la exposición. La flecha será inferior a trece micras (13 µm).
- El marco de apoyo del fotograma poseerá las correspondientes marcas de referencia, y el ángulo formado por las rectas que unen las situadas en los lados opuestos, cuya intersección define el llamado centro fiducial de la imagen, será de cien grados centesimales (100°), con una tolerancia de un minuto centesimal en más o en menos (+ 0,01°). El segmento definido por el centro fiducial y el pie del eje del objetivo de la cámara en el plano de la imagen se verá, desde el centro de la pupila de salida del objetivo, bajo un ángulo inferior a un minuto centesimal (0,01°).
- Deberá estar provista de un sistema de navegación y adquisición de datos soportado por sistema de posicionamiento Global GPS (Global Positioning System) en modo cinemático, con el fin de proporcionar datos espaciales. Este sistema debe garantizar:
  - a) Navegación de alta precisión.
  - b) Posibilidad de tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas.
  - c) Cálculo automático de la deriva, velocidad y altura.
  - d) Registro automático de las posiciones de cada fotograma.

###### **2.2.2.4.1.2 Especificaciones del sistema GPS:**

El sistema GPS utilizado podrá recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tendrá un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo. Deberá de reconstruir la portadora L2 de forma completa.

La máscara de elevación estará fijada en un mínimo de 5° de altura

El indicador de precisión por la posición de los satélites PDOP (Position Dilution of Precision) será inferior a 5 en todo momento para garantizar la precisión en la navegación

La antena de alta calidad estará instalada en el exterior del avión en un lugar que asegure la recepción continua de la señal de los satélites y esté libre de interferencias de otros equipos del avión y de efectos "multiphat" o multitrayectoria.

###### **2.2.2.4.1.3 Calidad del objetivo**

La máxima distorsión radial en el negativo será de una centésima de milímetro (0,01 mm).

La resolución del objetivo será, como mínimo, de sesenta (60) líneas por milímetro en el centro del fotograma, y de diez (10) líneas por milímetro en sus bordes.

La pérdida de luminosidad en el plano de la imagen, medida por la pérdida de los bordes respecto de la del centro, será inferior al veinte por ciento (20 %).

Solamente se podrán utilizar filtros construidos por la casa fabricante de la cámara.

#### **2.2.2.4.1.4 Obturador de la cámara**

Deberá utilizarse un obturador que reúna los requerimientos combinados de imagen y apertura óptima en las condiciones de iluminación que existan en el momento de la toma.

El obturador de la cámara permitirá, como mínimo, un tiempo de exposición de un trescientosavo de segundo (1/300 s).

Todas las marcas fiduciales serán perfectamente visibles en todos los fotogramas sin excepción.

#### **2.2.2.4.1.5 Corrección de la deriva**

La cámara irá provista de los mecanismos necesarios para la corrección continua de la deriva.

#### **2.2.2.4.1.6 Calibración de la cámara**

La cámara a emplear habrá sido calibrada a una temperatura que no exceda de veinte grados Celsius (20° C) de la que existirá durante la realización del vuelo.

El Consultor estará obligado a suministrar el certificado de calibración de la cámara emitido por el fabricante o centro autorizado por él y con antigüedad inferior a dos años, la cámara habrá sido calibrada con los filtros utilizados en la ejecución del trabajo.

#### **2.2.2.4.2 Condiciones de la película**

##### **2.2.2.4.2.1 Soporte de la emulsión**

El soporte de la emulsión será de poliéster, y poseerá una gran estabilidad dimensional, asegurando un coeficiente de expansión lineal térmico menor de 0.002% por °C y un cambio lineal permanente menor que +0.016% entre la película pre-procesada y la post-procesada.

Su deformación permanente será del mismo orden de magnitud en cualquier dirección y será inferior al dos por diez mil (0,02 %).

##### **2.2.2.4.2.2 Emulsión**

La emulsión de la película será de grano fino.

Su graduación, contrastada sin ser dura.

La película en blanco y negro deberá de ser película pancromática con un rango espectral entre 400nm y 750nm.

La película en color deberá tener el rango espectral con la máxima sensibilidad en las bandas 430nm (azul) 550nm (verde) y 650nm (rojo) aproximadamente.

La conservación de la película deberá de ser la recomendada por el fabricante de la misma y expuesta antes de que venza el período recomendado por el fabricante.

Su poder de resolución será, como mínimo, de sesenta (60) líneas por milímetro.

### **2.2.2.4.2.3 Tamaño de la imagen**

La película proporcionará imágenes de veintitrés por veintitrés centímetros (23 cm x 23 cm) por cada exposición.

### **2.2.2.4.2.4 Revelado, proceso y secado de la película**

El revelado, fijado, lavado y secado de la película expuesta se realizará de forma que los negativos obtenidos estén exentos de manchas, huellas digitales o cualquier otro defecto, ofreciendo tonos de color uniforme y con el contraste necesario para discriminar los distintos detalles de las zonas fotografiadas.

La película, en principio, se revelará de la forma y con el tipo de revelado que aconsejen sus fabricantes.

Para mantener la calidad de los colores o la gama de grises, la película expuesta será procesada lo antes posible con un plazo máximo a temperatura ambiente de 15 días para el B/N y 7 días para el color.

Estos procesos no afectarán a la estabilidad dimensional en más del tres por diez mil (0,03 %), en las distancias entre marcas fiduciales, ni en más del ocho por diez mil (0,08 %), en la escala del total del formato.

Se prohíbe el secado en alcohol.

### **2.2.2.4.3 Condiciones del vuelo con cámaras fotogramétricas analógicas**

#### **2.2.2.4.3.1 Líneas de vuelo**

Las áreas a fotografiar serán cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquéllas cuyos ejes presenten desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales (5°).

Cada una de dichas pasadas estará compuesta única y exclusivamente de tramos rectos, en los cuales se verificará que el ángulo en el punto principal de cada fotograma subtendido entre los homólogos de los puntos principales de los fotogramas precedentes y siguientes ha de estar comprendido entre ciento noventa y cinco y doscientos cinco grados centesimales (195 a 205 °).

Las líneas de vuelo se proyectarán de forma que quede asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponderán a vuelos ininterrumpidos, y los últimos fotogramas de cada tramo recto se superpondrán a los primeros del tramo siguiente.

En caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla, la nueva pasada solapará al menos tres fotogramas con la interrumpida.

#### **2.2.2.4.3.2 Recubrimientos fotográficos**

Los recubrimientos, con un error del cinco por ciento, en más o en menos (+ 5 %), serán los siguientes:

- Longitudinal: Sesenta por ciento (60 %)
- Transversal: Veinticinco por ciento (25 %)

Siempre que exista un cambio de dirección en las líneas de vuelo, el par estereoscópico que corresponda al principio de la nueva sección, se solapará totalmente (100 %), con el último par de la anterior.

#### **2.2.2.4.3.3 Condiciones meteorológicas**

Los vuelos se realizarán cuando el cielo esté despejado, puedan obtenerse imágenes bien definidas, y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, sin nieve o zonas inundadas.

#### **2.2.2.4.3.4 Deriva**

La máxima deriva será inferior a cinco grados centesimales ( $5^{\circ}$ ). Se rechazarán las tiras de negativos en las que la deriva media exceda de tres grados centesimales ( $3^{\circ}$ ).

#### **2.2.2.4.3.5 Velocidad de vuelo**

La velocidad del avión deberá ser tal que, combinada con el tiempo de exposición, asegure un error de arrastre en la imagen inferior a una centésima de milímetro (0,01 mm).

Los desplazamientos de imagen debidos al movimiento de la cámara durante la exposición no deberán exceder de 25 micras, siendo necesario la utilización de un mecanismo compensador del desplazamiento del avión FMC (Forward Motion Compensation).

#### **2.2.2.4.3.6 Informe de vuelo**

Se presentará un informe completo de los vuelos realizados, en el que además de las observaciones que se estime pertinente incluir, se reseñarán los siguientes extremos:

- Condiciones meteorológicas
- Fecha del vuelo
- Situación del vuelo
- Altura del vuelo
- Hora de comienzo y término de la toma de fotografías
- Descripción y referencia de las cámaras empleadas
- Fecha y número de los fotogramas obtenidos

#### **2.2.2.4.4 Fotogramas con cámaras fotogramétricas analógicas**

##### **2.2.2.4.4.1 Escala aproximada**

En ningún caso el denominador de la escala aproximada de los fotogramas que se obtengan será inferior en más del diez por ciento (10 %) del de la escala específica.

##### **2.2.2.4.4.2 Verticalidad**

La inclinación de cada fotograma será inferior a dos grados centesimales ( $2^{\circ}$ ).

##### **2.2.2.4.4.3 Formato e información complementaria**

El formato útil de los fotogramas será de veintitrés por veintitrés centímetros (23 cm x 23 cm).

Cada fotograma, además de tener claramente señalados las correspondientes marcas de referencia marginales, incluirá, en uno de sus bordes, la siguiente información:

- Número de referencia del trabajo

- Número del fotograma
- Día y hora en que se tomó la fotografía
- Altitud media
- Número de fabricación de la cámara
- Distancia focal de la cámara

#### **2.2.2.4.4 Rotulación de los negativos**

Cada negativo se rotulará claramente con caracteres de, aproximadamente, cinco milímetros (5 mm) de altura, señalando el número de rollo de la película y el que corresponde al negativo, comenzando con la primera exposición y continuando, en serie ininterrumpida, hasta la última.

#### **2.2.2.4.5 Condiciones de las copias fotográficas con cámaras fotogramétricas analógicas**

Las copias fotográficas se obtendrán de los correspondientes negativos por contacto.

Las copias sobre papel fotográfico tendrán como soporte papel blanco semimate, de peso doble y grano fino, cuya contracción diferencial será inferior al dos por mil (0,2 %).

Sus dimensiones serán de veintitrés por veintitrés centímetros (23 cm x 23 cm) y todas las copias de un mismo vuelo se realizarán en el mismo tipo y marca de papel fotográfico.

El proceso empleado en su consecución dará como resultado copias de densidad uniforme, y de tal tono de color y grado de contraste, que se muestren claramente todos los detalles de los respectivos negativos.

Todas las copias serán claras y limpias, y estarán exentas de manchas, defectos, ralladuras, arrugas o cualquier otro defecto que pueda disminuir su utilización.

En todo caso, cada copia incluirá la información indicada en el apartado 3.1.2.4.4.3

#### **2.2.2.4.6 Condiciones de los gráficos de vuelo con cámaras fotogramétricas analógicas**

##### **2.2.2.4.6.1 Contenido**

El Consultor proporcionará los gráficos necesarios para mostrar, esquemáticamente, la situación relativa de cada una de las fotografías obtenidas.

En dichos gráficos deberá aparecer la posición aproximada de los fotocentros de cada fotograma, y estarán numerados aquellos cuya situación coincida con un múltiplo de diez (10), se marcará el contorno de la zona que corresponda a cada negativo.

Además en la representación de las fotografías que definan el principio y el final de cada línea de vuelo, se señalará el número de pasada y el número del negativo correspondiente.

##### **2.2.2.4.6.2 Escala y formato**

Los gráficos se realizarán a escala 1:50.000 o 1:25.000 sobre planos 1:50.000 o 1:25.000 del Mapa Topográfico Nacional e incluirán, la designación del Proyecto, la escala, la altura media de vuelo y la situación del Norte geográfico, las hojas del Mapa Topográfico Nacional en que se encuentra y el nombre de la empresa que lo ha realizado.

### **2.2.2.4.6.3 Documentos a entregar con cámaras fotogramétricas analógicas**

- Informe
- Negativos originales sin contrastar
- Dos (2) colecciones de copias por contacto en papel de peso doble
- Gráfico de vuelo a escala 1:50.000 o 1:25.000.
- Coordenadas de los fotocentros obtenidos del GPS
- Certificado de calibración de la cámara.

### **2.2.2.5 Especificaciones técnicas para los vuelos realizados con cámaras fotogramétricas digitales**

#### **2.2.2.5.1 Condiciones de las cámaras fotogramétricas digitales**

##### **2.2.2.5.1.1 Condiciones generales mínimas**

- Cámara fotogramétrica digital calibrada.
- El sensor pancromático de la cámara deberá tener una resolución de al menos 5.000 columnas y 10.000 filas, y los sensores multispectrales una resolución mínima como máximo 5 veces inferior.
- Resolución radiométrica del sensor de al menos 12 bits por banda.
- El campo de visión transversal será mayor de 50° y menor de 80° sexagesimales.
- La resolución espectral del sensor será:
  - a) 1 banda situada en el pancromático.
  - b) 4 bandas situadas en azul, verde, rojo, e infrarrojo cercano.
- Control de exposición automático.
- Deberá estar provista de un sistema de navegación y adquisición de datos soportado por sistema GPS en modo cinemático, con el fin de proporcionar datos espaciales. Este sistema debe garantizar:
  - b) Navegación de alta precisión.
  - c) Posibilidad de tomas fotográficas en coordenadas predeterminadas.
  - d) Cálculo automático de la deriva, velocidad y altura.
  - e) Registro automático de las posiciones de cada fotograma.
- Deberá estar provista de un sistema de medida inercial IMU/INS (Inertial Measurement Unit/ Inertial Navigation System).
- La cámara deberá estar montada sobre plataforma giroestabilizada que permita mantener su verticalidad.
- La cámara estará dotada de un mecanismo compensador del desplazamiento del avión

(FMC), admitiéndose también el método de la compensación del avance del avión por medio de TDI (Time Delay Integration)

#### **2.2.2.5.1.2 Especificaciones del sistema GPS-INERCIAL**

El sistema GPS utilizado podrá recibir en sus canales las portadoras de fase L1 y L2, y sus correspondientes códigos. Tendrá un mínimo de 12 canales de seguimiento continuo. Deberá de reconstruir la portadora L2 de forma completa.

La máscara de elevación estará fijada en un mínimo de 5° de altura

El indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) será inferior a 5 en todo momento para garantizar la precisión en la navegación

La antena de alta calidad estará instalada en el exterior del avión en un lugar que asegure la recepción continua de la señal de los satélites y esté libre de interferencias de otros equipos del avión y de efectos "multiphat" o multitrayectoria.

La unidad de medición del sistema inercial compuesta por giróscopos y acelerómetros debe ir alojada sobre el eje de la cámara en el lugar establecido por el fabricante de la misma.

La deriva debe ser menor a 0,1 sexagesimales/hora

La frecuencia de datos de registro debe ser > 200 Hercios

El sistema GPS/INS registrara la posición y orientación de la cámara en el momento del disparo

#### **2.2.2.5.1.3 Calibración de la cámara**

La cámara a emplear habrá sido calibrada a una temperatura que no exceda de veinte grados Celsius (20°C) de la que existirá durante la realización del vuelo.

El Consultor estará obligado a suministrar el certificado de calibración de la cámara emitido por el fabricante o centro autorizado por él y con antigüedad inferior a dos años, la cámara habrá sido calibrada con los filtros utilizados en la ejecución del trabajo.

#### **2.2.2.5.2 Condiciones del vuelo con cámaras fotogramétricas digitales**

##### **2.2.2.5.2.1 Líneas de vuelo**

Las áreas a fotografiar serán cubiertas por una o varias pasadas paralelas, entendiéndose por tales aquéllas cuyos ejes presenten desviaciones relativas inferiores a cinco grados centesimales (5°).

Cada una de dichas pasadas estará compuesta única y exclusivamente de tramos rectos, en los cuales se verificará que el ángulo en el punto principal de cada fotograma subtendido entre los homólogos de los puntos principales de los fotogramas precedentes y siguientes ha de estar comprendido entre ciento noventa y cinco y doscientos cinco grados centesimales (195 a 205 °).

Las líneas de vuelo se proyectarán de forma que quede asegurada la cobertura estereoscópica del total de la zona. Todas las pasadas corresponderán a vuelos ininterrumpidos, y los últimos fotogramas de cada tramo recto se superpondrán a los primeros del tramo siguiente.

En caso de ser necesario interrumpir una pasada, al reanudarla, la nueva pasada solapara al menos tres fotogramas con la interrumpida.



#### **2.2.2.5.2.2 Recubrimientos fotográficos**

Los recubrimientos, con un error del cinco por ciento, en más o en menos (+ 5 %), serán los siguientes:

- Longitudinal: Sesenta por ciento (60 %)
- Transversal: Veinticinco por ciento (25 %)

Siempre que exista un cambio de dirección en las líneas de vuelo, el par estereoscópico que corresponda al principio de la nueva sección, se solapará totalmente (100 %), con el último para de la anterior.

#### **2.2.2.5.2.3 Condiciones meteorológicas**

Los vuelos se realizarán cuando el cielo esté despejado, puedan obtenerse imágenes bien definidas, y el terreno a fotografiar ofrezca una situación normal, sin nieve o zonas inundadas.

#### **2.2.2.5.2.4 Informe de vuelo**

Se presentará un informe completo de los vuelos realizados, en el que además de las observaciones que se estime pertinente incluir, se reseñarán los siguientes extremos:

- Condiciones meteorológicas
- Fecha del vuelo
- Situación del vuelo
- Altura del vuelo
- Hora de comienzo y término de la toma de fotografías
- Descripción y referencia de las cámaras empleadas
- Fecha y número de los fotogramas obtenidos

#### **2.2.2.5.3 Fotogramas con cámaras fotogramétricas digitales**

##### **2.2.2.5.3.1 Escala del vuelo**

La altura de las pasadas del vuelo se calculara de tal forma que se cumpla:

- a) El tamaño del píxel medio para toda la pasada a escala de suelo (GSD) será el solicitado  $\pm$  el diez por ciento (10 %).
- b) No habrá más de un diez por ciento (10%) de fotogramas en cada pasada con píxel medio del fotograma a escala de suelo (GSD) superior al solicitado  $\pm$  el diez por ciento (10 %).

##### **2.2.2.5.3.2 Verticalidad**

La inclinación de cada fotograma será inferior a dos grados centesimales ( $2^0$ ).

##### **2.2.2.5.3.3 Formato e información complementaria**

Una vez procesadas las imágenes recogidas por la cámara, el formato de los fotogramas será

TIFF 6 (Tagged Image File Format) sin compresión, con máxima resolución geométrica después del proceso de generación de imágenes multispectrales de alta resolución partiendo de la imagen pancromática de alta resolución y de las imágenes multispectrales de baja resolución (pansharpening) y con profundidad de color de 8 bits por banda.

También se entregara una versión de cada fotograma, a plena resolución, comprimido en formato ECW (Enhanced Compressed Wavelet).

En un fichero en formato ASCII se entregara para cada fotograma la siguiente información:

- Número de referencia del trabajo
- Pasada
- Número del fotograma
- Fecha y hora GPS de la toma (Marca de Evento)
- Coordenadas X Y del centro de proyección en WGS84
- Altura elipsoidal y altura ortométrica del centro de proyección
- Ficheros de Giros (Omega, Phi y Kappa)
- Desviaciones estándar a priori en coordenadas y giros

#### **2.2.2.5.4 Condiciones de las copias fotográficas en papel con cámaras fotogramétricas digitales**

Las copias fotográficas se obtendrán de las correspondientes imágenes por filmación en papel fotográfico con impresión láser RGB, con una resolución mínima de 300 puntos por pulgada.

Las copias sobre papel fotográfico tendrán como soporte papel blanco semimate, de peso doble y grano fino, cuya contracción diferencial será inferior al dos por mil (0,2 %).

Sus dimensiones se adaptaran a los formatos estándar de papel fotográfico existente (DIN A4, 30X24, 25X20, etc....) de tal manera que la escala de impresión sea aproximadamente la de la escala de vuelo 1/5.000 solicitada para el caso de realizarse con cámara analógica. Todas las copias de un mismo vuelo se realizaran en el mismo tipo y marca de papel fotográfico.

El proceso empleado en su consecución dará como resultado copias de densidad uniforme, y de tal tono de color y grado de contraste, que se muestren claramente todos los detalles de los respectivos negativos.

Todas las copias serán claras y limpias, y estarán exentas de manchas, defectos, ralladuras, arrugas o cualquier otro defecto que pueda disminuir su utilización.

En todo caso, cada copia obtenida incluirá la información:

- a) Identificación de la zona volada
- b) Fecha y hora de realización del vuelo
- c) Pasada y numero de fotograma
- d) Cámara que ha realizado el vuelo
- e) Resolución del píxel a escala de suelo (GSD)

- f) Focal
- g) Altura del vuelo
- h) Escala aproximada de impresión

#### **2.2.2.5.5 Condiciones de los gráficos de vuelo con cámaras fotogramétricas digitales**

##### **2.2.2.5.5.1 Contenido**

El Consultor proporcionará los gráficos necesarios para mostrar, esquemáticamente, la situación relativa de cada una de las fotografías obtenidas.

En dichos gráficos deberá aparecer la posición aproximada de los focos de cada fotograma, y estarán numerados aquellos cuya situación coincida con un múltiplo de diez (10), se marcará el contorno de la zona que corresponda a cada negativo.

Además en la representación de las fotografías que definan el principio y el final de cada línea de vuelo, se señalará el número de pasada y el número de la imagen correspondiente.

##### **2.2.2.5.5.2 Escala y formato**

Los gráficos se realizarán a escala 1:50.000 o 1:25.000 sobre planos 1:50.000 o 1:25.000, si fuera posible, e incluirán, la designación del Proyecto, la escala, la altura media de vuelo y la situación del Norte geográfico, y el nombre de la empresa que lo ha realizado.

##### **2.2.2.5.6 Documentos a entregar con cámaras fotogramétricas digitales**

- Informe.
- Imágenes digitales en formato TIFF.
- Imágenes digitales en formato ECW.
- Dos (2) colecciones de copias impresas en papel de peso doble.
- Datos de los focos obtenidos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU/INS).
- Gráfico de vuelo a escala 1:50.000 o 1:25.000, si es posible.
- Certificado de calibración de la cámara.

#### **2.2.3 TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA 1/1.000**

##### **2.2.3.1 Descripción de los trabajos de topografía de campo para la obtención de cartografía 1/1.000**

Se realizarán trabajos topográficos de campo para obtener las coordenadas de los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica, para ello previamente se realizará una Red Básica que estará enlazada con el marco de referencia WGS84 materializado mediante la Red Nacional de Geodesia (RENGEO) y que posteriormente (en otras fases del trabajo) será la base de partida para la confección de la Red de Bases de Replanteo que permitirá: la realización del replanteo, la obtención de perfil longitudinal, la obtención de perfiles transversales y la realización de levantamientos topográficos complementarios.

##### **2.2.3.2 Formación de la Red Básica**

Se establecerá una Red Básica doble (planimétrica y altimétrica), referida UTM (WGS 84/PSAD

56) y a la red RENGEO, que servirá para materializar el sistema de coordenadas que se utilizará en el trabajo en planimetría y en altimetría.

Para ello se enlazará en planta con los vértices de la Red RENGEO utilizando metodología de observación para la obtención de datos posicionales desde satélites GNSS (Global Navigation Satellite System), y se les transmitirá cota ortométrica a partir de la Red RENGEO.

Se describirá en la memoria de los trabajos de topografía con toda exactitud el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y cotas de los vértices de la Red, dibujándose la Red Básica en planos 1:50.000 o 1:25.000. En uno de estos planos se representarán todas las baselíneas medidas mediante G.P.S., tanto las de unión a la Red RENGEO como las propias de la red planimétrica y altimétrica así como las de enlace con los tramos adyacentes. En otro plano aparte, se representarán los anillos de nivelación con los itinerarios reales realizados en campo. Igualmente se describirá en la memoria la existencia de otros tramos anteriores o posteriores al del proyecto, y realizados con anterioridad, con los que se deba enlazar en caso necesario.

Se dejará constancia en el terreno de los vértices de la Red Básica mediante hitos prefabricados, clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia. De cada uno de ellos se realizará una reseña y se incluirán en el Proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del entorno y además, se indicarán las referencias a tres puntos fijos del entorno, el acceso, el emplazamiento, sus coordenadas, cota y una fotografía en color que se incluirán en el Proyecto. La descripción de los vértices en las reseñas debe ser lo suficientemente detallada de forma que permita su localización sin necesidad de replantear su posición por coordenadas.

### **2.2.3.3 Sistema de referencia**

El sistema de referencia planimétrico que se utilizará en los trabajos es el oficial en la cartografía ecuatoriana:

- Sistema de Proyección: Universal Transversa Mercator (UTM) (WGS 84/PSAD 56)

El sistema de referencia altimétrico que se utilizará en los trabajos es el oficial en la cartografía ecuatoriana.

### **2.2.3.4 Metodologías de trabajo para la formación de la Red Básica**

Para la realización de la Red Básica solamente se podrá utilizar metodología GPS y nivelación geométrica, con las limitaciones que se detallan en los siguientes apartados. El establecimiento de la Red Básica se compone de las siguientes tareas:

- Enlace al marco de referencia UTM (WGS 84/PSAD 56),
- Establecimiento de la Red Básica Planimétrica
- Enlace a la red RENGEO
- Establecimiento de la Red Básica Altimétrica

La red planimétrica y la red altimétrica referidas a la red RENGEO, estarán relacionadas además mediante baselíneas de enlace, de forma que toda la Red Básica constituye un bloque que definirá el marco de referencia global para el apoyo y los demás trabajos de topografía y cartografía del proyecto.

No se admiten para la realización de la Red Básica otras técnicas de observación GPS diferentes del posicionamiento estático relativo con postproceso. Por tanto, no son válidas las metodologías

clásicas de poligonación, observaciones GPS con receptores monofrecuencia, observaciones de GPS en tiempo real RTK(Real Time Kinematic), bien sea mediante radio enlace o mediante enlace por módem con protocolo (General Packet Radio Service), etc.

El tiempo de observación GPS debe ser el suficiente para fijar las ambigüedades de fase en L1 Y L2, aunque este tiempo depende de gran número de parámetros (longitud de la baselínea, número y configuración de los satélites que se reciben durante la medición, tipo de receptor, etc.) con carácter general se establecen los siguientes tiempos de observación mínimos y las longitudes máximas de baselíneas a medir salvo justificación especial:

Longitud baselínea $\leq$ 10 km	10 km < longitud baselínea < 25 km
Tiempo mínimo de Observación:10 minutos	10 minutos+1 min/km adicional

Se fija una longitud máxima de baselínea de 25 km. Asegurando la recepción de, al menos, 4 satélites durante el tiempo de observación con una máscara de elevación de 15 grados de altura. La configuración de la constelación de satélites tiene que ser tal que se tenga un indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) igual o inferior a 5 durante toda la observación.

La utilización de nuevas tecnologías no incluidas en este Pliego quedan supeditadas a su aprobación por escrito por parte de la Dirección de los trabajos, previa presentación para su aprobación de la suficiente documentación técnica que justifique que la metodología utilizada mantiene o mejora las precisiones obtenidas con los métodos descritos.

#### **2.2.3.4.1 Enlace con el marco de referencia UTM (WGS 84/PSAD 56),**

El marco de referencia WGS84 está materializado por los vértices de la Red RENGEO. Además las nuevas redes de tecnología para la obtención de datos posicionales desde satélites (GNSS) disponen de coordenadas referidas a este mismo sistema de referencia, por tanto pueden integrarse dentro del mismo marco siempre y cuando las coordenadas procedan de un cálculo realizado por un organismo oficial (Instituto Geofísico Nacional, Instituto Geográfico Militar).

Para la georreferenciación planimétrica del proyecto, se enlazará mediante GPS al menos a dos vértices geodésicos de la red RENGEO o estaciones fijas de referencia de redes GNSS con coordenadas publicadas por organismos oficiales.

Este enlace se realizará desde al menos dos puntos fijos de la Red Básica, de forma que los dos vértices geodésicos o GNSS quedarán como mínimo birradiados, con el fin de detectar baselíneas erróneas, no pudiendo enlazarse a vértices o GNSS situados a una distancia del trazado superior a la longitud máxima de la baselínea (25 km).

Posteriormente, en la fase de cálculo, se incluirán como marco de referencia WGS84 todos los vértices de la Red RENGEO que se consideren necesarios de intervenir con el fin de que circunscriban la zona de trabajo, y como mínimo cuatro. Entre estos vértices RENGEO se incluirán también los empleados por los tramos adyacentes en sus respectivos cálculos con el fin de emplear un marco de referencia común y garantizar la continuidad entre tramos.

Se calculará una transformación Helmert de siete parámetros, para el paso de coordenadas geodésicas WGS84 con alturas elipsoidales, a la proyección UTM en el sistema WGS84 con alturas ortométricas referidas a las referencias oficiales en Ecuador. Este paso resolverá la planimetría y altimetría de forma independiente, de modo que se emplearán como puntos fijos planimétricos los vértices de la Red RENGEO y/o GNSS así como los vértices enlazados de los tramos adyacentes que cumplan las tolerancias establecidas, y en la altimetría se fijarán igualmente los vértices de la Red RENGEO y/o GNSS situados a una distancia del tramo mayor de 2 km, vértices de los tramos adyacentes, así como todos los vértices de la Red Básica

Altimétrica con cota procedente de nivelación geométrica a partir del enlace a la red. Los pequeños errores residuales que se obtengan de la aplicación de esta transformación serán distribuidos de forma que las coordenadas resultantes de los puntos fijos transformados deberán ser coincidentes con las originales que figurarán en la reseña oficial de los mismos.

Se indicará claramente en la memoria la relación de vértices empleados, haciendo distinción entre los vértices observados en campo con GPS y los que solamente han intervenido en el cálculo de la transformación, indicando aquellos que han sido rechazados en el cálculo. En ningún caso, se podrán rechazar en el cálculo la totalidad de los vértices geodésicos o GNSS enlazados en campo, en cuyo caso sería necesario volver a realizar las observaciones del enlace a la red RENGEO en el campo.

#### **2.2.3.4.2 Establecimiento de la Red Básica Planimétrica**

Se establecerá una red planimétrica de aproximación al trazado mediante técnicas GPS, compuesta por al menos tres vértices que deberá cubrir la zona que ocupe el proyecto, de forma que la distancia máxima entre los vértices de la Red Básica será de 4000 m. Por otra parte, la Red Básica tampoco deberá desviarse del trazado una distancia superior a 4000 m.

Esta red servirá de base para el apoyo y posteriores trabajos de topografía. Por tanto sus vértices deberán emplazarse en lugares accesibles, con horizonte despejado libre de obstáculos y que garanticen su permanencia y estabilidad, de forma que si en alguna de las fases del proyecto se detecta la desaparición de más del 25% de sus vértices, éstos deberán reponerse en su totalidad.

La metodología de trabajo se basará en el posicionamiento GPS en modo estático relativo con postproceso. Los tiempos y condiciones de la observación serán los indicados en el apartado 3.1.3.4. con carácter general.

El cálculo y compensación de la trilateración, que configura la Red Básica, se realizará por el método de mínimos cuadrados.

Las tolerancias en el error medio cuadrático de los incrementos de coordenadas medidas (en las tres dimensiones,  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) en las observaciones serán de 30 mm.

Para garantizar la fiabilidad de la Red Básica es fundamental la redundancia de datos para el cálculo de las baselíneas en el elipsoide WGS84, con esta filosofía el método de trabajo para la creación de la Red Básica recomendado es la triangulación con técnicas GPS.

Toda la zona objeto del trabajo debe quedar cubierta por una triangulación formada por las baselíneas que unan entre sí los vértices de la Red Básica. A cada vértice de la Red Básica deben llegar al menos tres baselíneas, excepto los dos vértices extremos de la triangulación, que podrán tener solamente dos baselíneas.

Esta red de aproximación al proyecto, deberá estar rodeada de un marco de referencia geodésico materializado por al menos 4 vértices pertenecientes a la red RENGEO o GNSS que circunscriban toda la zona de trabajo, de los cuales al menos dos deberán enlazarse mediante dos baselíneas (bিরradiación GPS) desde dos vértices de la Red Básica, no pudiendo quedar los Vértices de la Red Básica exteriores al polígono formado por los vértices geodésicos y GNSS.

La longitud máxima de cualquier baselínea queda limitada a 25 km. Dadas las características de la Red Básica triangulada es recomendable la utilización de al menos tres equipos GPS midiendo de forma simultánea lo que garantiza la redundancia de las observaciones.

En todas las metodologías descritas cuando se habla de unir o enlazar con un mínimo de baselíneas de observación, se sobreentiende que estas baselíneas de unión deben haber sido todas admitidas en el proceso de cálculo, siendo necesario repetir o enlazar con otros tantos

vértices como los rechazados en el cálculo, para conseguir el mínimo requerido en cada caso

En caso de realizarse una comprobación de la Red Básica Planimétrica desde los Vértices Geodésicos el 100% de los vértices comprobados presentará diferencias menores de 10 cm en las coordenadas originales respecto a las coordenadas obtenidas en la comprobación.

#### **2.2.3.4.3 Enlace con la Red RENGEO**

La transmisión de cota ortométrica a la Red Básica Altimétrica se realizará mediante una nivelación geométrica doble a partir de la Red RENGEO.

La tolerancia para esta nivelación geométrica es:

- error en cota  $< 10 \cdot (k)^{1/2}$  mm; siendo k=longitud del itinerario en km.

En caso de existir una línea de nivelación del IGN en las proximidades del trazado (3-4 km) que discorra sensiblemente paralela a éste y conserve una densidad de clavos suficiente (un clavo cada 2 km), podrá emplearse como Red Básica Altimétrica. Se indicará en la memoria los clavos que la conforman, se entregará su reseña oficial y se enlazará cada uno de ellos mediante GPS a la red planimétrica con la metodología descrita anteriormente.

En ningún caso, la red altimétrica podrá estar constituida por clavos NAP pertenecientes a diferentes líneas de nivelación sin comprobación del enlace entre éstas mediante nivelación geométrica.

Todos aquellos clavos de la Red Básica, que no hayan sido nivelados geoméricamente en una línea de nivelación continua en esta fase de los trabajos no podrán emplearse en la posterior nivelación de la red de bases de replanteo para el cierre de anillos aislados.

#### **2.2.3.4.4 Establecimiento de la Red Básica Altimétrica**

Paralelamente a la Red Básica Planimétrica se establecerá una red de clavos de nivelación de al menos 3 puntos, próxima al trazado (3-4 km) que constituirá el marco de referencia altimétrico para el proyecto.

La metodología de observación de esta red será una nivelación geométrica doble (ida y vuelta), continua, que discorra a lo largo del trazado, materializándose con al menos un vértice cada 2 km. Además, cada vértice de la Red Básica Altimétrica deberá enlazarse al menos a dos vértices de la Red Básica Planimétrica mediante observaciones GPS con la metodología anteriormente descrita (apartado 2.1.3.4.), de forma que todos los clavos de la red altimétrica tendrán además coordenadas planimétricas promediadas y ajustadas en bloque con el resto de observaciones del conjunto global del proyecto.

Podrán formar parte de esta red altimétrica aquellos vértices de la red planimétrica que se incluyan en los anillos de nivelación realizados y se les transmita cota ortométrica mediante nivelación geométrica.

Al igual que la red planimétrica, se dejará constancia en el terreno de los vértices de la red mediante hitos prefabricados, clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia y estabilidad. De cada uno de ellos se realizará una reseña y se incluirán en el Proyecto, conteniendo cada una de ellas un croquis de campo con la representación del entorno y además, se indicarán las referencias a tres puntos fijos del entorno, el acceso, el emplazamiento, sus coordenadas, cota y una fotografía en color. La descripción de los vértices en las reseñas debe ser lo suficientemente detallada de forma que permita su localización sin necesidad de replantear su posición por coordenadas.

Con el fin de garantizar la permanencia de la Red Básica Altimétrica, no se admitirán redes



altimétricas con más del 50% de sus clavos materializados sobre asfalto. En cualquier caso, si en alguna de las fases del proyecto se detecta la desaparición de más del 50% de sus vértices, éstos deberán reponerse.

En caso de realizarse una comprobación de la Red Básica Altimétrica, el 100% de los vértices comprobados presentará diferencias en cota menores de  $20 \cdot (k)^{1/2}$  mm; siendo k=longitud del itinerario en km en las cotas originales respecto a las cotas obtenidas en la comprobación.

#### **2.2.3.4.5 Enlace con posibles tramos adyacentes en proyecto**

En el caso de que el proyecto forme parte de un itinerario y existan tramos adyacentes en fase de diseño, con el fin de garantizar la continuidad planimétrica y altimétrica entre tramos, se enlazarán con al menos dos vértices del tramo anterior y dos vértices del tramo siguiente,

Este enlace se realizará mediante GPS desde al menos dos puntos fijos de la Red Básica, de forma que los dos puntos de los tramos adyacentes quedarán como mínimo birradiados.

En la fase de cálculo, se realizará un ajuste previo de la red propia del proyecto con los vértices de la red RENGEO/GNSS observados como puntos fijos que definen el marco de referencia y se contrastarán las coordenadas obtenidas de este cálculo con las facilitadas por los tramos adyacentes.

En caso de que las diferencias observadas cumplan las tolerancias establecidas,

$$dXY < 10 \text{ cm} ; \quad dH \leq 20 \cdot (k)^{1/2} \text{ mm}$$

se realizará un el cálculo definitivo según lo descrito en el apartado 3.1.3.4.1.: Se calculará una transformación Helmert de siete parámetros, resolviendo la planimetría y altimetría de forma independiente, de modo que se emplearán como puntos fijos planimétricos los vértices de la Red RENGEO y/o GNSS así como los vértices enlazados de los tramos adyacentes que cumplan la tolerancia planimétrica, y en la altimetría se fijarán igualmente los vértices de la Red RENGEO y/o GNSS situados a una distancia del tramo mayor de 2 km, vértices de los tramos adyacentes que cumplan la tolerancia altimétrica, así como todos los vértices de la Red Básica Altimétrica con cota procedente de nivelación geométrica.

En la memoria de los trabajos quedarán reflejadas las diferencias encontradas con los tramos adyacentes, así como se indicará qué vértices se han considerado fijos en planimetría y/o altimetría.

#### **2.2.3.5 Trabajos de apoyo de campo**

Los trabajos de apoyo de campo comprenderán la toma de datos en campo que se requieran para determinar la posición planimétrica y altimétrica de los puntos de apoyo necesarios para la restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas verticales obtenidas. Para la obtención de sus coordenadas se partirá de la Red Básica realizada.

Dada la posibilidad de realizar vuelos analógicos y vuelos digitales en los que existen datos de un sistema mixto GPS/ Inercial (GPS/IMU), se plantean varias alternativas para la realización del apoyo de campo:

##### **2.2.3.5.1 Apoyo de campo para vuelos analógicos**

El apoyo se efectuará con un mínimo de 5 puntos por par estereoscópico. En las zonas de mayor dificultad topográfica, previa justificación, se podrá reducir a 4.

En una colección de copias por contacto de los fotogramas correspondientes, se pincharán los puntos de apoyo y los vértices de la Red Básica que queden incluidos en el fotograma; se



pincharán en el fotograma en que su identificación sea más clara (cuyo número y pasada junto con el croquis se indicará en la reseña del punto de apoyo), enmarcando su posición en los demás fotogramas en los que aparezca. En el anverso de las copias, los puntos pinchados se enmarcarán mediante círculos o triángulos equiláteros, al objeto de localizar su posición.

La posición de los puntos de apoyo en los fotogramas será lo bastante próxima a las esquinas de los fotogramas para que la zona a restituir quede en el interior del polígono formado por los puntos, quedando recubierto por el citado polígono al menos el 70% del fotograma en la dirección de avance de la pasada.

Las coordenadas planimétricas y altimétricas de los puntos de apoyo se obtendrán por radiación desde los vértices de la Red Básica, bien sea por procedimientos clásicos (teodolito y distanciómetro) o por radiación con técnicas GPS.

Para la obtención de las coordenadas de los puntos de apoyo por procedimientos clásicos, se limitará la longitud entre el vértice de la Red Básica utilizada para radiar y el punto radiado a 1 Km., limitándose esta longitud de radiación con el fin de obtener unas precisiones respecto a la Red Básica iguales o mejores de 0.10m tanto en planimetría como en altimetría.

En caso de utilizarse tecnología GPS podrá utilizarse el método estático relativo con las limitaciones siguientes:

Recepción de, al menos, 4 satélites durante el tiempo de observación con una máscara de elevación de 15 grados de altura.

Longitud baselínea $\leq$ 10 km	10 km < longitud baselínea < 25 km
Tiempo mínimo de Observación: 10 minutos	10 minutos + 1 min/km adicional

La configuración de la constelación de satélites tiene que ser tal que dispongamos de un indicador de precisión por la posición de los satélites (PDOP) inferior a 5 durante toda la observación.

Para la radiación de los puntos de apoyo también podrá utilizarse tecnología RTK, bien sea mediante radio enlace, o mediante enlace por módem con protocolo GPRS (General Packet Radio Service), quedando limitada la longitud de las baselíneas a 10 Kms, y siempre que se garantice una precisión respecto a la Red Básica igual o mejor que 10 cm.

En caso de realizarse una comprobación de los puntos de apoyo desde la Red Básica el 90% de los puntos comprobados presentará diferencias menores de 20 cm en las coordenadas y cotas originales respecto a las coordenadas y cotas obtenidas en la comprobación.

#### **2.2.3.5.2 Apoyo de campo para vuelos digitales**

Por tener los vuelos digitales realizados con sistemas mixtos GPS/Inerciales (GPS/IMU) una mayor información que los vuelos analógicos, el apoyo de campo podrá realizarse con dos metodologías distintas.

##### **2.2.3.5.2.1 Apoyo de campo continuo para vuelos digitales**

En este caso el apoyo se realiza igual que en los vuelos analógicos, con un mínimo de 5 puntos por par estereoscópico. En las zonas de mayor dificultad topográfica, previa justificación, se podrá reducir a 4.

En una colección de copias positivas de los fotogramas correspondientes, se pincharán los puntos de apoyo y los vértices de la Red Básica que queden incluidos en el fotograma; se

pincharán en el fotograma en que su identificación sea más clara (cuyo número y pasada junto con el croquis se indicará en la reseña del punto de apoyo), enmarcando su posición en los demás fotogramas en los que aparezca. En el anverso de las copias, los puntos pinchados se enmarcarán mediante círculos o triángulos equiláteros, al objeto de localizar su posición.

La metodología de trabajo para la obtención de los puntos de apoyo es exactamente igual que la descrita en el punto anterior para los vuelos analógicos.

#### **2.2.3.5.2.2 Apoyo de campo con aerotriangulación para vuelos digitales**

Siempre que los datos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU) se hayan medido correctamente durante el vuelo, se puede realizar el apoyo mediante una aerotriangulación analítica en la que intervengan estos datos obtenidos más los puntos de apoyo obtenidos en campo de acuerdo con las normas siguientes:

- a) Se obtendrán 2 puntos de apoyo desdoblados en el primer modelo y último de cada pasada, y un punto más desdoblado cada ocho modelos (los puntos se deben desdoblar por la menor definición que tienen los fotogramas positivos de los vuelos digitales y que dificulta mucho el pinchado y puede inducir a error en la identificación de los puntos)
- b) Los puntos en este primer y último modelo deben estar a una distancia de la esquina del fotograma no inferior a 1,5 cm y no superior de 4 cm.
- c) Si no se puede cumplir los requisitos anteriores en el primer o último modelo, éstos se apoyarán con 4 puntos de apoyo hasta que en un modelo se puedan cumplir los requisitos anteriores.
- d) Se dará un punto de control altimétrico complementario cada 4 modelos en zonas de posado fiable, especialmente en carreteras o plataformas que aparezcan en el vuelo, las coordenadas de estos puntos no se incluirán en el cálculo de la aerotriangulación, sino que servirán para verificar las diferencias entre las coordenadas que les asigne el cálculo de la aerotriangulación y sus coordenadas obtenidas en campo.
- e) Siempre en todas las pasadas debe haber al menos un punto de apoyo en el interior de la pasada.
- f) Si durante el proceso de cálculo de la aerotriangulación los datos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU) fuesen rechazados, deberá realizarse al apoyo de forma continua.

Obviamente los programa de cálculo de aerotriangulación utilizados debe incluir los datos del sistema mixto GPS/Inercial (GPS/IMU) de la cámara en el proceso de cálculo.

Los programas que se utilicen para la obtención de los valores de los parámetros de orientación externa de las imágenes se basarán en el ajuste de los bloques por haces, permitiendo combinar los datos de los puntos de apoyo, los datos GPS, los datos inerciales y los datos fotogramétricos.

Los programas que se utilicen para la obtención de los valores de los parámetros de orientación externa de las imágenes incluirán en su proceso de cálculo de algoritmos de detección automática y eliminación de errores groseros.

Se observarán un mínimo de 12 puntos de enlace (2 en cada zona de Von Grüber) conectando los modelos, en caso de existir más de una pasada paralela se dará como mínimo 1 punto de conexión entre pasadas. La medición de estos puntos puede realizarse de forma automática por correlación o bien de forma manual.

La empresa informará del software que se utilice para este proceso, así como de la idoneidad para la realización de este trabajo.

Las precisiones del ajuste, los puntos de apoyo y control que intervengan en el cálculo serán:

- Desviación típica a posteriori de las medidas de fotocoordenadas (Precisión interna): Error medio cuadrático < 5 micras.
- Error medio cuadrático de los errores residuales planimétricos en los puntos medidos (Precisión interna planimétrica final) < 10 cm.
- Error medio cuadrático de los errores residuales altimétricos en los puntos medidos (Precisión interna altimétrica final) < 10 cm.
- Error residual máximo planimétrico en los puntos de apoyo utilizados < 10 cm.
- Error residual máximo altimétrico en los puntos de apoyo utilizados < 15 cm.
- Error máximo altimétrico en cada punto de control < 15 cm.

#### **2.2.3.6 Documentos a entregar de la Red Básica y del apoyo de campo**

##### **2.2.3.6.1 Red Básica:**

La documentación mínima a entregar de esta fase del trabajo es:

- Informe en el que se contenga al menos:
  - a) Enlace a la red geodésica: vértices geodésicos de enlace para la transformación de sistemas de coordenadas.
  - b) Instrumentación.
  - c) Métodos topográficos empleados.
  - d) Indicación expresa de haber alcanzado las precisiones exigidas en el Especificaciones Técnicas para la realización del Proyecto.
  - e) Proyección cartográfica empleada.
- Gráfico de las baselíneas de la Red Básica sobre planos 1:50.000 o 1:25.000.
- Gráfico de nivelación geométrica sobre planos 1:50.000 o 1:25.000.
- Listado de baselíneas.
- Reseñas de vértices geodésicos o GNSS .
- Reseñas de vértices de la Red Básica Planimétrica y Red Básica Altimétrica
- Reseñas de puntos auxiliares de nivelación (empleados en el cierre de anillos y que no pertenezcan a la Red Básica).
- Cálculo de Red Básica, nivelación geométrica y enlace altimétrico con listado de las coordenadas definitivas.
- Enlace con tramos adyacentes (en caso de que los haya).

En los cálculos de GPS se entregarán los listados de la compensación por mínimos cuadrados, que incluirán al menos los siguientes parámetros:

a) Residuos de las observaciones después de la compensación:

Correcciones que se aplican a las distancias y los desniveles después de la compensación.

b) Error medio cuadrático de las observaciones (distancias)

c) Error medio cuadrático de determinación de las coordenadas,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , finales, compensadas de la red.

d) Elipses de error de determinación de la posición de los vértices de la red, definidas por los semiejes mayor y menor.

e) Precisión de ajustes de la Red Básica con la Red RENGEO

f) Listado de coordenadas de la Red Básica en el sistema WGS84 .

#### **2.2.3.6.2 Apoyo de campo:**

##### **2.2.3.6.2.1 Apoyo de campo continuo**

La documentación mínima a entregar de esta fase del trabajo es:

- Cálculo de puntos de apoyo.
- Reseñas de puntos de apoyo (con croquis de campo, número de punto, coordenadas, número de fotograma y pasada).
- Colección de fotogramas positivos pinchados.
- Gráfico de situación de los puntos de apoyo sobre los planos 1:50.000 o 1:25.000.
- Los cuadernos de campo con la relación de los ángulos y distancias en caso de realizarse por metodología tradicional.
- Los listados de baselíneas en caso de realizarse por métodos GPS.

##### **2.2.3.6.2.2 Apoyo de campo con aerotriangulación en vuelos digitales**

La documentación mínima a entregar de esta fase del trabajo es:

- Cálculo de puntos de apoyo de campo.
- Reseñas de puntos de apoyo (con croquis de campo, número de punto, coordenadas, número de fotograma y pasada).
- Colección de fotogramas positivos pinchados.
- Los cuadernos de campo con la relación de los ángulos y distancias en caso de realizarse por metodología tradicional.
- Los listados de baselíneas en caso de realizarse por métodos GPS.
- Listados de cálculo de la aerotriangulación, donde se ponga de manifiesto los errores residuales del proceso de cálculo, así como los puntos rechazados en el cálculo.

- Ficheros de orientaciones absolutas de los pares fotogramétricos obtenidos de la aerotriangulación.
- Diferencias obtenidas entre la cota obtenida en el cálculo y la obtenida en campo de los puntos complementarios de control altimétrico.
- Gráfico de situación de los puntos de apoyo sobre los planos 1:50.000 o 1:25.000, en el que se incluyan los puntos obtenidos en campo y los puntos de control altimétrico, diferenciándose claramente mediante distintos símbolos.

## **2.2.4 RESTITUCIÓN**

### **2.2.4.1 Descripción**

La restitución se hará a escala 1:1.000, con curvas de nivel a 1 m de equidistancia salvo indicación expresa en contra de la Dirección del Proyecto o de la Subdirección General de Proyectos. La franja a ambos lados del futuro eje será lo suficientemente amplia para que dé una idea completa del terreno circundante y edificios o lugares necesarios a ubicar en la planimetría. Los planos recogerán la toponimia local de poblaciones, caseríos, ríos, etc.

La restitución será analítica, ya que se pretende realizar un modelado de los elementos reales, identificando las entidades discretas que la forman con elementos lineales que las representan, y almacenándolas georreferenciadas en formato digital; es decir todos los elementos estarán representados por las coordenadas de los puntos que los definan incluidos los textos que tendrán un punto de inserción y una orientación para su correcta representación gráfica.

Se presentarán en un formato que guarde la información tridimensional tanto de la planimetría como de la altimetría.

La restitución se realizará en aparatos analíticos o digitales correctamente calibrados, no siendo admisible la utilización de aparatos analógicos a los que se acoplen codificadores. Se indicará el tipo de aparato empleado y su precisión, adjuntándose los correspondientes certificados de calibración. En el caso de utilizar aparatos digitales se adjuntará el certificado de calibración del escáner fotogramétrico usado así como el detalle de su precisión y resolución geométrica. También se indicará el sistema gráfico original de captura y el formato original de los ficheros magnéticos obtenidos en la restitución.

Los errores residuales máximos de los puntos de apoyo en la orientación de los modelos serán:

- En planimetría: 25 cm.
- En altimetría: 25 cm.

El error medio cuadrático máximo residual de los puntos de apoyo en la orientación tanto en planimetría como en altimetría será: 10 cm.

### **2.2.4.2 Sistema de coordenadas**

Los mapas de una misma área se referirán a un sólo sistema de coordenadas, especialmente si un trabajo se desarrolla en dos husos diferentes, se representará en un único huso, que será el que comprenda la mayor parte del trabajo.

En caso de ser imprescindible la utilización de cartografía en dos husos distintos en un mismo proyecto, será necesaria la autorización explícita del Director de los Trabajos que dictará en su caso las normas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto al cambiar el huso.

Se dibujarán los vértices de una red de cuadrados de diez centímetros (10 cm) de lado,

orientados según el sistema de coordenadas; en cada hoja de la cartografía aparecerán las coordenadas de al menos dos de estos vértices, para tener así definidas de forma gráfica las coordenadas de cualquier punto de la hoja.

En todas las hojas se indicará la posición del norte del sistema de coordenadas mediante un símbolo fácilmente identificable.

#### **2.2.4.3 Puntos bien definidos en planimetría**

La posición del noventa por ciento (90 %) de los puntos bien definidos, no diferirá de la verdadera en más de cinco décimas de milímetro (0,5 mm) a la escala del mapa.

Los mapas deberán reflejar todos los detalles planimétricos del terreno y de las construcciones que puedan aparecer en el mismo, con dimensión mínima mayor de quince décimas de milímetro (1,5 mm).

Serán de interés los ríos, lagos y embalses; las zonas de arbolado y de cultivo; los caminos, carreteras, ferrocarriles, canales, puertos, embarcaderos y aeropuertos; las líneas aéreas de transporte de energía o de comunicaciones; y demás elementos visibles similares.

Los edificios y demás construcciones se representarán a escala, siempre que sus dimensiones equivalentes resulten superiores a dos milímetros y medio (2,5 mm).

En mapas de zonas urbanas se exigirán únicamente las manzanas de casas, pero no los patios interiores.

#### **2.2.4.4 Puntos bien definidos en altimetría**

##### **2.2.4.4.1 Definición**

En los mapas deberán figurar las cotas altimétricas de todos aquellos elementos que, por su situación o condiciones, convenga definir, tales como vértices geodésicos identificables en los fotogramas, la superficie del agua de los lagos, depósitos y lagunas; vértices de montañas, collados y puertos; depresiones y vaguadas; intersecciones de carreteras; líneas de ferrocarril en las estaciones; extremos de los ejes de viaductos, puentes y estructuras análogos, etc.

##### **2.2.4.4.2 Precisión altimétrica**

Las cotas del noventa por ciento (90 %) de los puntos bien definidos, no diferirán de las verdaderas en más de un cuarto (1/4) del valor de la equidistancia entre curvas de nivel.

##### **2.2.4.4.3 Precisión de las curvas de nivel**

Las curvas de nivel, en terreno no enmascarado por vegetación, se dibujarán con una exactitud tal, que el noventa por ciento (90 %) de las cotas obtenidas por interpolación de aquellas, no diferirá de las verdaderas en más de la mitad (1/2) de la equidistancia.

En zonas enmascaradas por vegetación, las curvas de nivel se dibujarán con trazo discontinuo, aceptándose entonces, una tolerancia igual a la equidistancia, que se logrará sin modificación alguna del presupuesto, por métodos terrestres, si fuera preciso.

#### **2.2.4.5 Toponimia mínima a incluir en los planos**

Para la localización e identificación de las distintas zonas del trazado, es fundamental la información que aporta a los planos la incorporación de la toponimia adecuada, como mínimo se incorporará a la cartografía realizada:

- Nombre de todos los tramos de las carreteras representadas, incluyendo sus Puntos Kilométricos.
- Toda la toponimia de la zona restituida existente en la cartografía 1/25.000, de forma especial:
  - a) Parajes significativos.
  - b) Accidentes geográficos significativos.
  - c) Caminos con nombre propio.
  - d) Hidrónimos.
  - e) Poblaciones que aparezcan en la cartografía aunque no tengan Municipio (pedanías, barrios, Municipios, etc.)
  - f) Nombre de todos los Términos Municipales que figuran en cada hoja de cartografía (deben incluirse los límites de término municipal que figuran en los planos 1/25.000)
  - g) Elementos urbanos representativos aunque estén en ocasiones fuera del casco urbano, especialmente cementerios y ermitas.
- Toda la toponimia relacionada con el Estudio de Prefactibilidad y del Estudio de Impacto Ambiental (incluyendo -en su caso- los elementos arqueológicos representativos).

#### **2.2.4.6 Documentos a entregar de la cartografía 1/1.000**

El Consultor incluirá en el proyecto los planos planteados junto con un gráfico de distribución de hojas que proporcione una visión de conjunto de la cartografía restituida.

La documentación mínima a entregar de la cartografía 1/1.000 es:

- Informe, que contendrá al menos:
  - a) Instrumentos empleados.
  - b) Sistema gráfico original de captura: formato original de los ficheros magnéticos.
  - c) Librería de códigos utilizados:  
Código – elemento – tipo de línea.
  - d) Certificado de calibración del instrumento de restitución o escáner fotogramétrico, si se utilizan equipos digitales con vuelo analógico.
  - e) Partes de orientación en los que queden reflejados los puntos de apoyo utilizados en cada par estereoscópico, los parámetros de orientación y los residuos de la orientación absoluta alcanzados en los P.A.
  - f) Gráfico de distribución de hojas.
- Colección de planos planteados en color a escala 1/2.000 en formato reducido (reducción de los planos originales a escala 1/1.000).

- Se deberá indicar en los planos junto a la escala gráfica la escala numérica a la que estaría el plano en caso de plotearse en formato original.
- Ficheros sobre soporte magnético en CD de la cartografía tridimensional y del gráfico de distribución de hojas en uno de los formatos estándar de intercambio (DXF, DWG, DGN, ASCII DIGI, etc.), y un fichero de texto en el que se detallen los códigos utilizados para cada uno de los elementos del fichero y el tipo de línea y color usado en su representación gráfica en papel.

## **2.2.5 ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL**

### **2.2.5.1 Descripción**

La ortofotografía al ser una imagen proyectada ortogonalmente, a partir de las imágenes cónicas de los vuelos fotogramétricos y de carácter métrico, permite la superposición de las imágenes vectoriales correspondientes a la cartografía y/o el proyecto, recuperándose de esta forma la información visual que se perdería en caso de utilizar solamente la cartografía, y que además de dar una clara visión general del proyecto, proporciona una información muy valiosa en diferentes tareas como afecciones, impacto ambiental, información pública, expropiaciones, etc.

Una vez realizada la cartografía a escala 1:1.000 se realizará una ortofotografía digital de toda la zona incluida en la restitución fotogramétrica con una resolución de 10 cm, con las normas que se definen a continuación.

### **2.2.5.2 Imágenes digitales del vuelo fotogramétrico.**

Dado que existe la posibilidad de la utilización de vuelos analógicos o digitales, en caso de haberse utilizado para la ejecución del trabajo fotografías analógicas, debe realizarse el escaneo de las imágenes como paso previo al comienzo del trabajo.

Se realizará un escaneo fotogramétrico a 20 micras de los negativos del vuelo. El escaneo se realizará con un escáner plano de tipo fotogramétrico capaz de diferenciar 256 tonos para cada uno de los tres colores básicos, incluyendo en el escaneo toda la superficie enmarcada por las marcas fiduciales y ellas mismas.

La precisión del escáner deberá ser igual o menor a tres micras, siendo los movimientos mecánicos menores que una micra y el tamaño del píxel mínimo igual o inferior a 10 micras. Su calibración deberá ser realizada con los protocolos específicos del fabricante, entregándose un certificado de calibración con menos de un año de antigüedad.

El escaneo deberá ser realizado con una resolución de 20 micras, lo que supone para la escala de vuelo especificada 0.10 metros píxel. No admitiéndose la obtención de esta resolución por interpolación de escaneos de menor resolución.

Para cada píxel y cada banda de color RGB (Red, Green, Blue), se realizará lectura del valor cromático entre 0-255. Estos 256 niveles de color se registrarán con 24 bits.

Se comprobará siempre que la saturación de la imagen no supere el 1% permitiéndose un máximo del 0.5% a cada lado del histograma, que las marcas fiduciales sean visibles y la apariencia visual correcta (adecuadas a la realidad, es decir, tonos del terreno semejantes deben dar valores digitales semejantes) y sin defectos (evitar en lo posible la existencia de cuerpos extraños tales como polvo, fibras textiles,...)

### **2.2.5.3 Confección del Modelo Digital del Terreno**

Para la realización del Modelo Digital de Terreno (MDT), se partirá de los datos obtenidos de la



restitución fotogramétrica, confeccionándose un Modelo Digital de Terreno con una Red irregular de triángulos TIN (Triangulated Irregular Network) a partir de las curvas de nivel, de los puntos de cota y de las líneas de rotura representadas en la cartografía.

En la generación del Modelo Digital de Terreno (MDT) se prestará especial cuidado en las zonas de puentes, viaductos, bocas de túneles,...modificando manualmente el Modelo Digital de Terreno con el fin de evitar deformaciones en los elementos lineales de las ortofotos.

#### **2.2.5.4 Ortorrectificación**

A partir de las imágenes digitales obtenidas, el Modelo de Terreno y las orientaciones de los fotogramas se realizará la orrorrectificación para pasar de la perspectiva cónica propia de las imágenes a una perspectiva ortogonal de carácter métrico.

La orrorrectificación se realizará en un sólo paso evitando remuestreos posteriores en las siguientes fases del proceso y se realizarán directamente con un tamaño de píxel a escala de suelo (GSD) de 10 cm.

Para el proceso de remuestreo se utilizará la interpolación bicúbica.

La rectificación se realizará obteniendo la cota del Modelo Digital de Terreno con un espaciado entre píxeles que sea adecuada para cada fotograma. En caso de que haya puentes o cambios de pendiente bruscos, este espaciado se reducirá según sea necesario de tal forma que los elementos rectificadas tengan la precisión final que se pretende.

A las imágenes orrorrectificadas, se les realizará un control visual para asegurar que no existen zonas duplicadas, estiramientos de píxeles o errores geométricos producidos por errores del Modelo Digital de Terreno o por una mala elección del espaciado de píxeles de consulta del Modelo Digital de Terreno a la hora de rectificar.

En caso de que existan errores producidos por el Modelo Digital de Terreno, éste se corregirá y se volverá a realizar el proceso de rectificación en aquellos fotogramas que se vean afectados por estos errores.

En caso de que los errores vengan producidos por la elección del espaciado de píxeles de consulta del Modelo Digital de Terreno, se repetirá el proceso de rectificación disminuyendo dicho espaciado.

La precisión planimétrica del proceso será tal que el error medio cuadrático de la posición de los píxeles sea menor de 20 cm (2 veces el GSD). Esta comprobación se realizará con un número representativo de puntos (al menos 30 puntos por imagen) entre puntos de apoyo y control, y puntos que se obtengan por superposición con la cartografía

#### **2.2.5.5 Ajuste radiométrico y formación del mosaico**

Los fotogramas orrorrectificados, deben tener una apariencia visual similar, y por tanto es necesario homogeneizar todos los fotogramas que integran el trabajo para conseguir obtener una ortofoto continua.

En el proceso de formación del mosaico se unirán las distintas imágenes obtenidas de la orrorrectificación, tras el primer equilibrado de color se deben definir las líneas de corte y unión; estas líneas podrán obtenerse automáticamente mediante la utilización de algoritmos de mínimos cambios radiométricos o por líneas definidas manualmente siguiendo accidentes naturales que eviten las diferencias tonales en la unión, de tal manera que la transición entre distintos fotogramas resulte imperceptible.

En la confección del mosaico deben intervenir todas las fotografías del vuelo.

Las imágenes resultantes se dividirán en bloques que permitan su utilización y manejo de forma razonable.

#### **2.2.5.6 Control de calidad**

Se llevará a cabo un control de calidad sobre las ortofotos en el que se verificará la precisión planimétrica de la imagen resultante, la ausencia de defectos internos y la continuidad geométrica y radiométrica con las ortofotos colindantes.

Precisión planimétrica: para su comprobación se utilizarán los puntos de aerotriangulación, las líneas de corte y los elementos expresamente restituidos para este control. La diferencia entre unas y otras coordenadas nunca debe ser superior a 0.20 m.

Defectos internos: se realizará un control visual de las ortofotos en busca de defectos tales como:

- Desplazamientos de píxeles debido a defectos del Modelo Digital de Terreno.
- Elementos quebrados.
- Duplicados.
- Estiramiento de píxeles en puentes.
- Zonas con huecos por falta de información en la imagen (proyecciones de elementos, etc....).

Continuidad geométrica y radiométrica: Cada ortofoto se comprobará con sus colindantes. Las entidades que se extienden más allá de una hoja lo harán con un error máximo de 2 píxeles.

Las ortoimágenes contiguas han de tener el color continuo, salvo las diferencias producidas por las condiciones de toma del propio vuelo. La comprobación radiométrica a realizar en esta fase, consiste en verificar la correspondencia radiométrica entre la ortofoto realizada y la imagen original escaneada con la que se realizó. Los parámetros estadísticos radiométricos de ambas: histogramas, saturación, media, desviación, etc....deben ser similares.

#### **2.2.5.7 Toponimia mínima a incluir en los fotoplanos ploteados**

Para la localización e identificación de las distintas zonas del trazado, es fundamental la información que aporta a los planos la incorporación de la toponimia adecuada, por lo que se incluirá en los fotoplanos toda la información toponímica solicitada a la cartografía realizada a escala 1/1.000.

#### **2.2.5.8 Sistema de coordenadas de los fotoplanos**

Los fotoplanos de un misma área se referirán a un sólo sistema de coordenadas, especialmente si un trabajo se desarrolla en dos husos diferentes, se representará en un único huso, que será el que comprenda la mayor parte del trabajo.

En caso de ser imprescindible la utilización de fotoplanos en dos husos distintos en un mismo proyecto, será necesaria la autorización explícita del Director de los Trabajos que dictará en su caso las normas necesarias para garantizar la continuidad del proyecto al cambiar el huso.

Se dibujarán los vértices de una red de cuadrados de diez centímetros (10 cm) de lado, orientados según el sistema de coordenadas; en cada hoja del fotoplano aparecerán las coordenadas de al menos dos de estos vértices, para tener así definidas de forma gráfica las coordenadas de cualquier punto de la hoja.

En todas las hojas se indicara la posición del norte del sistema de coordenadas mediante un símbolo fácilmente identificable.

#### **2.2.5.9 Documentación a entregar de las ortofotografías**

- Memoria técnica del proceso de rectificación, formación del mosaico y ajuste radiométrico donde se especificará la metodología instrumentación, software y cálculo empleados de las ortofotografías de resolución 10cm.
- DVD con los ficheros en formato TIFF (sin tiles y sin comprimir) de las ortofotografías de resolución 10cm.
- DVD con los ficheros en formato comprimido JPG de las ortofotografías de resolución 10cm
- Ficheros para la georreferenciación de los anteriores ficheros de imagen, empleando como sistema de referencia WGS84 .
- DVD con los ficheros de las ortofotos correspondientes a la banda de cartografía restituída con resolución de 10 cm. en formato JPG georreferenciadas, para que en cualquier fase de los diseños se pueda realizar el montaje sobre la ortofotografía del dibujo del trazado.
- Colección de fotoplanos ploteados con el montaje de la ortofotografía más el trazado en color a escala 1/2.000 en formato reducido (reducción de los planos originales a escala 1/1.000), se exigirá su actualización en caso de existir modificaciones del trazado, para cada una de las fases del diseño.
- Se deberá indicar en los planos junto a la escala gráfica, la escala numérica a la estaría la ortofoto en caso de plotearse en formato original.

#### **2.2.6 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS DE CAMPO ADICIONALES**

Se realizarán trabajos topográficos de campo para la realización del replanteo, obtención de perfil longitudinal, obtención de perfiles transversales, levantamientos taquimétricos y la realización de levantamientos topográficos complementarios.

##### **2.2.6.1 Red de bases de replanteo**

Partiendo de los vértices de la Red Básica, se establecerán redes de bases de replanteo para la aproximación al trazado definitivo y desde las que se realizarán el replanteo y los trabajos topográficos complementarios, sirviendo además como un control permanente de planimetría y altimetría, para las fases posteriores de replanteo y construcción de la obra.

Para la obtención de sus coordenadas planimétricas se pueden utilizar las metodologías siguientes:

- Realizar poligonales de precisión por metodología clásica (teodolito y distanciómetro) encajadas en los vértices de la Red Básica.
- En caso de realizarse la red de bases de replanteo por topografía clásica, las coordenadas planimétricas se obtendrán mediante la realización de poligonales de precisión cerradas y compensadas encuadradas entre los vértices de la Red Básica, debiendo ser los errores de cierre de la poligonal inferiores a las tolerancias máximas admitidas.
- Las poligonales se realizaran con un teodolito de 1 segundo centesimal de

apreciación y un distanciómetro electro-óptico o electromagnético de precisión igual o mejor de  $+10\text{mm} + 5 \text{ ppm}$ . Los ángulos se medirán con anteojo normal e invertido (Regla de Bessel), no debiendo existir entre las dos lecturas divergencias de más de 10 segundos. La medida de las distancias se realizará tres veces, no pudiendo existir entre ellas diferencias mayores de 3cm.

- Confección de una Red Triangulada que se apoye en los vértices de la Red Básica y obtenida con la misma metodología de trabajo descrita para la Red Básica.
- Birradiación desde la Red Básica utilizando técnicas GPS para así poder tener una comprobación de las coordenadas obtenidas, realizando un promedio de las coordenadas siempre y cuando la diferencia entre ellas no supere 0.05m, repitiéndose las mediciones en caso de existir diferencias mayores. Para realizar las radiaciones el receptor GPS fijo se ha de situar al menos en dos bases de la Red Básica diferentes, con esta metodología puede utilizarse equipos GPS en RTK (tanto mediante radio enlace, como con enlace mediante tecnología GPRS).

Los vértices de la red de bases de replanteo se nivelarán geoméricamente para darles cota desde los puntos nivelados geoméricamente en la Red Básica.

Se situarán a distancias que permitan su uso satisfactorio para las necesidades de las obras (distancia media del orden de unos 200 m), de forma que permitan su utilización como bases de replanteo del trazado por bisección o polares, una vez definido éste, y al mismo tiempo sirvan para realizar los levantamientos topográficos para obtener la cartografía de detalle necesaria para la correcta definición de elementos concretos del Proyecto, tales como estructuras, obras de fábrica, encauzamientos, intersecciones, cruces con servicios y servidumbres, etc.

Las bases de replanteo se situarán fuera de la zona de obras y de forma que el replanteo por bisección no produzca ángulos inferiores a  $15^\circ$ . Se representarán en los planos de planta del trazado junto con los ejes y la línea que delimita la explanación.

Las bases de replanteo se señalarán con el sistema más adecuado, en función de la zona de su implantación, pero siempre de forma tal que se garantice su permanencia, empleando hitos prefabricados, clavos de hierro recibidos con hormigón u otro medio que garantice su permanencia. De cada uno de ellos se realizará una reseña con un croquis de detalle con la representación del entorno y su acceso, y además se tomarán referencias a tres puntos fijos, sus coordenadas, cota y una fotografía en color que se incluirá en el Proyecto.

Se describirá en la memoria de los trabajos de topografía con toda exactitud el procedimiento utilizado para la obtención de las coordenadas y cotas de los vértices de Red de Bases de replanteo, especialmente la metodología usada y los puntos utilizados para su enlace con la Red Básica, dibujándose la Red de bases de replanteo y los vértices utilizados de la Red Básica en planos 1:25.000. En estos planos se representarán las visuales realizadas en caso de utilizarse topografía clásica o las baselíneas medidas en caso de utilizarse metodología G.P.S.

La precisión del trabajo (tolerancias) en planimetría será la siguiente:

En caso de utilizar Poligonales de Precisión:

- Error angular  $< 40. (N)^{1/2}$  segundos centesimales , siendo  $N=N^0$  de vértices
- Error lineal (después de compensación angular)  $< 100. (K)^{1/2}$  mm; siendo

k = longitud del itinerario en km.

En caso de utilizar una Red Triangulada GPS:

- Las tolerancias en el error medio cuadrático de las observaciones será  $< 4$  cm.

En caso de birradiar las bases utilizando tecnología GPS:

- Diferencia máxima en las distintas determinaciones del mismo punto 5 cm.

En caso de realizarse una comprobación planimétrica de las Bases de Replanteo desde la Red Básica, el 90% de las bases comprobadas presentará diferencias menores de 10 cm en las coordenadas originales respecto a las coordenadas obtenidas en la comprobación.

La precisión del trabajo (tolerancias) en altimetría será la siguiente:

- error en cota  $< 15 (k)^{1/2}$  mm, siendo k=longitud del itinerario en km.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las Bases de Replanteo, en el 90% de las bases comprobadas las diferencias de cota existentes entre las cotas originales y las de comprobación serán inferiores que  $30 (k)^{1/2}$  mm, siendo k=longitud del itinerario en km.

### **2.2.6.2 Replanteo del eje y obtención del perfil longitudinal**

Desde la Red de bases de replanteo debidamente niveladas, se realizará el replanteo y estaquillado del eje cada 20 m y obtención del perfil longitudinal, una vez obtenido este longitudinal y tras su comparación con el perfil obtenido de la restitución, se realizará la corrección de las rasantes si fuera necesario.

En caso de realizarse una comprobación planimétrica del estaquillado, las diferencias entre las coordenadas del 90% de los puntos comprobados del proyecto y las de comprobación serán menores de 20 cm.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica del estaquillado, las diferencias entre las cotas del 90% de los puntos comprobados del perfil longitudinal obtenido en campo y las de comprobación serán menores de 20 cm.

### **2.2.6.3 Obtención de perfiles transversales**

Se realizará la obtención de los perfiles transversales en cada punto replanteado, con la longitud necesaria en función de la zona de ocupación.

Siempre que los perfiles transversales no se obtengan por metodología clásica estacionando en la estaca que materializa el trazado, para su realización con estación total o con tecnología GPS deben utilizarse programas de ayuda que permitan en tiempo real comprobar que los puntos tomados en campo están en la alineación del perfil, evitando los errores ocasionados por la falta de perpendicularidad del perfil respecto al eje replanteado o la falta de alineación de los puntos en el perfil.

En el caso de tener que realizarse perfiles transversales en carreteras o autovías en las que sean necesarios obtener los datos del peralte, los procedimientos GPS no dan la suficiente precisión para obtenerlo, para estos casos se podrán obtener los datos por nivelación geométrica, o con el procedimiento de radiación de los puntos de línea blanca o borde de aglomerado con estaciones totales a distancias no superiores a 150 m, desde las bases de replanteo niveladas, para obtener de esta forma puntos con una precisión altimétrica en torno a 1 cm.

Para este tipo de trabajos pueden ser especialmente útiles las estaciones sin prisma, dado que en las autovías en que se deban obtener los perfiles transversales puede ser muy complicado la realización de cortes de carril para poder trabajar sobre la calzada mientras ésta se encuentra en servicio.

Otra posibilidad para la obtención de perfiles y peraltes es la utilización de Laser Scan terrestre, especialmente por la posibilidad de utilizarlo sobre un vehículo, ya que aunque la precisión planimétrica es inferior a la obtenida por topografía clásica desde las bases de replanteo, la medición de peraltes puede llegar a tener la misma precisión. Para utilizar esta tecnología, sería necesario una calibración previa del equipo que nos permita comprobar la medida del peralte de una calzada con el laser scan móvil y con estación total, verificando que la diferencia de cota que obtenemos entre los bordes de la calzada con los sistemas no difiere en más de 2 cm cada 10m.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las cotas obtenidas en los perfiles transversales las diferencias existentes en el 90% de los perfiles entre las cotas del perfil y las de la comprobación serán en todos sus puntos menores de 50 cm.

En caso de realizarse una comprobación altimétrica de las diferencias de cotas correspondientes a los bordes de calzada que definan el peralte de una sección, las diferencias en el 90% de los peraltes comprobados no deben superar los 3 cm en 10 m.

#### **2.2.6.4 Levantamientos taquimétricos**

Se realizarán levantamientos taquimétricos en todos los trabajos que debido a sus exigencias métricas no sean susceptibles de realizarse por fotogrametría (levantamientos de detalle a escalas 1/200 y 1/500), y/o en las zonas que por no existir vuelo o por no ser perfectamente visible en el vuelo las zonas objeto de nuestro interés requieran, un levantamiento topográfico in situ de detalle.

Para la obtención de las coordenadas de los puntos del levantamiento, se partirá de la Red Básica o la Red de bases de replanteo. En caso de no ser posible la radiación directa de los puntos necesarios para efectuar el levantamiento desde los vértices de las citadas redes, se llevará el sistema coordenadas hasta la zona objeto del levantamiento, bien usando metodología clásica (realizando poligonales de aproximación a la zona con teodolito y distanciómetro o usando estación total), o bien mediante las técnicas GPS que se han descrito para la red de bases de replanteo.

Las coordenadas de los puntos necesarios para definir el levantamiento se obtendrán por radiación utilizando metodología clásica (teodolito y distanciómetro o estación total), por radiación con técnicas GPS, o mediante la utilización de estaciones de Laser Scan terrestre.

En caso de utilizarse el método Cinemático OTF ( On The Fly) con el equipo GPS, se debe tener la precaución de ir tomando los puntos en anillos, es decir, de tal forma que para terminar una sesión de toma de puntos se vuelva a medir un punto inicial ya medido que sirve de referencia, comprobándose en el postproceso la correspondencia de las coordenadas tomadas al principio y al final de la sesión para el mismo punto, lo que confirma que no ha habido ningún error grosero de pérdida de señal.

#### **2.2.6.5 Trabajos topográficos de campo complementarios**

Además de los trabajos expuestos anteriormente, el Consultor deberá realizar los siguientes trabajos de campo y gabinete:

1. Levantamientos parciales a escala 1:1.000 en caso de que la cartografía ejecutada deje sin restituir zonas.
2. Revisión y actualización de la cartografía que aporte la Administración en caso de ser esta facilitada.
3. Levantamientos taquimétricos a escalas 1:200 o 1:500 de las zonas donde se vayan a emplazar obras de fábrica o drenaje, estructuras o túneles.

4. Levantamiento de perfiles longitudinales y transversales en las zonas en que haya de actuarse en las conexiones con vías rurales, provinciales y estatales, a los efectos del diseño de las intersecciones o enlaces.
5. Fijación, en los planos, de los servicios afectados, a fin de estudiar su modificación si es preciso.
6. Situación sobre la cartografía, de señales kilométricas (hitos o placas) existentes en la carretera actual.
7. Obtención, mediante coordenadas de puntos de su eje, de las alineaciones en planta y alzado de las carreteras, caminos u otras infraestructuras con las que se conecte, sobre las que se pase, o de las que hayan de cruzar por encima; asimismo, se obtendrán las coordenadas de los edificios o cualquier elemento próximo al trazado que pueda afectar a éste, así como de los trabajos geotécnicos de campo.

#### **2.2.6.6 Tolerancias en trabajos topográficos complementarios de campo**

Las tolerancias que se fijen para estos trabajos topográficos complementarios, serán las adecuadas para asegurar las exigencias planimétricas y altimétricas de los diferentes trabajos necesarios, pudiendo tomarse para los levantamientos a escala 1/1000 la misma tolerancia que se exige a la cartografía, y para el resto de los trabajos la correspondiente a una radiación de longitud inferior a 200m desde las bases de replanteo y que se limita a 5 cm tanto en planimetría como en altimetría.

#### **2.2.6.7 Obtención de datos batimétricos en los ríos importantes**

En los ríos más importantes será necesario realizar un levantamiento batimétrico para la determinación de las coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$  del fondo. La utilización de metodología GPS posibilitará la obtención de los datos de planimetría y altimetría de forma conjunta.

#### **2.2.6.8 Documentos a entregar de los trabajos topográficos**

##### **2.2.6.8.1 Documentación a entregar de las bases de replanteo:**

- Gráfico de la Red de bases de replanteo sobre el Mapa a escala 1/25.000 incluyendo las poligonales desde la Red Básica si se ha realizado por topografía clásica o las baselíneas en caso de metodología GPS.
- Cálculo y compensación de la red de bases haciendo constar errores de cierre y longitud de la poligonal en caso de topografía clásica, o residuos de las observaciones, error medio cuadrático de las coordenadas compensadas, elipses de error en la determinación de la posición de los vértices de la red en caso de utilizar metodología GPS.
- Coordenadas de los vértices de la Red Básica usados en la realización de la Red de bases de replanteo (incluso los utilizados para orientar en caso de poligonales de topografía clásica).
- Reseñas, con croquis, fotografías de las bases y referencias.
- Listado de coordenadas de las bases de replanteo.
- Gráfico de los anillos de nivelación sobre el Mapa a escala 1/25.000. Cálculo y compensación de los anillos, haciendo constar los errores de cierre obtenidos y la longitud de los anillos.



- Libretas de campo. Datos informáticos con estacionamiento y cota o baselíneas (en caso de usar metodología GPS).
- Planos de planta a escala 1/2.000 con los límites de los movimientos de tierras y las bases de replanteo representadas.
- Enlace con otros tramos en caso de existir.

**2.2.6.8.2 Documentación a entregar del replanteo del eje y obtención del perfil longitudinal:**

- Cotas del perfil longitudinal.
- Relación de diferencias entre la cartografía y los datos obtenidos en el replanteo.
- Estado de alineaciones y listado de puntos cada 20m.

Toda la documentación de este apartado se entregará tanto en formato papel como archivos informáticos en formato ASCII en formato digital.

**2.2.6.8.3 Documentación a entregar de los perfiles transversales obtenidos en campo:**

- Perfiles transversales de campo, en formato digital.

**2.2.6.8.4 Documentación a entregar de los levantamientos taquimétricos:**

- Planos ploteados de los levantamientos taquimétricos y en formato digital.

**2.2.6.8.5 Documentación mínima a entregar de otros trabajos topográficos:**

- Listados de cálculo de los puntos utilizados en los trabajos.
- Relación de coordenadas de los puntos utilizados en los trabajos.
- Planos en los que se representen los trabajos realizados (en caso de ser un trabajo topográfico que necesite su representación mediante plano).

Toda la documentación de este apartado se entregará tanto en formato papel como archivos informáticos en formato ASCII en formato digital.

## **2.3 GEOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE MATERIALES**

Las canteras, préstamos o vertederos que se estudien en el proyecto tendrán en general carácter informativo. Por lo tanto, no tendrán el carácter de previsto o exigido, debiendo el Contratista de las obras gestionar la búsqueda y adquisición de los materiales necesarios para la ejecución de las obras. Por lo tanto, el contratista tendrá la libertad para obtener los materiales naturales que las obras precisen de los puntos que tenga por conveniente, siempre que los mismos reúnan las condiciones exigidas por las Especificaciones Técnicas del Contrato. Esta circunstancia deberá quedar reflejada expresamente en los documentos contractuales.

### **2.3.1 ESTUDIO GEOLÓGICO**

El estudio geológico de los terrenos atravesados por la traza se realizará tomando como base la información bibliográfica y cartográfica disponible. Se incluirán los planos geológicos existentes, a escala 1:200.000 y 1:50.000, así como cualquier otra que estuviese disponible.

Esta información se completará con un estudio de fotogeología de la zona, que deberá incluirse en el Proyecto, y una campaña de apoyo sobre el terreno con el fin de determinar con exactitud



los siguientes datos:

- a. geomorfología;
- b. espesores y características de los mantos de alteración y materiales de recubrimiento;
- c. litología, estratigrafía e historia geológica;
- d. geología estructural y tectónica, haciendo especial hincapié en la detección de paleodeslizamientos y otros riesgos geológicos en su caso;
- e. hidrogeología;
- f. sismicidad.

Con toda la información procedente de los estudios y reconocimientos efectuados se confeccionará un plano de planta geológica a escala 1:5.000, con un ancho de banda mínimo de 500 m. Estos planos, que deben presentar total coherencia con el perfil que se refiere el apartado de Geotecnia del Corredor, deberán incluir:

- Representación de la obra. Incluirá la representación de los ejes de tronco y ramales con referencias a sus distancias al origen, las calzadas con las ocupaciones de desmontes y terraplenes según los taludes definidos en el proyecto, posición de las estructuras y túneles indicando su denominación.
- Representación geológica. Se indicarán con colores las diferentes unidades geológicas del sustrato, separando, siempre que sea posible, diferentes litologías existentes dentro de cada una de ellas. Se indicarán con diferente tono las zonas de afloramientos sanos de las zonas cubiertas por suelos de alteración. En este último caso se harán referencias puntuales sobre los espesores de suelos existentes según las observaciones de campo. Lo mismo es aplicable a las formaciones de recubrimiento cuaternarias. Cada unidad geológica o formación superficial diferenciada tendrá asociada una sigla, tanto en planos como en leyenda.
- Representación hidrogeológica. Se representarán mediante simbología adecuada los cursos de agua permanentes, lagunas y charcas. Se indicarán además las zonas húmedas o de aparición de freatofitas. Se deberán marcar los manantiales y pozos. En los primeros se indicará el caudal aproximado, mientras que en los segundos se indicará la profundidad a la que aparece el agua.
- Representación geomorfológica. Se representará mediante simbología las diferentes formas del terreno, utilizando diversos colores para cada uno de los agentes morfogenéticos (fluvial, gravitacional, cárstico, antrópico...). Se prestará una especial atención a aquellos procesos que dependiendo de su intensidad puedan afectar a la obra. En particular, se cartografiarán de manera diferenciada los paleodeslizamientos, que deberán ubicarse en planta y para los que habrá de definirse su profundidad y cubicación de modo aproximado.
- Representación de los reconocimientos realizados con la simbología adecuada a cada uno de ellos.

### **2.3.2 PRÉSTAMOS, YACIMIENTOS GRANULARES Y CANTERAS**

Se incluirá un estudio específico y detallado relativo a las posibles procedencias de materiales, actualizando y completando la existente.

Para cada préstamo, yacimiento o cantera, se describirá con detalle su ubicación en los planos 1:50.000, y forma de acceso mediante el correspondiente croquis, realizándose, además, otro a escala 1:500 ó 1:1.000, según convenga, donde queden reflejados los límites previsibles del préstamo, yacimiento o cantera, así como la localización de los reconocimientos realizados para su investigación, indicando en cada punto donde se conozca el espesor mínimo aprovechable

para el uso que se prevea, así como el espesor de suelo de recubrimiento a desechar. El número de reconocimientos a realizar y su distribución será el adecuado para conocer las características del préstamo, yacimiento o cantera, y para obtener una cubicación fiable de los mismos. Como mínimo se efectuará el número de reconocimientos que resulte más exigente de entre estos dos criterios:

- Cada cincuenta mil metros cúbicos (50.000 m<sup>3</sup>) o fracción, en cada uno de los préstamos o yacimientos cuyos materiales de excavación se propongan para la ejecución de rellenos o explanadas.
- Cada siete mil quinientos metros cuadrados (7.500 m<sup>2</sup>) o fracción, en cada uno de los préstamos o yacimientos previstos.

En el caso de yacimientos granulares o canteras activos, se podrá sustituir la investigación por datos de ensayos suministrados por sus explotadores, que habrá que complementar en el proyecto con ensayos de contraste.

Se incluirán, junto al croquis de préstamos, yacimientos o canteras, la planta y el corte de todos los reconocimientos efectuados con la identificación y clasificación de los suelos o litologías en todos los niveles diferenciados en el mismo. Las profundidades y ubicaciones en planta de las muestras recogidas en los reconocimientos deben ser suficientemente representativas dentro de cada uno de los préstamos, yacimientos o canteras.

Asimismo se incluirán los correspondientes partes de reconocimiento (sondeos, calicatas, ensayos geofísicos, penetrómetros, etc.) que se hubiesen realizado, acompañados de la testificación o interpretación pertinente.

Con el material proveniente de cada uno de los reconocimientos se realizarán ensayos de identificación y caracterización completa del material. Estos ensayos permitirán asegurar que el material reúne las características exigidas para cada empleo específico.

Las prospecciones, los ensayos de laboratorio y los de campo deberán sujetarse en su definición y realización a las normas vigentes sobre los mismos, siendo las condiciones concretas de ejecución de algunos de ellos (cuando presenten posibilidades alternativas de ejecución) las que indique el Director del Contrato.

La omisión de la realización de alguno de estos ensayos implica que la caracterización efectuada no resulta completa, y la clasificación que del suelo que se obtenga a partir de ella, puede resultar errónea:

- En el caso de suelos que el proyecto proponga emplear como materiales tipo relleno, deben realizarse ensayos de:
  - Granulometría)
  - Plasticidad: límites de Atterberg
  - Contenido de materia orgánica
  - Contenido de sales solubles
  - Contenido de yeso
  - Ensayo de hinchamiento libre en edómetro
  - Ensayo de colapso
  - Índice CBR
  - Ensayo Próctor normal
  - Ensayo Próctor modificado
  - Humedad natural
- En el caso de suelos que el proyecto proponga emplear como materiales para rellenos tipo pedraplén o todo-uno, deben realizarse ensayos de:

- Granulometría
  - Estabilidad frente al desmoronamiento en agua
  - Estabilidad frente a los ciclos humedad-sequedad
  - Propiedades químicas: sulfatos
  - Contenido de materia orgánica
  - Contenido de sales solubles
  - Contenido de yeso
- En el caso yacimientos granulares o materiales de cantera que el proyecto proponga emplear como zahorras deben seguirse los criterios adecuados a este tipo de materiales.
  - En el caso de materiales granulares que el proyecto proponga destinar a la fabricación de suelo-cemento deben seguirse los adecuados a este tipo de materiales.
  - En el caso de yacimientos granulares o materiales de cantera que el proyecto proponga emplear como áridos en hormigones estructurales, deben seguirse los criterios adecuados a este tipo de materiales.
  - En el caso de yacimientos granulares o materiales de cantera que el proyecto proponga emplear como áridos en pavimentos de hormigón o en hormigón magro vibrado deben seguirse los criterios adecuados a este tipo de materiales.
  - En el caso de yacimientos granulares o materiales de cantera que el proyecto proponga emplear como áridos de mezclas bituminosas, los criterios adecuados a este tipo de materiales.

La campaña de reconocimientos y ensayos de laboratorio de préstamos, yacimientos o canteras deberá estar integrada en la campaña de estudio geotécnico del corredor. El diseño y aceptación de la campaña se someterá al Director del Estudio.

Con los datos obtenidos para cada préstamo, yacimiento o cantera, se realizará una cubicación, que se incluirá en el croquis referido al principio de este epígrafe, debiendo describirse asimismo la forma de explotación (todo-uno, cribado y clasificación, lavado, machaqueo, etcétera), así como los datos sobre su explotación (explotado previamente, activos, inactivos, etc.) y de la propiedad.

Se tomarán fotografías en color del conjunto de cada préstamo, yacimiento o cantera, así como de las calicatas o cajas de sondeos, mostrando el corte general y el material obtenido en su excavación y detalle de, al menos, una de las caras interiores de la cata, eligiendo aquélla que sea más representativa del material encontrado.

En el estudio de los préstamos del proyecto, se considerarán en primer lugar aquellos que cuentan con una declaración de impacto favorable realizada en la evaluación de ambiental del estudio informativo del proyecto. En caso de que no exista una evaluación ambiental previa de los préstamos o sea necesario proponer préstamos no contemplados en el estudio informativo, se estudiará la tramitación ambiental que sea necesario realizar para disponer de los préstamos.

En el proyecto se analizarán los impactos ambientales que surgirán de la explotación de préstamos, yacimientos y canteras propuestos, proyectándose las medidas de integración ambiental que sea necesario realizar tras su explotación (plantaciones, explanación, etc.).

### **2.3.3 INSTALACIONES DE SUMINISTRO**

Se investigarán y documentarán las instalaciones de suministro de materiales que pudieran emplearse en las obras: fábricas de cemento, plantas de machaqueo de áridos, plantas de hormigón y de productos y mezclas asfálticas.

De cada una de ellas se indicará su naturaleza, tipo y tamaño de las instalaciones, capacidad de

producción, canteras y yacimientos granulares de que se abastecen. También se recogerá la información de los ensayos de control de materiales y productos acabados disponibles. El Consultor deberá realizar ensayos de contraste de los ensayos de control suministrados por los propietarios de las instalaciones.

### **2.3.4 PROCEDENCIA DE MATERIALES**

Toda la información relativa a la procedencia de materiales, se resumirá en un mapa de localización de préstamos, yacimientos, canteras e instalaciones de suministro a escala 1:50.000, en el que se ubicarán todos los puntos de aprovechamiento detectados, con indicación expresa del tipo de material existente (préstamos, yacimientos granulares, canteras) y las instalaciones de suministro localizadas (fábricas de cemento, plantas de áridos, plantas de hormigón y plantas asfálticas).

Sobre la base de las características geotécnicas y la ubicación de las distintas fuentes de materiales (desmontes, canteras, préstamos, etc) y en coordinación con el anejo de movimiento de tierras del proyecto, se realizará una propuesta razonada de la procedencia de los materiales del proyecto, y en función de su distancia a la zona de obras, se determinará el coste del transporte que debe incluirse dentro de la justificación de los distintos precios unitarios. También se estudiará en la justificación de los precios unitarios de los materiales naturales el importe del canon a abonar por la explotación de préstamos, yacimientos granulares o canteras. En ningún caso podrán figurar, dentro de los Cuadros de Precios, unidades de obra cuya ejecución exija el empleo de materiales cuya procedencia no haya sido debidamente justificada.

### **2.4 EFECTOS SÍSMICOS**

En el caso de que la ubicación y/o características de las obras proyectadas así lo exijan, deberán considerarse las acciones sísmicas en los cálculos del proyecto, de acuerdo con lo dispuesto en la normativa vigente.

Si se han de considerar las acciones sísmicas, deben preverse las medidas y disposiciones constructivas de carácter general que van a adoptarse en las obras: topes sísmicos, vinculaciones entre elementos, tipo de apoyos, etcétera.

El análisis sísmico de la infraestructura se realizará de acuerdo con el código ASSHTO.

### **2.5 CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA**

El estudio climatológico e hidrológico de la zona objeto del Estudio tiene por finalidad conocer las condiciones climáticas e hidrológicas del entorno afectado por las obras.

El estudio climatológico se orientará a la definición de los principales rasgos climáticos de la zona, para establecer, basándose en ellos, la incidencia que éstos tendrán en la obra, determinando los coeficientes medios de aprovechamiento de días laborables para la realización de las principales unidades de obra, así como la definición de los índices agroclimáticos que servirán de partida para el diseño de las plantaciones a realizar con los acabados de la obra. Este estudio deberá servir de apoyo al proyecto de señalización y a la definición del plan de mantenimiento de la carretera durante su explotación.

El estudio hidrológico tiene por finalidad, previo análisis del régimen de precipitaciones y del resto de las características hidrológicas de la zona objeto del Proyecto y de las cuencas afectadas por la traza, determinar los caudales generados en éstas.

## 2.5.1 CLIMATOLOGÍA

### 2.5.1.1 .Datos de partida

Se consultarán las estaciones hidrométricas y meteorológicas existentes en el área, operadas por el INAMHI u otras entidades, en lo referente a los datos climáticos de la zona. En el caso de que la obra esté situada en un lugar donde algunos de los datos recogidos en dichas publicaciones no sean representativos por estar basados en estaciones climatológicas alejadas de la traza, se elaborará un estudio específico partiendo de los datos disponibles.

Será preceptiva la incorporación de los datos originales suministrados, así como el proceso seguido para su selección, en el que se tendrán en cuenta condiciones de proximidad a la traza, número de años con datos completos y altitud de la estación de registro.

Se elaborará un cuadro resumen con las estaciones seleccionadas, con indicación expresa del código de identificación, cuenca hidrográfica en la que se localiza, tipo de estación (pluviométrica, termopluviométrica, etcétera), nombre, coordenadas, altitud, número de años con datos y número de años con datos completos. Además, sobre un plano a escala adecuada, se reflejará la posición de dichas estaciones, indicando su nombre y código, así como la traza objeto del Proyecto.

### 2.5.1.2 Contenidos mínimos

El estudio se estructurará en tres apartados:

- a) Obtención, mediante estudio estadístico, de las principales variables climáticas.
- b) Clasificación e índices climáticos.
- c) Determinación del número de días aprovechables en la ejecución de las obras.

Dentro del apartado de las variables climáticas, se obtendrán las siguientes:

#### 1) precipitaciones:

- precipitación media mensual y anual;
- precipitación máxima en 24 horas (por meses y anual);
- precipitación máxima mensual;
- número de días de lluvia;
- número de días de nieve;
- número de días de granizo;
- número de días de tormenta;
- número de días de niebla;
- número de días de rocío;
- número de días de escarcha;

#### 2) temperaturas:

- temperatura media mensual y anual;
- temperatura media de las mínimas (mensual y anual);
- temperatura media de las máximas (mensual y anual);
- temperatura mínima absoluta (mensual y anual);
- temperatura máxima absoluta (mensual y anual);
- oscilación de las temperaturas extremas medias mensuales;
- oscilación verano-invierno de las temperaturas medias;
- oscilación máxima de las temperaturas;

#### 3) otros datos de interés:

- humedad media relativa;
- evaporación media diaria;
- número medio anual de días de sol;
- número medio anual de días despejados;
- número medio de días con heladas;
- análisis de los vientos dominantes (dirección, recorrido, velocidad, etcétera).

Siempre que sea posible se presentarán los resultados en forma de gráficos con la especificación de los valores más representativos.

En el apartado de clasificación e índices climáticos, se obtendrán los usuales (Aridez de Martonne, termo-pluviométrico de Dantin-Revenga, pluviosidad de Lang, clasificaciones agroclimáticas de Köppen o Papadakis, etcétera) que hacen referencia a la influencia del clima sobre la vegetación y los cultivos. Se incorporarán los diagramas ombrotérmicos de Walter-Gausson de cada una de las estaciones seleccionadas donde queden reflejados los períodos secos y húmedos a lo largo del año.

## **2.5.2 HIDROLOGÍA**

El apartado de hidrología incluirá una descripción general de la hidrología de la zona, sobre la base de los datos disponibles de la geología y las visitas realizadas a la traza, con especificación de los cursos de agua atravesados, surgencias, manantiales, rías, marismas, pozos, etcétera, localizados en el ámbito del proyecto y que afecten directa o indirectamente a la traza. Esta descripción servirá de base para estimar los estudios que se desarrollarán posteriormente y los datos necesarios a recopilar para ello.

### **2.5.2.1 Datos de partida**

Además de los datos pluviométricos disponibles de las estaciones hidrométricas y meteorológicas existentes en el área, operadas por el INAMHI u otras entidades, que deberán tener el mismo tratamiento descrito para los datos climatológicos, se deberán mantener los contactos necesarios con los organismos afectados (administración hidráulica competente) para recabar la información disponible (aforos de cursos de agua, zonas inundables, deslinde de dominio público hidráulico o marítimo-terrestre, carreras de mareas, etcétera), así como los condicionantes que afectarán en el diseño posterior de las obras de drenaje necesarias o interferencias con otros proyectos en desarrollo.

### **2.5.2.2 Contenido**

El objetivo fundamental de los trabajos de hidrología es garantizar la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal o puentes.

Con carácter general, se determinarán los caudales de referencia de los cauces interceptados a partir de la información sobre caudales máximos asociados a distintos períodos de retorno que, en su caso, pueda tener la Administración Hidráulica.

En caso de no disponer de la información de caudales aludida en el párrafo anterior, o en el caso de que las circunstancias lo aconsejen, se deberá realizar un estudio hidrológico específico.

En el caso de cuencas pequeñas, con superficie menor a cincuenta kilómetros cuadrados (50 km<sup>2</sup>) se podrá aplicar el método hidrometeorológico. Para cuencas mayores, el método de cálculo deberá basarse principalmente en el análisis estadístico de los datos de caudal medidos en las estaciones de aforos próximas a la zona de estudio, bien mediante la estimación directa del caudal de referencia si la estación está cercana, bien para la calibración de los posibles métodos hidrometeorológicos que se empleen. En todo caso, no es aconsejable el empleo del método hidrometeorológico para cuencas con más de quinientos kilómetros cuadrados (500

km<sup>2</sup>).

#### **2.5.2.2.1 Estudio de las precipitaciones máximas previsible**

Se calcularán las precipitaciones máximas previsible en 24 horas para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500.

Como contraste, se estudiarán los datos sobre precipitaciones máximas diarias en las estaciones pluviométricas seleccionadas. Se generarán series de precipitaciones máximas en 24 horas, con indicación del año y mes de ocurrencia, sobre las que se ajustarán las distribuciones de probabilidad de Gumbel y SQRT-ET<sub>máx</sub>. Se representará gráficamente en papel de probabilidad las funciones de distribución de Gumbel y SQRT-ET<sub>máx</sub> junto con los datos de la muestra y se realizarán test estadísticos, con el objetivo de comprobar la bondad del ajuste.

Se asignará la precipitación de cálculo desde las estaciones pluviométricas seleccionadas a las cuencas en que se emplee el método hidrometeorológico, justificándose el método empleado (media aritmética, isohietas, polígonos de Thiessen, etc.)

Se realizará un cuadro resumen con las precipitaciones máximas diarias adoptadas para las distintas cuencas del proyecto en que se emplee el método hidrometeorológico, en función de los periodos de retorno considerados, justificándose adecuadamente los valores finalmente adoptados en el cálculo.

#### **2.5.2.2.2 Estudio de cuencas por el método hidrometeorológico**

Se delimitarán las distintas cuencas vertientes a la traza sobre planos a escala 1:1.000 y 1:5.000; las cuencas que por su superficie no se observasen a estas escalas se deberán estudiar a escalas menores. Estos planos dispondrán de la toponimia y curvas de nivel suficientes para apreciar el correcto trazado de las divisorias.

De cada cuenca se obtendrán las características físicas necesarias para el cálculo de los caudales en ella generados, realizándose los cuadros resúmenes necesarios donde se especifiquen, al menos, las siguientes características de cada cuenca:

- nomenclatura;
- obra de drenaje prevista;
- superficie de la cuenca hasta el punto de cruce con la traza;
- longitud de la cuenca siguiendo el recorrido posible de la escorrentía;
- desnivel entre la cabecera de la cuenca y el punto de incidencia en la traza;
- pendiente media resultante;
- umbral de escorrentía, en función del uso de la tierra, la pendiente, las características hidrológicas y el tipo de suelo. Salvo en el caso de cuencas de superficie muy reducida, con superficie menor a diez kilómetros cuadrados (10 km<sup>2</sup>), podrán utilizarse los mapas de umbrales de escorrentía en condiciones medias de humedad que existan en bibliografía al efecto.

#### **2.5.2.2.3 Cálculo de los caudales por el método hidrometeorológico**

Para el cálculo de los caudales generados por las cuencas se seguirán las recomendaciones de las publicaciones específicas para el cálculo de caudales máximos en cuencas naturales, métodos y aplicaciones informáticas sancionadas por la práctica.

En caso de utilizar aplicaciones informáticas se deberá incluir un resumen del procedimiento de cálculo realizado por la aplicación, así como una descripción y análisis de los parámetros empleados en el proceso.

Una vez calculados los caudales de las distintas cuencas se elaborará un cuadro resumen con la especificación de:



- nombre de la cuenca;
- obra de drenaje prevista;
- área de la cuenca;
- tiempo de concentración;
- coeficiente de uniformidad de la cuenca;
- intensidad media diaria de precipitación en mm/h para los periodos de retorno considerados;
- factor de torrencialidad;
- intensidad media de precipitación del aguacero de cálculo en mm/h para los periodos de retorno considerados;
- umbral de escorrentía en condiciones medias de humedad y coeficientes correctores;
- coeficiente de escorrentía medio de la cuenca para los periodos de retorno considerados;
- caudales para períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

#### **2.5.2.2.4 Otros estudios necesarios**

En función de las características particulares de la traza, serán necesarios estudios o especificación de datos particulares de carreras de mareas, caudales de aliviaderos en presas, niveles de agua en embalses, aforos de ríos y estimación de caudales máximos en ellos, aforos de manantiales y surgencias, etcétera, que se deberán llevar a cabo de acuerdo con las especificaciones del Director y los criterios y condiciones que impongan las Administraciones hidráulicas afectadas y los demás organismos competentes.

Una vez completado el anejo se remitirá una copia del mismo a la Administración hidráulica afectada por la traza para recabar su aprobación al estudio y el informe de las obras de drenaje previstas sobre cauces públicos.

## **2.6 PLANEAMIENTO**

Se recopilará la información relativa al planeamiento urbanístico vigente en cada uno de los términos municipales atravesados por la traza del tramo objeto de estudio y se indicará su adaptación al mismo, evaluándose las posibles interferencias con las zonas calificadas como suelo urbano, urbanizable, o de aprovechamiento industrial.

La información recopilada se plasmará en mapas a escala suficiente para comprobar la situación relativa entre las zonas de afección del trazado propuesto y el alcance previsto para las zonas de suelo urbano, urbanizable y de uso industrial, de acuerdo con el planeamiento urbanístico vigente en cada uno de los municipios afectados. Si fuera precisa alguna actuación no incluida en el planeamiento, el Consultor preparará la documentación necesaria para legitimar dicha actuación.

En particular, un trazado nuevo deberá respetar la distancia definida por la legislación ecuatoriana entre el límite exterior de las zonas previstas como urbanizables o de uso industrial en el planeamiento urbanístico vigente en los municipios afectados.

## **2.7 TRÁFICO**

### **2.7.1 ANÁLISIS DE TRÁFICO**

Se recopilarán todos los estudios de tráfico existentes. Si los estudios de tráfico recopilados no se considerasen adecuados debido, bien a su antigüedad, bien a que se estime que no están correctamente realizados, o que no contengan el detalle necesario para el diseño de los distintos elementos del Estudio, se procederá a hacer un nuevo estudio con la recogida de información necesaria, conforme a la metodología expuesta en los Estudios de Prefactibilidad.



Las categorías vehiculares a considerar tanto en la determinación del TPDA existente como las previsiones de demanda futura serán:

- Livianos: Automóvil y camioneta.
- Buses
- Camiones de: 2 ejes, 3 ejes, 4 ejes, 5 ejes y 6 ejes.

#### **2.7.1.1 Datos de partida**

Serán los deducidos en los estudios comentados en el párrafo anterior.

#### **2.7.1.2 Cálculo de la TPDA. en el año actual**

A la vista de los datos básicos anteriores, y si la longitud o características del tramo así lo aconsejara, se dividirá éste en varios subtramos, seleccionando para cada uno de ellos un dato de aforo representativo del mismo.

El cálculo de la TPDA correspondiente al año actual se hará, para cada uno de los tramos obtenidos.

#### **2.7.1.3 Previsión de la demanda futura**

La prognosis de tráfico se realizará analizando los datos incluidos en los estudios anteriores, corrigiéndolos justificadamente si se considerase necesario, o actualizándolos si el tiempo transcurrido desde su realización así lo aconsejara.

Los resultados se recogerán en un cuadro resumen, en el que se indicará, para cada tramo y para cada una de las hipótesis de crecimiento medio anual estimados, la TPDA correspondiente a cada año hasta el año horizonte. Se resaltarán especialmente los valores correspondientes a los años 10 y 20 desde la entrada en servicio de la carretera.

Se justificará (en función de los crecimientos pasados del tráfico en el corredor y de la tendencia actual, de las perspectivas de crecimiento futuro, de los estudios de inducción y captación de tráfico, etc.) la intensidad del tráfico finalmente adoptada para la hora de proyecto en el año horizonte.

#### **2.7.1.4 Capacidad y niveles de servicio**

Para cada uno de los subtramos individualizados en el análisis del tráfico, se realizará un estudio de capacidad y niveles de servicio a lo largo de la vida del proyecto en la hora de proyecto considerada y con el crecimiento, inducción y captación del tráfico adoptados, siguiendo los criterios del HCM (2000).

#### **2.7.1.5 Secciones y elementos especiales**

Serán objeto de estudio independiente, desde el punto de vista de la capacidad de cada tramo, aquellos segmentos de características geométricas especiales susceptibles de tratamientos individualizados para la mejora de la circulación:

- Túneles;
- Rampas y pendientes pronunciadas: necesidad de carriles adicionales;
- Intercambiadores: carriles y cuñas de cambio de velocidad, trenzados, lazos y ramales, carriles centrales de giro a la izquierda, glorietas, etc.

## 2.8 ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR

El estudio geotécnico del corredor tiene por finalidad definir todas aquellas cuestiones de naturaleza geológica y geotécnica, relacionadas con las obras objeto del Estudio.

Entre otros aspectos deberá abordar de forma expresa las cuestiones relacionadas con la naturaleza de los materiales a excavar, modo de excavación y utilización de los mismos, los taludes a adoptar en los desmontes, la capacidad de soporte del terreno para cimentar los rellenos, la forma de realizarlos, sus taludes, los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan, los coeficientes de seguridad adoptados, las medidas a tomar para incrementarlos, caso de no ser aceptables, y las medidas a tomar para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos, etc.

La campaña de investigación geotécnica se diseñará de forma que sirva simultáneamente para el corredor (rellenos, desmontes y préstamos) y el estudio inicial de los túneles previstos y de las cimentaciones de las estructuras.

Comprenderá las siguientes fases:

1. El Consultor elabora la propuesta de campaña geotécnica del corredor (y de caracterización de los materiales de préstamos, yacimientos y canteras) a efectuar.
2. Remisión de la propuesta de campaña para su seguimiento y control a la Administración del Estudio.
3. Aceptación de la campaña por la Administración.
4. Realización de las prospecciones de campo y toma de muestras tras la aceptación de la campaña.
5. Realización de los ensayos de laboratorio.
6. Preparación de la documentación, que debe comprender la testificación e interpretación de las prospecciones y los ensayos, en su caso.
7. Redacción del anejo de geotécnico del corredor (incluirá un apartado de conclusiones y recomendaciones). El anejo del estudio geotécnico del corredor se elaborará partiendo de los datos básicos recogidos en el estudio geológico (apartado 3.5.1), y se complementará con la información obtenida en la campaña geotécnica.

El Consultor deberá especificar en su oferta las empresas que realizarán los sondeos, ensayos y el estudio geotécnico, si no los realizara con medios propios.

En cualquier caso el Consultor deberá aportar la acreditación de los equipos de trabajos de campo y de ensayos de laboratorio.

La propuesta de campaña geotécnica debe prever, como mínimo:

- Prospecciones y ensayos de campo y laboratorio que se consideren más adecuados.
- Estaciones geomecánicas.
- Otros reconocimientos.
- Técnicos encargados de la realización de los reconocimientos.
- Maquinaria para la realización de las prospecciones y los ensayos
- Laboratorio acreditado para la realización de los ensayos sobre las muestras del terreno.
- Técnicos encargados de la elaboración del informe geotécnico.

La localización de todos los reconocimientos previstos debe quedar reflejada en un plano de planta y perfil longitudinal del trazado.

El número y el tipo de reconocimientos que finalmente se efectúen, así como sus características, y prelación en su orden de ejecución, deberá justificarse adecuadamente en el informe geotécnico del corredor.

### 2.8.1 ESTABLECIMIENTO DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA A REALIZAR: RELLENOS, DESMONTES

## Y PRÉSTAMOS

La totalidad de la traza se tramificará en desmontes, rellenos y secciones a media ladera (excepción hecha de los túneles y las estructuras).

En el Estudio se deberá realizar una caracterización completa y suficiente de cada uno de ellos, no debiendo quedar ninguno, independientemente de su longitud, sin reconocer y clasificar. Dicha caracterización debe referirse en todos los casos a los siguientes aspectos:

- **Materiales** necesarios para su ejecución o derivados de la misma:
  - Caracterización y procedencia de los materiales necesarios para la ejecución de los rellenos.
  - Caracterización y destino de los excedentes de excavación de desmontes o saneos, en su caso.
- Condiciones de **estabilidad** de los rellenos y los desmontes.
- Condiciones de **excavabilidad** de los desmontes.
- Condiciones resistentes del **terreno de apoyo**: características de los fondos de los desmontes y los cimientos de los rellenos.

Deberá tratar de obtenerse la máxima información posible de cada una de las prospecciones o ensayos, siendo válidos la mayoría de ellos para más de uno de los fines enumerados en la relación anterior.

### 2.8.1.1 Materiales

La caracterización de los materiales para **rellenos** no podrá omitir ninguno de los ensayos necesarios para su clasificación, por lo que deberá ser siempre completa, de acuerdo con los criterios especificados en el mismo. En ningún caso una muestra podrá clasificarse conforme a los criterios de aptitud especificados, si previamente no se han efectuado en la misma todos y cada uno de los ensayos referidos<sup>3)</sup>, según el tipo de relleno de que se trate.

Tipo de relleno	Criterio de clasificación
Terraplenes (*)	Granulometría Plasticidad (límites de Atterberg) Contenido de materia orgánica Colapsabilidad Expansividad (hinchamiento libre en edómetro) Contenido de sales solubles Contenido de yeso Índice CBR Curvas Próctor normal y modificada
Pedraplenes Rellenos todo-uno	Inadecuación de forma (granulometría) Calidad del material: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rocas evolutivas (estabilidad frente al desmoronamiento en agua y ciclos humedad-sequedad)</li> <li>- Rocas con sulfuros oxidables (propiedades químicas: sulfatos)</li> <li>- Rocas con minerales solubles (contenido de sales solubles y de yeso)</li> <li>- Rocas con minerales combustibles (materia orgánica)</li> </ul>

En cada uno de los rellenos (o secciones a media ladera) en que se divida la traza se determinará la procedencia de los materiales que lo constituyen, identificando de modo expreso los desmontes de la traza o los préstamos de donde provengan.

Deberá efectuarse al menos una clasificación completa en origen, es decir, por cada préstamo o desmonte. El número mínimo de clasificaciones en origen se determinará aplicando de entre los siguientes criterios, el que dé lugar a un número mayor de ellas, siendo las profundidades y ubicaciones en planta de las muestras suficientemente representativas dentro de cada uno de dichos préstamos o desmontes:

- Cada cincuenta mil metros cúbicos (50000 m<sup>3</sup>) o fracción, en cada uno de los préstamos o desmontes cuyos materiales de excavación se propongan para la ejecución de rellenos.

- Cada siete mil quinientos metros cuadrados (7500 m<sup>2</sup>) o fracción, en cada uno de los préstamos previstos.

Las prospecciones necesarias para las correspondientes tomas de muestra se efectuarán mediante sondeos o calicatas, según proceda en cada caso concreto.

Los **excedentes de excavación**, tanto si se trata de tierras sobrantes provenientes de la ejecución de los desmontes, como si se trata de saneos de la traza, se identificarán, asimismo, de acuerdo con los mismos criterios definidos para rellenos: según su procedencia, y dentro de ésta por lotes de cincuenta mil metros cúbicos (50000 m<sup>3</sup>) o fracción.

### 2.8.1.2 Condiciones de estabilidad de los rellenos y los desmontes

Los reconocimientos y ensayos que permiten determinar la estabilidad de los materiales que constituyen los rellenos y los desmontes, son conceptualmente los mismos (triaxiales, corte directo, grado de alteración de las rocas, etc.... con sus respectivas variantes en función de la situación analizada). No obstante, conviene diferenciar entre uno y otro caso:

#### **Rellenos**

Salvo casos excepcionales, debidamente justificados, las pautas básicas serán las siguientes:

- Los rellenos tipo terraplén deberán ejecutarse con taludes 3H:2V ó 2H:1V. Cuando se trate de rellenos con núcleo confinado (suelos marginales en el interior) o ubicados sobre suelos blandos, tanto el talud de los espaldones como el interno de la zona encapsulada en su caso, deberá ser el 2H:1V.
- Los rellenos tipo pedraplén o todo uno, podrían tener un talud más vertical, previo estudio basado en ensayos específicos.

#### **Desmontes**

Las prospecciones y ensayos a efectuar serán diferentes en función de la altura (o profundidad<sup>1</sup>), longitud del desmonte y naturaleza de los materiales que lo componen.

- Para desmontes de menos de cuatro metros de altura máxima ( $H_{\text{máx}} < 4$  m), independientemente de la longitud (L) del mismo, la prospección podrá efectuarse mediante calicatas.

Se realizará una prospección (calicata) al menos cada cien metros (100 m) de longitud o fracción, que deberá caracterizar un mínimo de unos tres metros (3 m) por debajo de la cota de fondo de excavación del desmonte, siempre que no aparezca un sustrato de roca a profundidad inferior, en cuyo caso la prospección se detendrá haciendo constar dicho aspecto.

En cada calicata se realizarán al menos dos (2) ensayos de resistencia al corte de los suelos.

- Para desmontes de altura máxima igual o superior a cuatro metros ( $H_{\text{máx}} \geq 4$  m), la prospección deberá acometerse con carácter general mediante sondeos<sup>2</sup> que deberán caracterizar un mínimo de unos cinco metros (5 m) por debajo de la cota de fondo de excavación del desmonte.

Además, deberán distinguirse varios casos, en función de la longitud total (L) del

---

1 Altura o profundidad de un desmonte en un determinado perfil transversal: diferencia de cotas entre el punto más alto del terreno natural y el más bajo de la excavación que se proponga.

Debe entenderse que esta diferencia de cotas no tiene por qué producirse en el eje del trazado, sino que puede darse en cualquier punto de la sección transversal en cuestión.

2 Constituye una regla de buena práctica efectuar uno de los sondeos en el punto alto del desmonte (si este destacase claramente) y comenzar a medir las distancias relativas entre sondeos, a ambos lados del mismo

desmante en cuestión:

- En los desmontes de hasta de cien metros de longitud total ( $L \leq 100$  m) deberá realizarse al menos un sondeo mecánico.
- En los desmontes de longitud total comprendida entre cien y doscientos cincuenta metros ( $100 \text{ m} < L \leq 250$  m) deberán realizarse al menos dos sondeos mecánicos.
- En desmontes de longitud superior a doscientos cincuenta metros ( $L > 250$  m) deberán efectuarse, al menos: dos sondeos, y otro más por cada doscientos cincuenta metros (250 m) o fracción de longitud adicional del desmante.

*Número mínimo de sondeos en desmontes ( $H_{m\acute{a}x} \geq 4$  m)*

$L$ (m)	$n_{min}$ (ud)
$L \leq 100$ m	$n \geq 1$
$100 \text{ m} < L \leq 250$ m	$n \geq 2$
$L > 250$ m	$n \geq 2 + (L - 250) / 250$

- Se efectuarán lecturas de nivel piezométrico en al menos la mitad (50 %) de los sondeos de cada desmante, con arreglo a los siguientes criterios de periodicidad:
  - Dichas mediciones deberán tener al menos carácter estacional, es decir como mínimo se efectuarán cuatro (4) lecturas anuales, tomadas al final de cada estación meteorológica.
  - Desde la primera lectura, los sondeos deberán permanecer accesibles y permitir la realización de mediciones en su interior, el mayor número de veces que resulte posible, y en todo caso hasta la finalización del Proyecto.

Independientemente de la realización de los sondeos recién mencionados, la parte del desmante con altura inferior a cuatro metros ( $H < 4$  m), podrá investigarse mediante calicatas, según la sistemática descrita para los desmontes de altura máxima inferior a cuatro metros ( $H_{m\acute{a}x} < 4$  m).

A la hora de determinar los ángulos estables de las formaciones, se contará con los testigos de los sondeos o muestras procedentes de las calicatas, que se analizarán por unidades litológicas. En el caso de los suelos se efectuarán ensayos de resistencia al corte y en el de las rocas se evaluará su grado de alteración, su estructura y sus características geomecánicas.

Si se desconociera el número y la potencia de las unidades litológicas (lo que únicamente podría ocurrir antes de la realización de los sondeos) o bien se considerasen éstas totalmente homogéneas, deberán preverse al menos, el siguiente número de ensayos de resistencia al corte, en función de la longitud de testigo ( $L^t$ ).

*Número mínimo de ensayos de resistencia al corte ( $n$ ), en función de la longitud de testigo ( $L^t$ ).*

$L^t$ (m)	$n$
$L^t \text{ (m)} \leq 10$	$n \geq 2$
$10 < L^t \text{ (m)} \leq 20$	$n \geq 3$
$L^t \text{ (m)} > 20$	$n \geq 3 + (L^t - 20) / 10$

- Cuando se trate de materiales tipo suelo, estos ensayos serán de tipo triaxial<sup>3</sup> en al menos la mitad (50%) de los casos, pudiendo ser el resto de tipo corte directo,

<sup>3</sup> Se elegirá el ensayo triaxial o de corte directo más adecuado a las características del terreno y la obra a ejecutar. Si no se dispusiera de información en este sentido, podrán adoptarse los siguientes repartos porcentuales para cada tipo de ensayo (triaxiales o de corte directo):

- Tipo UU  $\geq 50$  % del total de ensayos triaxiales
- Tipo CD  $\geq 35$  % del total de ensayos triaxiales
- Tipo CU: Resto

- o de molinete (vane test) cuando fuera posible.
- Cuando se trate de materiales tipo roca se determinará la resistencia a compresión simple de modo directo (mediante tallado y rotura de probetas) en al menos la mitad (1/2) de las muestras, pudiendo utilizarse en el resto de los casos correlaciones a través del ensayo PLT

Una vez identificadas las correspondientes unidades litológicas y sus profundidades relativas en los sondeos, se deberá aprovechar la información disponible para la ubicación de las bermas intermedias, en su caso.

En aquellos casos en que se considerase conveniente a la vista de los resultados de los sondeos, la realización de prospecciones geofísicas, éstas se efectuarán preferiblemente según el eje del desmonte.

- Sísmica de refracción:
  - Resulta especialmente indicada para:
    - Definir en un perfil longitudinal, los contactos entre una zona constituida por capas suprayacentes de suelo o roca blanda, e infrayacentes de roca más o menos dura.
    - Determinar la potencia y excavabilidad potencial (véase epígrafe siguiente) de estas formaciones.
  - Resulta contraindicada:
    - Cuando se sucedan a muro capas más blandas y a techo otras más duras.
    - Puede dar lugar a interpretaciones erróneas, por ejemplo cuando las capas a reconocer resulten de poco espesor, o los macizos aún siendo sanos presenten grietas abiertas rellenas de materiales tipo suelo, entre otros casos.
- Sondeos eléctricos verticales: resultan especialmente indicados para definir ciertos aspectos relacionados con la presencia de niveles piezométricos, cavidades (huecas o rellenas de agua), etc.

### **2.8.1.3 Condiciones de excavabilidad de los desmontes**

Íntimamente relacionado con los aspectos anteriores se encuentra lo relativo a la excavabilidad de los desmontes, que presenta particular incidencia a la hora de la elección del procedimiento constructivo, determinando la necesidad de voladuras o definiendo incluso las características mínimas de la maquinaria necesaria.

La observación directa de los testigos procedentes de los sondeos y el análisis de los correspondientes partes, junto con la determinación de resistencias a compresión simple de las rocas en su caso y la realización de prospecciones sísmicas de refracción, debe dar una aproximación suficiente al problema.

En consecuencia se considera que la excavabilidad potencial de los desmontes en materiales rocosos, y la elección de su procedimiento de ejecución, debe definirse como mínimo a través de:

- Ensayos de resistencia a compresión simple de las rocas (determinaciones directas y correlaciones a través del ensayo PLT), en una cuantía mínima indicada en el epígrafe: Condiciones de estabilidad de los rellenos y los desmontes de este documento
- Prospección sísmica de refracción, que debe extenderse a la totalidad de la longitud de los desmontes en roca.

### **2.8.1.4 Condiciones resistentes del terreno de apoyo**

#### ***Rellenos***

La profundidad de reconocimiento necesaria para el proyecto de los cimientos de los terraplenes debe ser tal que abarque la zona de rotura de posibles inestabilidades globales. Esa profundidad

será la menor de las tres siguientes:

- a) Profundidad igual al ancho de la zona de apoyo, cuando se trata de suelos blandos.
- b) Hasta encontrar un terreno de resistencia suficiente para garantizar la estabilidad global.
- c) Hasta encontrar roca suficientemente sana.

Para determinar la «resistencia suficiente» indicada en b) pueden ser necesarios cálculos previos de estabilidad.

Se entiende por roca «suficientemente sana» aquella cuyo grado de alteración es inferior o igual al grado II definido en la tabla.

TABLA ESCALA DE METEORIZACIÓN DE LA ROCA (ISRM)		
GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIO DE RECONOCIMIENTO
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad.
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. Toda la roca ha podido perder su color debido a la meteorización y superficialmente ser más débil que la roca sana.
III	Roca moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma continua o en zonas aisladas.
IV	Roca meteorizada a muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua.
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta.
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece «in situ» y existe un cambio de volumen importante.

En casos especiales pueden ser necesarios reconocimientos más profundos. Por razones de asiento de la cimentación, y aún en el caso de suelos blandos, rara vez será necesario profundizar los reconocimientos más allá de la profundidad indicada en a). No obstante lo anterior, este extremo habrá de confirmarse en cada caso, dependiendo de las condiciones locales (suelos especialmente blandos en profundidades grandes por ejemplo).

El tipo de prospección más adecuada en cada ubicación concreta debe determinarse en función de la altura del relleno en dicho punto, de acuerdo con el siguiente criterio general

- *Rellenos sobre suelos, de hasta cinco metros de altura<sup>4</sup> ( $H_R \leq 5 m$ ):* las prospecciones se sustanciarán en forma de calcatas, en cuyo interior (preferiblemente) o aledaños inmediatos (en su defecto), deberá realizarse al menos un ensayo de penetración dinámica<sup>5</sup> (DPSH, DPH, Borro...) que alcance una profundidad mínima igual al triple de la altura del relleno ( $z \geq 3 H_R$ ).
- *Rellenos sobre suelos, de altura comprendida entre cinco y diez metros de altura<sup>6</sup> ( $5 m < H_R \leq 10 m$ ):* las prospecciones se sustanciarán en forma de calcatas, en cuyo

4 Medidos desde el terreno natural o la eventual cota de saneo en su caso hasta la rasante de la capa de rodadura de la carretera  
5 Por defecto y en ausencia de información específica a priori sobre la presencia de suelos blandos, puede suponerse la realización de un ensayo de penetración dinámica. Del mismo podría derivarse a su vez la necesidad de complementarlo con otro de penetración estática, en su caso.

6 Medidos desde el terreno natural o la eventual cota de saneo en su caso hasta la rasante de la capa de rodadura de la carretera



interior (preferiblemente) o aledaños inmediatos (en su defecto), deberá realizarse al menos un ensayo de penetración dinámica<sup>7</sup> (DPSH, DPH, Borro...) que alcance una profundidad mínima igual a dos veces y media la altura del relleno ( $z \geq 2,5 H_R$ ).

- *Rellenos sobre suelos, de altura superior a diez metros ( $H_R > 10 m$ ):* las prospecciones se sustanciarán en forma de sondeos que alcancen al menos el doble de profundidad que la altura del relleno ( $z \geq 2 H_R$ ), en cuyo interior deberán realizarse:
  - Al menos un ensayo<sup>8</sup> de penetración tipo SPT, cada tres metros (3 m) de profundidad de la prospección.
  - Lecturas de nivel piezométrico con igual frecuencia y periodicidad que en el caso de los desmontes.
- *Rellenos sobre roca:* independientemente de su altura, bastará con constatar la presencia de la roca sana en profundidad, lo que podrá sustanciarse mediante calicatas, sondeos y sísmica de refracción<sup>9</sup> en su caso.

En el caso particular de que el terreno de apoyo esté constituido por suelos cohesivos blandos, complementariamente a lo anterior se efectuará en cada una de las calicatas o sondeos (o aledaños inmediatos), como mínimo:

- Un ensayo de penetración estática (piezocono) con al menos cinco (5) ensayos de disipación por vertical prospectada.
- Ensayos de resistencia al corte sin drenaje (de molinete o triaxiales UU), con un mínimo de:
  - Un ensayo por litología.
  - Cuatro (4) en cada vertical prospectada
  - La del estrato que pueda suponerse rígido e indeformable
  - Tres veces la altura del relleno ( $z \geq 3 H_R$ )

Complementariamente a todo lo anterior e independientemente de las resistencias a la penetración obtenidas, deberá efectuarse una estimación de los **asientos** en el terreno de apoyo en formaciones tipo suelo, por la ejecución de los rellenos, que se efectuará partir de las prospecciones y muestras tomadas en cada emplazamiento. Los ensayos a realizar dependen del tipo de terreno de que en cada caso se trate:

- En terrenos cohesivos la deformabilidad del terreno de apoyo se determinará mediante ensayos edométricos, a partir de muestras representativas de una profundidad igual al doble de la altura del relleno ( $z \geq 2 H_R$ ). Se tomará al menos una muestra por litología con un mínimo por emplazamiento que depende de la altura del relleno:
  - Tres (3) muestras para  $H_R > 5m$
  - Dos (2) muestras para  $H_R \leq 5m$
- En terrenos granulares el asiento podrá estimarse a partir de los datos del ensayo SPT evaluados cada dos o tres metros (2 - 3 m) de profundidad de la prospección.

### **Desmontes**

Debe caracterizarse el fondo de los desmontes a efectos de determinar su capacidad de soporte. El número mínimo de prospecciones necesarias serán las que se especifican en el epígrafe: *Condiciones de estabilidad de los rellenos y los desmontes* de este documento, debiendo efectuarse en ellas los siguientes ensayos in situ:

---

7 Por defecto y en ausencia de información específica a priori sobre la presencia de suelos blandos, puede suponerse la realización de un ensayo de penetración dinámica. Del mismo podría derivarse a su vez la necesidad de complementarlo con otro de penetración estática, en su caso.

8 Por defecto y en ausencia de información específica a priori sobre la presencia de suelos blandos, puede suponerse la realización de un ensayo de penetración dinámica. Del mismo podría derivarse a su vez la necesidad de complementarlo con otro de penetración estática, en su caso.

9 En caso de que se opte por este tipo de prospección geofísica la longitud a considerar debe ser al menos, la del relleno en cuestión.



- En sondeos: En cada sondeo -que debe alcanzar una cota en torno a cinco o seis metros (5 - 6 m) bajo el teórico fondo de desmorte-, deberán realizarse al menos tres (3) ensayos de penetración estándar (SPT), al alcanzarse la cota del fondo de desmorte y a dos y cuatro metros (2 - 4 m) por debajo de dicha cota.
- En calicatas: En cada una de ellas (o aledaños inmediatos) deberá realizarse al menos un ensayo de penetración dinámica<sup>10</sup> (DPSH, DPH, Borro...) o estática (piezocono), según el tipo de terreno de que en cada caso se trate. La profundidad de estos ensayos de penetración debe alcanzar una cota en torno a cinco o seis metros (5 - 6 m) bajo el teórico fondo de desmorte.

Además de lo anterior, podrá procederse a la realización de ensayos geofísicos, que busquen un mayor grado de detalle en la caracterización del fondo de los desmontes.

El número de muestras a tomar y los tipos y mediciones de los ensayos de laboratorio a realizar (provenientes de calicatas y sondeos), se determinará conforme a los criterios indicados en el epígrafe: *Condiciones de estabilidad de los rellenos y los desmontes* de este documento

### 2.8.2 PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN

Se realizarán los planos necesarios a escala adecuada que incluyan la situación de la investigación geotécnica realizada y los datos más significativos y representativos de los mismos (columnas estratigráficas en sondeos y calicatas, gráficos de prospecciones sísmicas y eléctricas, golpes en ensayos de penetración, principales parámetros en los piezoconos, estaciones geomecánicas, etc). En el caso particular las prospecciones se indicarán sus tres coordenadas (boca del sondeo, ubicación del equipo penetrométrico...) y su distancia al eje del trazado.

Se confeccionará un gráfico resumen de cada prospección que deberá contener toda la información necesaria para que, se tenga una clara idea de las características del terreno investigado.

En el caso particular de los sondeos, como mínimo se reflejarán todos los datos geotécnicos de los partes de campo confeccionados por el técnico especialista, incluyendo las coordenadas de la boca, la testificación litológica, el porcentaje de recuperación de testigo, el índice RQD, los resultados (y ubicación sobre la columna) de los ensayos "in situ" que se hayan efectuado.

Las descripciones que se incluyan deberán estar contrastadas y ser coincidentes con los ensayos de laboratorio que se hayan efectuado. Además se acompañarán las fotos en color de las cajas de los sondeos, que previamente habrán sido rotuladas a intervalos regulares de profundidad.

En relación con los ensayos de campo y laboratorio, deben presentarse en forma de tabla resumen y paralelamente incluirse los correspondientes partes completos. Al menos deberán reflejarse los siguientes aspectos:

- Partes de ensayo:
  - Deben hacer mención a la denominación completa (numeración, título y fecha) de la norma con arreglo a la que se han ejecutado.
  - Habrán de responder a los modelos de parte recogidos en cada norma de ensayo, que podrán complementarse si se requiriese información adicional.
  - Identificarán el lugar de procedencia de la muestra o ensayo in situ (PK, coordenadas UTM,....).
  - Cada parte de ensayo llevará un código de identificación (único y diferente de los demás) que posteriormente se trasladará a la hoja resumen.
  - Los partes de ensayo se dispondrán correlativamente, atendiendo a un criterio de

---

<sup>10</sup> Por defecto y en ausencia de información específica sobre la presencia de suelos blandos, puede suponerse la realización de un ensayo de penetración dinámica. Del mismo podría derivarse a su vez la necesidad de complementarlo con otro de penetración estática en su caso.

clasificación lógico derivado del código de identificación del parte de ensayo anteriormente referido (alfabético, numérico...)

- Hoja resumen:
  - Se reflejarán los resultados que en cada caso procedan, adecuados a la finalidad específica que se persiga.
  - Se especificará el lugar de procedencia de cada muestra o ejecución de ensayo in situ (PK, coordenadas UTM...)
  - Cada resultado (o conjunto de ellos correspondiente a una misma muestra o ensayo in situ) irá precedida del código (o códigos) de identificación del parte del cuál provenga.
  - Cuando de los resultados anteriores se derive una determinada categoría o clasificación, y excepcionalmente no se hayan realizado todos y cada uno de los ensayos precisos para su obtención (por ejemplo un suelo al que excepcionalmente le faltara por realizar alguno de los ensayos de caracterización completa), dicha clasificación será incompleta y este aspecto se reflejará asimismo, de forma expresa, en la hoja resumen.

### **2.8.3 REDACCIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR**

Sobre la base de la información geológica, las observaciones de campo y la investigación geotécnica de detalle, tanto de campo como de laboratorio, se redactará el anejo de estudio geotécnico del corredor.

#### **2.8.3.1 Perfil geotécnico**

Sobre la base de la información geológica y geotécnica obtenida se realizará el perfil geotécnico de la traza a escala H. 1: 5.000 y V. 1: 500.

El perfil longitudinal debe resultar consecuente con la planta contenida en el estudio geológico. Sobre dicha planta se superpondrá, a partir de las conclusiones del estudio fotogeológico, la ubicación de los paleodeslizamientos u otros fenómenos de inestabilidad de ladera que se hubieran detectado.

En dicho perfil se representarán la rasante de la traza y las obras a realizar: obras de paso superiores e inferiores, viaductos, puentes y túneles, así como la situación de las prospecciones e investigaciones realizadas; catas, penetraciones y sondeos, perfiles geofísicos, etc, que se anotarán con su proyección en el eje, su profundidad y la distancia al eje indicando si es a la derecha o a izquierda de la progresiva.

Al pie del perfil longitudinal se representará una "guitarra" con la siguiente información:

- a) indicación, por tramos, del espesor de la tierra vegetal;
- b) en los desmontes: en suelo, se indicarán los porcentajes de suelo inadecuado, marginal, tolerable, adecuado o seleccionado para la formación de rellenos; en desmontes en roca, la aptitud del material excavado para la formación de todo-uno o pedraplenes; se tramificarán las características del material de fondo de desmonte como cimiento de la explanada del firme; también se indicará si el material es excavable mediante medios mecánicos, con o sin ripado, o si es necesario el uso de explosivos, en función de la profundidad;
- c) en los rellenos o zonas de tránsito de terraplén a desmonte: el espesor de material a sustituir por saneo, adicional al espesor de tierra vegetal, para la cimentación del relleno o de la propia explanada;
- d) emplazamiento de las calicatas y de los sondeos mecánicos efectuados, con indicación simplificada de los materiales encontrados y su clasificación, y los gráficos simplificados de las penetraciones Y prospecciones geofísicas.

Finalmente, se preparará un resumen en el que se incluirán los principales problemas geotécnicos del corredor, su localización y sus soluciones. Tanto en los Planos, como en las

Especificaciones Técnicas Particulares y en el Presupuesto se recogerán estas soluciones.

### **2.8.3.2 Desmontes**

Se estudiará para cada uno de los desmontes la estabilidad del mismo con indicación expresa de los taludes a adoptar, en ambos márgenes de la carretera, en función de las características geotécnicas de los materiales a excavar. Para ello se efectuará previamente la caracterización geomecánica de las formaciones afectadas.

El coeficiente de seguridad al deslizamiento (estabilidad global) mínimo a adoptar, salvo justificación, será:

- Situaciones persistentes: 1.5.
- Situaciones transitorias o de corto plazo 1.3
- Situaciones accidentales: 1.1

En desmontes importantes se definirán los anchos de bermas a pie de talud e intermedias, necesarias para asegurar una eficaz protección a la vía frente a desprendimientos y la conservación de los taludes. En el caso de las bermas intermedias, tendrán preferiblemente las siguientes características:

- Procurará dividir el talud en diferentes zonas accesibles de forma independiente para los equipos de conservación que transiten por las mismas.
- Anchura mínima de 5 ó 6 m para permitir el acceso de maquinaria.
- Pendiente transversal hacia el interior del talud del 4 %.
- Pendiente longitudinal entre el 2 % y el 4 %, independientemente de la pendiente de la rasante de la carretera.
- Cunetas revestidas de hormigón para el encauzamiento de las aguas de escorrentía del talud y de la propia berma.
- En caso de que sea posible, se aprovecharán contactos litológicos subhorizontales para su establecimiento ubicándose sobre horizontes competentes. En otras circunstancias se establecerán a intervalos relativamente regulares, empezando su cómputo desde la cota de fondo de desmonte.

Se clasificarán los materiales procedentes de la excavación, para su uso en la formación de rellenos y explanadas, de la forma indicada en la ejecución del perfil geotécnico. Se realizarán recomendaciones sobre el procedimiento de ejecución, junto con la utilización de los materiales en la formación de rellenos, y se definirán los coeficientes de paso.

En los desmontes en roca se definirán los correspondientes procedimientos de voladura, indicando expresamente la necesidad de hacer precorte y su justificación.

Además se tendrán en cuenta las cuestiones relacionadas con:

- Capacidad de soporte del fondo
- Drenaje superficial y subterráneo
- Interacción con las laderas aledañas, presentando especial atención a los paleodeslizamientos y otros fenómenos similares
- Transición con los rellenos aledaños

Se preparará un cuadro resumen con indicación por distancia al origen de todos y cada uno de los desmontes con los taludes recomendados en ambos márgenes y las posibles medidas a tomar.

### **2.8.3.3 Rellenos**

Se fijarán, a la vista de las características geotécnicas de los terrenos atravesados por la traza, y del material para la construcción de rellenos, los taludes recomendados, adoptando siempre valores conservadores compatibles con la mínima afección al entorno de las obras.

Salvo casos excepcionales, debidamente justificados, las pautas básicas serán las siguientes:

- Los rellenos tipo terraplén deberán ejecutarse con taludes 3H:2V ó 2H:1V. Cuando se trate de rellenos con núcleo confinado (suelos marginales en el interior), tanto el talud de los espaldones como el talud interno de la zona encapsulada deberá ser el 2H:1V.
- Los rellenos tipo pedraplén o todo uno, podrían tener un talud más vertical que el 3H:2V, previo estudio basado en ensayos específicos.

Se estudiará la forma de ejecución, teniendo en cuenta los materiales que se obtendrán de los desmontes y préstamos, sus características y la forma de su excavación.

En caso de aparición de roca en los desmontes que permita usarla para pedraplenes se indicará su idoneidad para este uso, la forma de ejecutarlos y el tamaño de la fragmentación de la roca.

Se analizarán, en aquellos rellenos sobre terrenos blandos y en los de altura superior a 10 m, los asientos previsibles y el tiempo necesario para alcanzar un determinado porcentaje de consolidación, compatible con que no se produzcan daños en el firme. Se estudiarán las medidas a adoptar para acelerar y/o disminuir los asientos. En especial se estudiarán los asientos de los rellenos en el trasdós de las obras de fábrica, para estudiar la mejor forma de ejecución de los estribos y la aparición de rozamiento negativo, caso de que estos hayan de ser pilotados.

Se analizarán aquellos rellenos a media ladera en los que la naturaleza del cimiento y/o la pendiente transversal del terreno recomiende la adopción de medidas especiales, con indicación razonada de aquellas que se adopten.

El proyecto de la cimentación de cada relleno debe tener una justificación expresa de la estabilidad global de la obra.

El coeficiente de seguridad al deslizamiento del conjunto relleno-terreno (estabilidad global) mínimo a adoptar, salvo justificación, será:

- Situaciones persistentes: 1.5.
- Situaciones transitorias o de corto plazo: 1.3
- Situaciones accidentales: 1.1

Se establecerá un cuadro resumen con referencia al eje de la traza (PK, DO,...) de todos y cada uno de los rellenos, especificando su tipología e incluyendo los taludes recomendados, así como las medidas especiales a adoptar.

#### **2.8.4 ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE CADA 500 METROS.**

Estudio de suelos de subrasante c/500 m, incluye muestreo, ensayos, diseño de pavimentos e informe, para la determinación de espesores de pavimento.

Partiendo de los datos obtenidos del estudio Geotécnico, se seleccionarán unidades homogéneas de diseño de cada una.

Se tomará muestras de las diversas capas de suelos encontrados en apiques y sondeos, los cuales se someterán a ensayos de humedad natural, granulometría, límites de consistencia, peso específico y compactación. Con los datos de granulometría y límites, se clasificarán los suelos por los métodos AASTHO y SUCS y se dibujará el perfil de suelos de sub-rasante a lo largo del proyecto, mismo que si coincide con el pavimento existente, se determinará la densidad de las capas constitutivas y el ensayo de cono de penetración dinámico (DCP) a nivel de sub-rasante.

Cuando un suelo se presente repetidamente en varios apiques debido a la homogeneidad de la zona, se podrá omitir, con base en el criterio del Director del Estudio, la toma de muestras para el ensayo de granulometría, límites, peso específico y compactación, pero se determinarán las humedades naturales y la densidad en el terreno.

En caso de que se detecten situaciones especiales, como la presencia de suelos orgánicos o expansivos, se deberá indicar claramente su ubicación y se darán recomendaciones concretas sobre el tratamiento que deban recibir durante la construcción.

Con toda esta información se dibujará un perfil estratigráfico referido al eje del proyecto y se determinarán los materiales predominantes que conforman la subrasante.

Se realizarán ensayos de CBR y DCP a cada material representativo del perfil (mínimo 3 por cada tipo de suelo), se determinará el CBR de Diseño y conjuntamente con los datos obtenidos en la zona de préstamos y el tráfico previsto, se hará el diseño de la estructura del pavimento, utilizando el método de la AASTHO del año 1993.

También se indicará el tratamiento necesario, en caso de que los materiales que conforman la subrasante, sean expansivos o cuando se estime conveniente incrementar la capacidad portante del terreno.

## **2.9 DISEÑO Y DIBUJO PROYECTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEFINITIVOS, INCLUYE FAJA TOPOGRÁFICA**

El Consultor estudiará y propondrá para aprobación del MTOP la velocidad directriz, distancias de visibilidad de parada y sobrepaso, y las secciones de diseño, en concordancia con la clasificación de la carretera, la demanda proyectada, el tipo de topografía, los suelos, el clima, etc., según sea lo más conveniente de acuerdo al Manual de Diseño de carreteras Ecuatorianas MOP-001-E-1974, La ejecución de estos trabajos estará en concordancia con lo señalado en el capítulo III del Manual de Diseño Geométrico MOP-001-E 1974

Los parámetros del trazado geométrico para la carretera, se considerarán en base a las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) para clase I, normas Coorpecuador R1-R2, Normas Internacionales American Association State Highway Transportation Officials (AASHTO) 2004, Highway Capacity Manual (HCM) entre otras, tomando en consideración la topografía y zona pobladas cercanas al proyecto.

Los anchos libres de calzada para los puentes deben considerar el ancho de los carriles más el ancho de los espaldones, norma recomendada por el MTOP.

El diseño tendrá en cuenta los niveles y límites de las edificaciones existentes. En caso de ser necesario expropiar viviendas o terrenos para que la carretera mantenga las condiciones de diseño, el Consultor marcará estas propiedades en su plano de forma tal de individualizarlas perfectamente.

El Consultor debe contemplar la solución a las interferencias al diseño, en lo que respecta a las obras existentes o proyectadas de servicio público (postes, cables, tuberías, buzones de alcantarillado, etc) Para el efecto coordinará con los Concejos Municipales, comunidades y/o Entidades de servicio público correspondientes.

La definición del trazado incluirá los siguientes datos generales:

- radios en planta, máximos y mínimos;
- parámetros de clotoide, máximos y mínimos;
- pendientes y rampas, máximos y mínimos;
- parámetros de acuerdo vertical, máximos y mínimos;
- análisis de visibilidad en planta y alzado;
- secciones transversales tipo;
- gálibos;
- definición de sobreamanchos y peraltes;
- tipología de intercambiadores (previo análisis técnico y económico de las alternativas que conduzcan a la solución óptima).

En la definición de alineaciones y de rasantes, los datos deberán aparecer con la máxima precisión posible, que no podrá ser inferior en ningún caso a una cienmilésima parte de unidad, con el fin de que si es necesario rehacer el cálculo, o modificar ligeramente el trazado o la forma de definición de sus elementos, se introduzcan los mínimos errores posibles.

Para las coordenadas de los puntos equidistantes en planta y las cotas de los puntos equidistantes del perfil longitudinal, así como los datos de replanteo, se redondearán las distancias, cotas y coordenadas a milímetros, y los ángulos a segundos centesimales.

## 2.9.1 TRAZADO EN PLANTA

### 2.9.1.1 Estado de alineaciones

Se incluirá la definición correspondiente a los elementos de trazado en planta, para lo cual se tomará como punto de partida el origen del proyecto, al que se le podrá asignar una Distancia al Origen (D.O.) arbitraria, que a su vez se verá aumentada con las longitudes de los distintos elementos del trazado, determinando así las D.O. crecientes del mismo.

Se utilizarán únicamente tres tipos de elementos:

- alineación recta;
- alineación circular;
- curva de transición tipo clotoide.

La definición de cada uno de los elementos integrantes del estado de alineaciones se hará de la siguiente manera:

PLANTA			
TIPO ALINEACIÓN	DATOS INTRÍNSECOS	DATOS CARTESIANOS	
		Coordenadas y acimut origen elemento	Centro circunferencia o punto de inflexión clotoide
RECTA	D. Origen/D.O. = Radio/R = infinito Longitud/L =	Xo = Yo = Az =	
CLOTOIDE	D. Origen/D.O. = Parámetro/A = Longitud/L =	Xo = Yo = Az =	Xi = Yi = Az =
CIRCUNFERENCIA	D. Origen/D.O. = Radio/R = Longitud/L =	Xo = Yo = Az =	Xc = Yc =

### 2.9.1.2 Definición en planta cada 20 m

Se definirán las coordenadas de los puntos del trazado en planta cada 20 m sobre el eje, así como las de todos los puntos singulares del estado de alineaciones:

- en las alineaciones rectas, se definirán las coordenadas cartesianas (X,Y) de cada punto, y el azimut de la recta;
- en las alineaciones circulares, se definirán las coordenadas cartesianas (X,Y) y el azimut de cada punto, así como el radio de la circunferencia;
- en las curvas de transición tipo clotoide se definirán las coordenadas cartesianas (X,Y), el azimut (Az) y el radio de curvatura (R) en cada punto, así como el parámetro de la clotoide.

## 2.9.2 TRAZADO EN ALZADO

### 2.9.2.1 Estado de rasantes

Se incluirá la definición correspondiente a los elementos de trazado en alzado, partiendo del origen del proyecto, cuya D.O. se habrá establecido al definir el trazado en planta.

Se utilizarán únicamente dos tipos de elementos:

- rasantes de inclinación uniforme (rectas);
- curvas de acuerdo vertical (parábolas de 2º grado).

Los elementos del trazado en alzado se definirán de la siguiente manera:

ALZADO			
TIPO ELEMENTO	DATOS INTRÍNSECOS	COTAS	
RECTA	D. Origen/D.O. = Pendiente/P(%) =	Longitud/L	Zo =
ACUERDO VERTICAL	D. Origen elemento/DOe = D. Origen vértice/DOv =	Longitud/L = Bisectriz/B = Parámetro/Kv =	Zo = Zv =

### 2.9.2.2 Definición de puntos en alzado cada 20 m

Se definirán las cotas de los puntos del trazado en alzado cada 20 m sobre el eje, así como las de todos los puntos singulares del estado de rasantes.

El listado incluirá la D.O. de cada punto, su cota y la inclinación de la rasante correspondiente, con su signo (positivo para las rampas, negativo para las pendientes).

## 2.9.3 ESTUDIO DE VISIBILIDAD EN PLANTA Y ALZADO

Se realizará un estudio de visibilidad en planta y alzado, determinando los retranqueos de obstáculos y los parámetros geométricos mínimos que proporcionen una visibilidad superior a la distancia de parada. Se analizarán, en su caso, las zonas donde no pueda cumplirse lo indicado anteriormente, adoptando las medidas complementarias necesarias para mantener la seguridad vial.

## 2.9.4 SECCIONES TRANSVERSALES TIPO

Se incluirá la descripción y representación de todas las secciones tipo de los diversos viales proyectados, incluyéndose las dimensiones de sus elementos. En el caso de secciones tipo con previsión de ampliación del número de carriles se analizará la situación futura por si ésta pudiera condicionar la inicialmente proyectada.

## 2.9.5 INTERCAMBIADORES Y VÍAS DE SERVICIO

La definición geométrica del trazado de intercambiadores o vías de servicio se hará de la misma forma en que se ha descrito en los apartados anteriores.

A tales efectos, se individualizarán tantos ejes como sean necesarios para definir perfectamente las obras proyectadas, y cada uno de ellos será objeto de un estudio por separado, definiendo sus distintos elementos de trazado, tanto en planta como en alzado, y las coordenadas de los puntos equidistantes, de la misma forma que si del eje principal se tratase.

Asimismo, se definirán con exactitud los puntos de intersección de los distintos ejes que concurren en una intersección o enlace, con objeto de facilitar el replanteo de los mismos. En



especial se determinarán las longitudes y puntos singulares de los carriles de cambio de velocidad.

Para el estudio en planta y la definición de los peraltes, se preparará un plano de planta a escala 1:500, como mínimo, en el que se definan las coordenadas de los puntos singulares de las mismas, los correspondientes radios y acuerdos, los anchos de carriles y sobreeanchos, en su caso, así como los peraltes de cada uno de los ramales.

Cuando el radio de las alineaciones curvas sea inferior a 150 m, o el parámetro de los acuerdos verticales sea inferior a 1.000 m, la definición de los puntos equidistantes del eje se hará cada diez (10) metros.

### **2.9.6 PERFILES TRANSVERSALES**

Se incluirán perfiles transversales, al menos cada 20 m, de cada uno de los viales proyectados. Se tendrá en cuenta la proximidad entre viales cuyas explanaciones puedan interferirse, así como la existencia de estructuras.

### **2.10 MOVIMIENTOS DE TIERRAS**

#### **2.10.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES**

Atendiendo a los resultados de la campaña de reconocimiento geotécnico de los terrenos, se clasificarán los materiales procedentes de las excavaciones de la traza según su mayor o menor facilidad para ser removidos.

Esta clasificación se reflejará tanto en las Especificaciones Técnicas Particulares como en el Presupuesto, que incluirán la definición precisa de las distintas unidades de obra que integren el capítulo de explanaciones, sus precios correspondientes y los presupuestos parciales a que den lugar.

#### **2.10.2 COMPENSACIÓN DE LAS EXPLANACIONES**

Análogamente, del estudio geotécnico se deducirán los volúmenes de desmonte que deben ser llevados a vertedero por no reunir el material las condiciones necesarias para la construcción de rellenos y el volumen de material de préstamos necesarios para conseguir la explanada tipo (fondo de excavación en desmontes o capa de coronación de rellenos).

Para el estudio de las compensaciones, que prescindirá de los volúmenes anteriormente referidos (volúmenes de desmonte que van a ser transportados a vertedero y volúmenes de relleno que van a proceder de préstamos), se aplicará, a los volúmenes de desmonte restantes, el factor de corrección adecuado, de acuerdo con la naturaleza del material aprovechable de la traza.

Se estudiará en primer lugar la posibilidad de efectuar compensaciones transversales en el caso de que existan tramos cuya sección transversal discorra con perfiles a media ladera.

A continuación, se procederá a realizar un estudio de compensación longitudinal, empleando el método del diagrama de masas, que dará información sobre lo siguiente:

1. volúmenes excavados que se transportan a vertedero, con indicación de las zonas de origen y el vertedero de destino;
2. volúmenes de relleno que se realizan con préstamos, con indicación del préstamo origen y las zonas donde se emplean;
3. distancias de transporte para los distintos volúmenes transportados.

El estudio de la compensación longitudinal irá acompañado del correspondiente estudio de costes de transporte, determinando las distancias medias de transporte para los volúmenes

transportados, en función de la distancia existente entre los centros de gravedad del diagrama de masas en las zonas correspondientes a desmote y relleno.

### **2.10.3 PRÉSTAMOS Y VERTEDEROS**

Cuando las características del proyecto obliguen a la descompensación de las tierras, o existan materiales en los desmontes del proyecto que no sean económica o técnicamente viables para la construcción de la carretera, se deberá estudiar y proponer (en coordinación con el estudio de Geología y Procedencia de Materiales) los préstamos y vertederos que sean necesarios para satisfacer las necesidades de la obra, en función de las características de los materiales, las reservas y las distancias de transporte.

### **2.10.4 RESUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

El anejo de movimientos de tierras debe contar con un cuadro resumen donde se especifique:

- El volumen de relleno necesario, desglosando por materiales utilizados (suelos marginales debidamente tratados, tolerables, adecuados o seleccionados; todo-uno; pedraplén), y distinguiendo también su origen (desmontes de la traza y/o préstamos; compensación transversal). Se indicarán las distancias medias de transporte estimadas diferenciando por tipo de material, origen y destino, y los coeficientes de paso adoptados.
- Volumen de materiales para la formación de la explanada y las cuñas de transición en estructuras, desglosando por materiales utilizados (suelos tolerables, adecuados o seleccionados; suelos estabilizados), distinguiendo también su origen (desmontes de la traza y/o préstamos). Se indicarán las distancias medias de transporte estimadas diferenciando por tipo de material, origen y destino, y los coeficientes de paso.
- Volumen de excavaciones en desmontes, distinguiendo si es preciso la forma de extracción (medios mecánicos con o sin ripado, voladura) y los materiales que previsiblemente se obtendrán (suelos marginales, tolerables, adecuados o seleccionados; todo-uno; pedraplén; materiales inadecuados), y distinguiendo su destino (compensación transversal, formación de rellenos, cuñas de transición de estructuras, explanadas o vertedero).
- Volumen de tierra vegetal y eventuales saneos para las cimentaciones de rellenos y estructuras, indicando la parte que podrá ser empleada en las labores de revegetación, y la parte que será llevada a vertedero. Se debe indicar la distancia media de transporte a vertedero, y los coeficientes de paso adoptados.
- Volumen de material procedente de préstamos, desglosando por material a extraer (suelos tolerables, adecuados o seleccionados; todo-uno o pedraplén) y origen (diferentes préstamos estudiados en fase de proyecto). También se indicará el destino de los materiales (rellenos, explanada, cuñas de transición) y las distancias medias de transporte previstas.
- Volumen de material a vertedero, indicando su origen (materiales inadecuados, suelos marginales o sobrantes de la excavación de desmontes; tierra vegetal o saneos de cimentación) y su destino (vertederos estudiados en el proyecto). Se indicará también la distancia media de transporte a vertedero.
- Verificación de la existencia de balance nulo en el conjunto del movimiento de tierras (material excavado/préstamo vs. Material vertido/llevado a vertedero), considerando los coeficientes de paso correspondientes.

Dentro de cada uno de los apartados anteriores, a su vez es aconsejable desglosar las mediciones correspondientes al tronco, de los diferentes intercambiadores, vías de servicio y a reposiciones de caminos.

### **2.10.5 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL CAPÍTULO DE EXPLANACIONES**

Las conclusiones del estudio de compensación de volúmenes del movimiento de tierras, se

reflejarán en el Anejo de justificación de precios y en los documentos contractuales del Estudio, incluso en el caso de que se fije un precio único para la excavación en desmante (sin diferenciación de ningún tipo), combinado con un precio único de relleno (cualquiera que sea su procedencia), modelo que será el normalmente utilizado, salvo justificación expresa en contrario.

En el caso de que sea necesario establecer matizaciones, tales como distinguir varios tipos de terrenos en desmante, varias procedencias de materiales en el relleno, o incluso varias distancias de transporte (introduciendo el concepto de transporte adicional por encima de una distancia media), deberá ser objeto de una detallada definición contractual.

## **2.11 DISEÑO DEL PAVIMENTO**

En el Diseño de pavimentos de una carretera (flexibles y/o rígido), un propósito fundamental será evitar la saturación de las capas de base, sub-rasante u otros materiales que forman su pavimento (paquete de pavimentos), o su exposición a humedades que sin llegar a la saturación, pueden ser perjudiciales. Consecuentemente, se deberán estudiar grupos de soluciones que pueden controlar o eliminar los problemas causados por la humedad, tales como:

1. Sellar adecuadamente un pavimento y evitar la penetración del agua en las capas que lo conforman:
  - a. Sellar juntas de pavimentos rígidos usando materiales con técnicas adecuadas y sellar grietas de pavimentos asfálticos.
  - b. Empleo de materiales geosintéticos.
  - c. Impermeabilizar las superficies de rodadura, base, sub-base y espaldones.
  - d. Instalar drenes interceptores para prevenir el ingreso de agua a una sección del pavimento.
2. Emplear materiales inertes a la humedad, que no se afecten por la presencia de la humedad:
  - a. Emplear cementantes para estabilizar capas granulares (cal, cemento, bituminosos).
  - b. Seleccionar materiales granulares con bajo contenido de finos y baja plasticidad, que soportan de mejor manera los efectos de la humedad que los materiales bien graduados.
3. Proveer drenaje adecuado, para remover de manera efectiva toda humedad que pudiera ingresar al pavimento, antes de que se inicie el daño:
  - a. Diseñar un sistema de drenaje que abata permanentemente el nivel freático por debajo de un pavimento o canalice adecuadamente toda infiltración que pudiera ingresar al sistema de pavimento.
  - b. Usar bases y sub-bases permeables, diseñadas no solo como capas estructurales, sino también como capas de drenaje. El agua que ingresa al pavimento escurrirá horizontalmente hacia afuera de la vía en lugar de infiltrarse en la sub-rasante.
  - c. Añadir drenes longitudinales en las secciones de relleno.

En cuanto a los aspectos técnicos relacionados con los procedimientos de diseño, el Consultor deberá atenerse básicamente a la metodología AASHTO, versión 1993 (para pavimentos flexibles y rígidos) y complementariamente a la del ASPHALT INSTITUTE, edición 1991 para pavimentos flexibles.

Se tomará en cuenta en el diseño de pavimentos la estabilidad de los taludes y las situaciones ambientales de la zona.

Además, de los parámetros requeridos por los métodos antes mencionados, el diseño deberá considerar los siguientes aspectos:

Condiciones ambientales del tramo en estudio.-

Se tomarán datos de clima, altitud, precipitaciones y temperaturas; y de igual manera se

evaluarán los registros históricos, según INAMHI, obteniendo finalmente los datos representativos para fines de diseño.

El período de diseño para pavimento flexible será por períodos de 10 años, para estimar el refuerzo adicional será del año 10 al año 20.

El periodo de diseño para pavimentos rígidos será mayor a 20 años.

El índice inicial de servicialidad será de 4.2 para pavimentos flexibles y 4.5 para pavimentos rígidos y el índice final de servicialidad al cabo de 10 años será igual a 2.5 para pavimentos flexibles y de 2.5 para pavimentos rígidos al cabo de 20 años. El nivel de confiabilidad será entre el 80 % y el 95%, dependiendo del número pasadas de ejes equivalentes en el periodo de diseño, siempre y cuando haya justificación económica mediante la corrida del HDM - 4 y Tasa Interna de Retorno mayor al 12 %.

El Consultor estudiará y analizará diferentes alternativas de pavimento, en función de la capacidad soporte de la sub-rasante, del tráfico previsto, de las condiciones ambientales del área (clima, precipitaciones, heladas, altura, etc.) de las alternativas de mantenimiento vial, de los materiales naturales disponibles en la zona, etc; definición del tipo de asfalto, de filler y de mezcla a utilizar y de ser necesario, el uso de aditivos o productos químicos (cemento, asfalto, etc.)

Deberán seleccionarse diversas estrategias de diseño, desde estructuras construidas para que dure todo el período de diseño, hasta la construcción por etapas con una estructura inicial y colocación de sobrecapas programadas, para el efecto se aplicará el programa HDM.

Se revisará y de ser necesario se ajustará y detallará el diseño de las capas de refuerzo y el programa de mantenimiento en función de los parámetros que se indican en la siguiente tabla, debiendo llegar a determinar el diseño óptimo de rehabilitación y mantenimiento, siempre que sea factible en términos económicos y financieros ( HDM - 4 ).

TPDA	IRI ( m / km. )	RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO ( Recomendación )
> 8000	< 2.5	> 55
3000-8000	< 2.85	> 55
< 3000	< 3.0	> 50

## 2.12 DRENAJE

Se realizará el cálculo y la justificación de los elementos de drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera (drenaje longitudinal) -tanto superficiales como subterráneos- y del drenaje transversal de los cauces naturales interceptados por la carretera. También se realizará la comprobación, en su caso, de los elementos de drenaje ya existentes.

El anejo de Drenaje debe contener un resumen con los condicionantes que afectan a la definición del drenaje:

- Criterios específicos de las administraciones hidráulicas competentes;
- Condiciones hidrogeológicas;
- Condiciones medioambientales (estudio de impacto ambiental y DIA);
- Facilidad de la conservación y el mantenimiento;
- Otros condicionantes.

### 2.12.1 CÁLCULO DE CAUDALES

La obtención de los caudales del drenaje transversal (los cauces naturales interceptados por la carretera) se habrá realizado y justificado previamente en el Estudio de Climatología e

## Hidrología.

En el Estudio de drenaje se debe incorporar el estudio de los caudales del drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera, y de las superficies vertientes hacia ellos. Se considerarán elementos de la plataforma y márgenes de la carretera:

- Medianas;
- Superficies de la plataforma pavimentadas (calzadas, arcenes);
- Superficies de la plataforma no pavimentadas (bermas, etc.);
- Taludes de desmontes;
- Espaldones de rellenos;
- Zonas interiores de enlaces e intersecciones (isletas, lazos, etc.) o entre viales de la carretera (entre tronco y vía de servicio, etc.);
- Zonas de estacionamiento, áreas de descanso, de servicio, etc;
- Lechos de frenado;
- Estructuras, muros y túneles;

Si existen registros de caudales en la corriente, éstos se analizarán estadísticamente para generar los caudales de diseño en los períodos de recurrencia aceptados. Se aplicará también, si fuese posible, la teoría del hidrograma unitario real.

Cuando no existan registros directos de la corriente, la determinación de los caudales de diseño se llevará a cabo utilizando los datos de lluvia, estableciendo sus magnitudes por medio de hidrogramas unitarios sintéticos, aplicación de fórmulas plenamente válidas para la región de ampliación y estudios regionales de exactitud aceptable.

Para la determinación de los caudales máximos, el Consultor deberá obtener utilizando por lo menos dos metodologías y para cuencas de aéreas extensas se aplicará el proceso de traslación de caudales generadas por las subcuencas previamente identificadas en la información topográfica disponible.

### **2.12.2 DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES (LONGITUDINAL)**

El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera comprende las recogida, conducción y desagüe de los caudales procedentes de la escorrentía superficial de las mismos y de sus zonas aledañas vertientes.

Para definir la red de drenaje de la plataforma y márgenes se han de tener presentes las características del sistema hidrológico de la zona y la Declaración de Impacto Ambiental, cuando exista, evitando en cualquier caso el vertido directo accidental de las aguas de escorrentía de la plataforma de la carretera a los cursos de agua permanentes.

El proyecto de los elementos que forman la red de drenaje de plataforma y márgenes incluye las siguientes fases:

- Determinación de las áreas vertientes.
- Cálculo de los caudales y asignación de estos por tramos.
- Definición de los elementos de drenaje (cuneta, caces, bajantes, colectores, etc.) y dimensionamiento hidráulico.
- Comprobaciones: capacidad hidráulica; riesgo de erosión o aterramiento; continuidad geométrica e hidráulica; no introducción de caudales a los elementos de drenaje subterráneo, etc.
- Definición de puntos y caudales de desagüe.

Se utilizarán preferentemente dispositivos superficiales –caces y cunetas-, cuyos coste de construcción y conservación son inferiores a los dispositivos enterrados (sumideros, colectores).

En general, se proyectarán salidas de las cunetas y caces con una distancia máxima de 500 m.

Las salidas se resolverán mediante arquetas de hormigón con arenoso, desagües por medio de bajantes, o bien a través de obras transversales para drenaje longitudinal (O.T.D.L.) habilitadas o colectores. También será admisible el vertido a una obra de drenaje transversal, mediante la arqueta correspondiente, debiéndose analizar, en estos casos, la incidencia en la ejecución de las obras y el funcionamiento posterior de la obra de drenaje transversal.

Se proyectarán los detalles precisos para pasar de un tipo de dispositivo de drenaje a otro, tales como empalmes en arquetas, partidores, etc, de forma que se asegure la continuidad de la red.

Se proyectarán cunetas de guarda en la coronación de los taludes en los desmontes y de pie en los espaldones de terraplenes para proteger estos elementos allí donde la escorrentía superficial del terreno se dirija hacia ellos. En estas cunetas se preverá el proyecto de rampas rugosas para el escape de la fauna pequeña.

Se intentará evitar que la carretera intercepte vaguadas en desmonte o trinchera (vaguadas colgadas). En caso de que no sea posible, el caudal a considerar para dimensionar los elementos de desagüe (bajante en el punto bajo de la coronación de desmonte, cunetas y colectores) es el correspondiente a 100 años de periodo de retorno. En las bajantes que conducen sus aguas al drenaje longitudinal de la trinchera (cuneta o colector) se procurará:

- Que los caudales unitarios por metro de ancho no excedan de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Que para alturas de caída superiores a 3 m, la bajante sea escalonada, siguiendo una inclinación más tendida que el talud de desmonte para crear un cuenco de recogida en cabecera que concentre la entrada de agua a la bajante.

Se consideran singularmente problemáticas aquellas bajantes con caudales superiores a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  o aquellas que presenten quiebros, que serán proyectadas detalladamente.

Una vez definida la red completa de drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera, se elaborará un cuadro resumen de las obras de drenaje (cunetas, tubos pasacunetas, caces, colectores longitudinales, obras transversales de drenaje longitudinal, arquetas, etcétera), en el que se indicará la ubicación de cada obra (D.O.), sus dimensiones geométricas (sección transversal, longitud, etcétera) la función que realiza dentro del conjunto de la red y el dimensionamiento de la misma.

La sección tipo de las cunetas, así como los restantes detalles de los elementos que integren el sistema de drenaje de la plataforma y márgenes, se definirán con toda exactitud en los planos del Proyecto.

En el caso de que la posición de cunetas, colectores y otros elementos del drenaje de la plataforma y márgenes no pueda ser deducida del replanteo de las calzadas del proyecto, los planos del proyecto definirán los perfiles longitudinales, plantas y cuadros de replanteo que definan geoméricamente estos elementos.

### **2.12.3 DRENAJE TRANSVERSAL**

El objetivo del drenaje transversal es la restitución de la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (vaguadas, cauces, arroyos, ríos) interceptada por la carretera. Las obras de drenaje transversal también pueden ser útiles para la el desagüe de la red de drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera, o para el paso de la fauna o la reposición de servicios.

En general, cabe distinguir dos grupos en el drenaje transversal:

- Las pequeñas obras de drenaje, de sección cerrada, fundamentalmente tubos o marcos. Se denominan en general Obras de Drenaje Transversal (ODT).
- Obras de paso de grandes dimensiones, tales como puentes y viaductos, y que se estudian con técnicas de hidráulica fluvial.

#### **2.12.3.1 Datos de campo**

Para la implantación del drenaje transversal de la carretera debe realizarse:



- Cartografía de detalle mediante taquimetría del emplazamiento previsto de las obras de drenaje transversal y de la vegetación de las riberas, así como del cauce natural en una distancia suficiente para su correcta modelización hidráulica. También debe hacerse inventario de represas y obstáculos, así como de escarpes o indicios de erosión, para que puedan ser tenidos en cuenta en el diseño del drenaje.
- Toma de datos de las obras de drenaje existentes actualmente en las inmediaciones de la carretera y que pueden influir en el drenaje de la carretera (situación, tipología, características geométricas). Estudio especial de aquellas que, en el caso de realizarse el aprovechamiento de una carretera existente, sean susceptibles de ser utilizadas en el drenaje del nuevo proyecto mediante rehabilitación, ampliación, etc.
- En zonas urbanas y periurbanas deben inventariarse y recogerse datos del sistema de alcantarillado de los núcleos de población (sumideros, colectores, estanques de tormenta, etc.), por la incidencia que podría tener en el proyecto del drenaje de la carretera.

### 2.12.3.2 Implantación de las ODT

La implantación de las obras de drenaje transversal se realizará evitando las situaciones que se indican a continuación:

- apoyos heterogéneos del cuerpo de la obra;
- salidas mediante bajadas escalonadas apoyadas en el relleno;
- trasvase de agua de una cuenca principal a otra, en general;
- soleras escalonadas, en lo posible;
- cambios bruscos de alineación, en especial en régimen rápido.
- entradas en pozo, cuando sea conveniente que las obras de drenaje sirvan como paso de fauna.

### 2.12.3.3 Dimensionamiento de las ODT

En el dimensionamiento de las obras y elección de su tipología se tendrán en cuenta los costes de construcción y conservación, evitando en lo posible obras multicelulares por el peligro de obstrucción.

En todos los casos se procurará, dentro de lo posible, dimensionar cada obra de fábrica, de manera que la sección de control del flujo esté a la entrada de la misma y que la altura de agua que se produce en el remanso respecto a la cota de la solera en la entrada de la obra de drenaje sea menor de 1,2 veces el diámetro del tubo o de la altura libre ( $H_E < 1,2 D$ ), con el fin de evitar la posibilidad de que se produzcan daños materiales a las propiedades colindantes.

Este último aspecto deberá ser tenido en cuenta especialmente en los casos en los que el cauce natural de la escorrentía no exista, o no esté bien definido, y quepa entonces la posibilidad de que no se alcance el régimen uniforme antes de la entrada del flujo en el conducto transversal correspondiente. En estos casos, deberá relacionarse la capacidad de desagüe de la sección ( $Q$ ) con la altura de energía específica del agua ( $H_E$ ) inmediatamente antes de la embocadura, que para el caso de que se formen remansos coincidirá, dada la pequeña velocidad de aproximación del agua, con el nivel máximo que alcance la superficie libre con respecto al umbral inferior de la obra de fábrica de desagüe. De esta manera podrá dimensionarse la obra de fábrica para un determinado caudal de cálculo  $Q$ , y conocer  $H_E$ , que determinará la posible existencia de daños a terceros.

Cuando los niveles de agua a la salida de la ODT, o las características de la ODT (pendiente, longitud, rugosidad) influyen a los niveles de aguas arriba, la altura de agua a la entrada de la ODT deberá ser calculada preferentemente mediante métodos basados en el análisis de las curvas de remanso.

La comprobación hidráulica de la ODT debe comprender:

- Cuando el caudal de proyecto es superior a  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ , o las circunstancias así lo



aconsejen, se debe hacer un estudio hidráulico del cauce mediante modelización numérica, teniendo en cuenta el riesgo de obstrucción y haciendo las mismas comprobaciones de la superficie de inundación que las usuales en el estudio de puentes (ver puntos 2.10.3.4 y 2.10.3.5).

- El resguardo entre la lámina de agua aguas arriba y la calzada debe ser superior a 1 m. La ODT debe ser capaz de desaguar el caudal de proyecto, con los resguardos necesarios para tener en cuenta el riesgo de obstrucción y comprobándose que la velocidad media de la corriente es inferior a 6m/s.
- La ODT no debe entrar en carga para el caudal de proyecto.
- Se estudiará el riesgo de aterramiento y de erosión, y se proyectarán las medidas de protección necesarias.

El proyecto incluirá el cálculo mecánico de las obras de drenaje transversal:

- En el caso de marcos, se abordarán el cálculo de estos elementos en el anejo de estructuras, de conformidad con la normativa vigente.
- En el caso de tubos, cuando la normativa técnica así lo prevea, el anejo de drenaje debe concretar su resistencia mecánica mediante una adecuada elección de la clase resistente. Ésta debe justificarse mediante cálculos que figurarán en el anejo de drenaje.

En el caso de que sea posible las obras de drenaje se pueden adaptar como pasos de fauna.

#### **2.12.3.4 Estudio de las cuencas más importantes**

Se realizará un estudio particular de los cauces correspondientes a los cursos de agua principales (ríos, arroyos, etcétera) interceptados por la carretera, normalmente salvados por puentes o viaductos.

El estudio hidráulico se extenderá por el cauce aguas arriba y aguas abajo hasta que se pueda aceptar que las condiciones del cauce no influyen en el funcionamiento hidráulico de la obra de drenaje, ni está en el funcionamiento hidráulico del cauce. La obra de drenaje y el cauce se deberán modelar incluyendo todos los puntos singulares, de cambio de sección, pendiente o alineación en planta.

En el anejo de drenaje se incluirán planos de la obra de drenaje y el cauce en los que se representará la lámina de agua (tanto en planta como en alzado) para el caudal de proyecto y para el caudal de las máximas avenidas ordinarias. Además se representarán los calados de régimen crítico y de la energía específica, y el régimen de velocidades de la corriente. La elección del modelo hidráulico se realizará en función del riesgo de daño catastrófico (riesgo de pérdida de vidas humanas o graves daños personales; afecciones a núcleos poblados o industriales), la configuración de la zona de proyecto y el caudal de cálculo:

- Zona con riesgo de daños catastróficos o caudal  $> 50 \text{ m}^3/\text{s}$ : Análisis mediante modelo en régimen gradualmente variado en una dimensión (HEC-RAS o similar) o en dos dimensiones en zonas en las que el drenaje de avenidas se produzca por varias obras de drenaje o puentes correspondientes a distintos cauces de aguas bajas o cuando en el entorno de la obra de drenaje o el puente se produzcan confluencias de cauces.
- Zona sin riesgo de daños catastróficos y caudal inferior a  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ : Además de modelos en régimen gradualmente variado, se aceptan metodologías simplificadas.

En zonas de obras de drenaje transversal, encauzamientos o reintegración al cauce natural de los caudales en las que no se hayan podido evitar cambios bruscos de trazado en planta se deberán calcular los calados y sobreelevaciones con modelos numéricos en dos dimensiones en régimen variable o con otros métodos respaldados por la experimentación.

Se definirán con exactitud la tipología de la obra de cruce, dimensiones de la sección transversal, pendiente de la solera, régimen hidráulico de funcionamiento de las obras de drenaje proyectadas, sobreelevación y socavación, tanto la generalizada del cauce como la

localizada en la zona de pilas y estribos.

Se realizará el cálculo de las socavaciones, así como de las protecciones necesarias, justificando la adecuación del método de cálculo.

En aquellos casos en los que el estudio de socavación revista especial importancia, puede ser necesario contrastar los cálculos de los modelos numéricos con modelos reducidos de laboratorio.

### 2.12.3.5 Condiciones de desagüe de puentes y viaductos

- El cauce: es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias. La determinación de este terreno debe hacerse atendiendo a sus características geomorfológicas, ecológicas y teniendo en cuenta las informaciones hidrológicas, hidráulicas, fotográficas y cartográficas que existan, así como las referencias históricas disponibles. Se define el caudal de la máxima crecida ordinaria como la media de los máximos caudales anuales producidos durante diez años consecutivos representativos del comportamiento hidráulico de la corriente. Este caudal se podrá obtener mediante datos de aforos o mediante los mapas de caudales máximos elaborados por las Administraciones responsables. Cuando no se disponga de estos, se estimarán mediante métodos hidrometeorológicos.
- Márgenes: es el terreno que linda con el cauce.
- Ribera: es la franja lateral del cauce situada por encima del nivel de aguas bajas.
- Zona de servidumbre: Franja de 5 metros de anchura en las márgenes del cauce, destinada a uso público.
- Zona inundable: se consideran zonas inundables las delimitadas por los niveles por las aguas en avenidas de 500 años de periodo de retorno, atendiendo a estudios geomorfológicos, hidrológicos e hidráulicos, así como a series de avenidas históricas y documentos o avenidas históricas de las mismas.
- Vía de intenso desagüe: es la zona por la que pasaría la avenida de 100 años de periodo de retorno sin producir una sobreelavación mayor de 0,30 m, respecto a la cota de la lámina de agua que se produciría con esa misma avenida considerando toda la llanura de inundación existente. La autoridad hidráulica competente puede reducir la sobreelavación a 0,10 m cuando el incremento de la inundación pueda producir graves perjuicios, o aumentarla a 0,50 m en zonas rurales o cuando el incremento de la inundación produzca daños reducidos.
- Zona de flujo preferente: Es aquella zona constituida por la envolvente de la unión de la vía de intenso desagüe con aquellas zonas donde, para la avenida de 100 años de periodo de retorno, se puedan producir graves daños sobre las personas y los bienes cuando las condiciones hidráulicas de la avenida satisfagan uno o más de los siguientes criterios:
  - Que el calado sea superior a 1 m.
  - Que la velocidad sea superior a 1 m/s.
  - Que el producto de ambas variables sea superior a 0,5 m<sup>2</sup>/s.

Normalmente, se exige:

- Que los estribos de las estructuras se sitúen en el exterior de la zona de servidumbre.
- Que las pilas situadas dentro de cauce natural se coloquen de 5 a 10 m, según los casos, de la vegetación de ribera.

Normalmente, se exigirán comprobaciones hidráulicas de este tipo:

- Que la infraestructura no altere significativamente la zona inundable previa a la ejecución de las obras. En casos excepcionales, se puede autorizar que no se cumpla la anterior condición si se hace un estudio especial de la posibilidad de daños en la nueva zona inundable, en concreto en la zona de flujo preferente tras las obras.
- Que la infraestructura no altere la vía de intenso desagüe, es decir, que las sobreelavaciones no sobrepasen 0,30 m de las cotas que se producirían en la llanura de

inundación con anterioridad a la ejecución de las obras.

- Que exista un resguardo mínimo de 1 m entre la parte inferior del tablero y la lámina de agua de periodo de retorno de 500 años; y de 2 m entre la parte inferior del tablero y la lámina de agua y la lámina de agua para la avenida de 100 años.

Por lo tanto, el encaje de una estructura sobre un cauce público requiere un estudio hidráulico para definir:

- La zona inundada por la máxima crecida ordinaria.
- La zona inundable, establecida para la avenida de 500 años de periodo de retorno.
- La vía de intenso desagüe y la zona de flujo preferente, establecidas normalmente para la avenida de 100 años de periodo de retorno, y las alteraciones que puede provocar la infraestructura en ellas.
- Los resguardos del tablero respecto a las avenidas de 100 y 500 años de periodo de retorno.

Además, el encaje debe contar con una cartografía de detalle de la vegetación de ribera existente en la zona de cauce donde se implanta la estructura.

#### **2.12.4 DRENAJE SUBTERRÁNEO**

El proyecto del drenaje subterráneo se llevará a cabo siguiendo las directrices de la Administración.

En especial debe evitarse en el proyecto del drenaje de la carretera que las aguas del drenaje superficial lleguen a introducirse en los elementos del drenaje subterráneo.

Como criterios de proyecto, deben contemplarse:

- La explanada debe estar a la mayor distancia posible del nivel freático, lo que debe estudiarse desde las primeras fases. Así, en el caso de que el material de cimiento de la explanada sea un suelo seleccionado o una roca, la cota de coronación de la explanada debe estar a un mínimo de 60 cm sobre el nivel más alto del freático; en el caso de suelos adecuados, debe aumentarse a 80 cm; para suelos tolerables, 100 cm. Para suelos marginales o inadecuados, 120 cm. Para ello debe optarse siempre que sea posible por la elevación de la rasante, y cuando no, por el rebaje del nivel freático mediante drenes, capas drenantes y geotextiles.
- Se debe evitar la penetración de agua superficial a la explanada por infiltración a través de la calzada, arcenes, bermas y medianas, por lo que debe realizarse un tratamiento correcto de estos elementos de acuerdo con los detalles y especificaciones de las Recomendaciones.
- El diseño debe prever la evacuación de las aguas infiltradas en función del recorrido previsible de éstas en la sección transversal de la carretera, que se preverá según las características de la explanada y el firme. Se proyectarán las zanjas drenantes, drenes y colectores en las ubicaciones en que sean necesarios.
- El diseño también debe considerar los flujos subterráneos longitudinales al trazado de la carretera. En especial, cuando existe un transición de desmonte-trinchera a relleno, el desmonte tiene una longitud de más de 150 m y la pendiente longitudinal de la carretera es igual o superior al 3 %, se proyectarán zanjas drenantes transversales al trazado en la zona de transición.
- El diseño prestará especial atención a los elementos de drenaje subterráneo que resuelvan problemas singulares (captación de fuentes y manantiales, túneles, rebajes del nivel freático, estabilización de taludes, etc).

#### **2.12.5 DEFINICIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN LOS PLANOS**

Los planos deberán incluir los datos precisos para definir con toda exactitud la ubicación, orientación, dimensiones y pendiente hidráulica de todos y cada uno de los elementos del drenaje.

Con este objeto, deberán incluirse siempre los siguientes datos:

- coordenadas de situación de las arquetas y embocaduras de obras de fábrica;
- cotas de la solera en las embocaduras de las obras de fábrica;
- definición geométrica de la rasante del vértice inferior de las cunetas de drenaje (pendientes, cotas y coordenadas de los puntos singulares, etcétera), siempre que no se deduzcan directamente de los perfiles longitudinales y secciones tipo de los viales del Proyecto;
- definición geométrica de la solera de los conductos subterráneos de drenaje;
- definición concreta de las dimensiones geométricas, espesores de solera, recubrimientos y especificaciones relativas a la calidad que deben cumplir los materiales a emplear en la construcción de las distintas obras de fábrica, pesos de escollera, etcétera.

Las obras de drenaje transversal, puentes y viaductos deberán definirse sobre planos de topografía de detalle realizada al efecto.

En el caso de puentes, viaductos y grandes obras de drenaje transversal, en la hoja de planta y alzado general de la estructura se representará los límites de cauce público, de la zona inundable y de la zona de flujo preferente, así como la vegetación de ribera cartografiada, lo que permitirá asegurar el correcto encaje de las estructuras en el cauce.

Se incluirán, también, los planos de detalle necesarios para definir y replantear en obra los distintos elementos singulares que se requieran (zanjas drenantes, bajantes escalonadas, reposición de fuentes y manantiales, encauzamientos, etcétera).

### **2.13 ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS Y EJECUCIÓN DE TÚNELES**

Para la planificación de la investigación geotécnica de la cimentación de las estructuras y de los túneles se deberá tener en cuenta su carácter de obra puntual, lo que requiere un conocimiento más específico y enfocado a problemas más concretos. Por lo demás, se seguirán las indicaciones que se hicieron en el estudio geotécnico del corredor.

Realizada la campaña geotécnica del corredor y finalizada la redacción definitiva del anejo de estudio geotécnico del corredor, el Consultor realizará una propuesta de campaña geotécnica para la cimentación de estructuras y la ejecución de túneles. Esta campaña debe apoyarse sobre el conocimiento del terreno aportado por los reconocimientos y ensayos efectuados en la campaña del corredor, para aproximarse con el detalle necesario al diseño de las cimentaciones de las estructuras y de la ejecución de los túneles.

La campaña geotécnica de estructuras y túneles comprenderá las siguientes fases:

1. Elaboración de la propuesta de campaña geotécnica de estructuras y túneles por parte del Consultor.
2. Remisión de la propuesta de campaña para su seguimiento y control a la Administración.
3. Aceptación de la campaña por la Administración.
4. Realización de las prospecciones, ensayos de campo y toma de muestras, tras la aceptación de la campaña.
5. Realización de los ensayos de laboratorio.
6. Preparación de la documentación.

## 7. Redacción del informe geotécnico de estructuras y túneles.

La campaña de estructuras y túneles debe prever, como mínimo:

- Reconocimientos previamente realizados en la campaña de geotecnia del corredor y que son útiles para la caracterización de las condiciones de la cimentación de las estructuras y la ejecución de los túneles.
- Prospecciones y ensayos de campo y laboratorio que se consideren más adecuados.
- Estaciones geomecánicas.
- Otros reconocimientos.
- Técnicos encargados de la realización de los reconocimientos.
- Maquinaria para la realización de las prospecciones y los ensayos
- Laboratorio acreditado para la realización de los ensayos sobre las muestras del terreno.
- Técnicos encargados de la elaboración del informe geotécnico.

La localización de todos los reconocimientos previstos debe quedar reflejada en los planos geotécnicos de planta y perfil longitudinal de cada una de las estructuras y túneles previstos. En estos planos también figurarán los reconocimientos efectuados previamente en la campaña de geotecnia del corredor, pero con colores diferentes para facilitar su diferenciación.

El número y el tipo de reconocimientos que finalmente se efectúen, así como sus características, deberá justificarse adecuadamente en el informe geotécnico de cimentación de estructuras y túneles.

### 2.13.1 ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS

Realizado el estudio geotécnico del corredor, en el que se habrán descrito los trabajos de reconocimiento realizados, y se habrán recopilado los resultados obtenidos, se estudiarán por separado cada una de las estructuras importantes proyectadas, analizando los resultados de su estudio geotécnico y concluyendo sobre el tipo de cimentación más adecuado.

#### 2.13.1.1 Trabajos de reconocimiento.

Con carácter general, se empleará como técnica de reconocimiento fundamentalmente el sondeo con extracción de testigo continuo. Así, en el caso de condiciones de cimentación normales, se recomienda que la investigación geotécnica de las estructuras cuente con los siguientes reconocimientos:

- En el caso de puentes y viaductos: Un (1) sondeo por pila o estribo. Cuando en vías de calzadas separadas se construyan estructuras "gemelas", con idéntica distribución de luces y pilas enfrentadas, los reconocimientos deberán ser independientes para cada una de ellas. Únicamente en determinadas circunstancias, justificadas de manera expresa para cada situación concreta por el director del contrato, podrían omitirse los reconocimientos en algún apoyo de una de las calzadas, o bien sustituirse algún sondeo por calicatas o penetrómetros.
- Marcos, pórticos, bóvedas y falsos túneles: Si su longitud es inferior a 20 m, un reconocimiento mediante sondeo. Si su longitud es superior o igual a 20 m, un reconocimiento adicional mediante sondeo por cada 50 m o fracción. Se puede justificar razonadamente la sustitución de algunos de los reconocimientos mediante sondeos por calicatas o penetrómetros, en función de la dificultad de la cimentación y de la naturaleza del terreno:
  - En suelos blandos, entre 1/2 y 2/3 de los puntos deben reconocerse mediante piezoconos.
  - En suelos de consistencia media, hasta 1/2 de los puntos pueden reconocerse mediante penetrómetros dinámicos.
  - En suelos firmes o muy firmes, hasta 1/2 de los reconocimientos se pueden sustituir por calicatas.
  - En rocas aflorantes en superficie, hasta 2/3 de los puntos podrán reconocerse

mediante estaciones geomecánicas con censado de litoclasas.

Cuando el marco, bóveda o pórtico apoye sobre zonas de rigidez marcadamente diferente, éstas deberán caracterizarse de forma independiente, resultando conveniente la realización de al menos una sísmica de refracción según el eje del paso.

- **Muros:** Se reconocerán perfiles cada 20 m de longitud del muro.

La profundidad de cada uno de los sondeos dependerá de si la cimentación prevista es superficial o profunda:

#### **2.13.1.1.1 Cimentaciones superficiales**

El reconocimiento de una cimentación superficial debe alcanzar una profundidad mínima bajo el futuro plano de apoyo dada por el valor siguiente:

- $z_{\min} \geq 1,5 B$  En general.
- $z_{\min} \geq 10 \text{ m} + \sqrt{A}$  Cuando puedan existir suelos blandos en profundidad.

Donde:

$z_{\min}$  = Profundidad mínima del reconocimiento.

$B$  = Ancho de la cimentación (dimensión menor en planta).

$A$  = Área de apoyo de la cimentación, expresada en  $\text{m}^2$ .

La primera de las dos limitaciones indicadas trata de cubrir la profundidad de interés en problemas de capacidad de soporte. Las líneas de rotura no suelen profundizar más allá del valor indicado.

La segunda de las limitaciones pretende cubrir la profundidad a la cual el cálculo de asientos indica que la posible contribución de terrenos más profundos es ya irrelevante. Pero ello puede requerir una comprobación especial en algunas circunstancias.

Siempre es conveniente que en los puentes de varios vanos se realice al menos un sondeo claramente más profundo, para conocer la estructura general del terreno.

En el caso de apoyos a media ladera será necesario estudiar la estabilidad de la ladera natural antes y después de colocada la cimentación. Ello puede requerir sondeos más abundantes y profundos.

En el interior de todos los sondeos (100 %) se deberán efectuar lecturas de nivel piezométrico con igual periodicidad que en el caso de los desmontes y de los túneles.

#### **2.13.1.1.2 Cimentaciones profundas**

En el caso de las cimentaciones profundas, antes de decidir la profundidad del reconocimiento convendría conocer algunos detalles del futuro proyecto de cimentación. Los datos de mayor interés son el diámetro de los pilotes,  $D$ , y el ancho del grupo o conjunto de pilotes en un mismo apoyo,  $B$ , (dimensión menor, en planta, del rectángulo circunscrito al grupo).

Para determinar tales características puede ser necesario un predimensionamiento de la cimentación correspondiente.

##### **2.13.1.1.2.1 Pilotes por punta:**

En caso de encontrarse a una cierta profundidad,  $z_0$ , un estrato o nivel competente donde

puedan apoyarse los pilotes (pilotes trabajando por punta), la profundidad de los reconocimientos debe ser la mayor de entre las dos siguientes:

- $Z_{\min} \geq Z_o + 10 D$
- $Z_{\min} \geq Z_o + 1,5 B$

Donde:

$Z_{\min}$  = Profundidad mínima del reconocimiento.

$Z_o$  = Profundidad del estrato o nivel competente donde se vayan a apoyar los pilotes.

$D$  = Diámetro del pilote.

$B$  = Ancho del grupo o conjunto de pilotes (dimensión menor, en planta, del rectángulo circunscrito al grupo).

Únicamente cuando se confirme que existe roca sana en profundidad el reconocimiento del terreno puede ser menos profundo, pero nunca menor que 6 m bajo la punta de los pilotes, aunque en esa zona exista roca sana, competente y continua en profundidad.

#### **2.13.1.1.2.2 Pilotes por fuste**

Cuando no se encuentre una zona clara de apoyo de los pilotes y éstos hayan de trabajar por fuste, se precisa una evaluación previa y prudente de la longitud del pilote necesaria,  $L$ .

La profundidad del reconocimiento, contada desde la cabeza de los pilotes, debe ser la mayor de entre las dos siguientes:

- $Z_{\min} \geq L + 5 D$
- $Z_{\min} \geq 1,5 (L + B)$

Donde:

$Z_{\min}$  = Profundidad mínima del reconocimiento.

$L$  = Longitud del pilote.

$D$  = Diámetro del pilote.

$B$  = Ancho del grupo o conjunto de pilotes (dimensión menor, en planta, del rectángulo circunscrito al grupo).

Sólo en algunos casos especiales, donde existan suelos especialmente blandos a mayores profundidades, será necesario profundizar más los reconocimientos.

#### **2.13.1.1.2.3 Otros aspectos**

En cualquier caso, siempre es recomendable disponer al menos un sondeo más profundo para confirmar la estructura general del terreno en profundidad.

En el caso de cimentaciones en laderas que pudieran resultar inestables, la intensidad y profundidad de los reconocimientos puede venir dictada por ese motivo. El reconocimiento debe ser suficientemente amplio, intenso y profundo para comprobar con garantías la estabilidad de la ladera.



#### 2.13.1.1.2.4 Muestras y ensayos

Los ensayos de campo y laboratorio a realizar en cada caso, serán los necesarios para efectuar las comprobaciones de estados límite últimos, que serán función, a su vez, del modelo de cálculo y del tipo de terreno.

Deberá efectuarse, al menos, uno de estos ensayos por cada litología atravesada, con un mínimo de cuatro (4) unidades por cada vertical prospectada:

- En roca la resistencia a compresión simple
- En suelos cohesivos la resistencia al corte (molinete o triaxiales UU)
- En terrenos granulares el índice SPT, determinado al menos cada tres metros (3 m) de profundidad de la prospección.

Complementariamente resultaría del máximo interés realizar ensayos presiométricos con igual espaciamiento.

Deberá efectuarse una estimación de los asientos en el terreno de apoyo en formaciones tipo suelo, que se efectuará partir de las prospecciones y muestras tomadas en cada emplazamiento. Los ensayos a realizar dependen del tipo de terreno de que en cada caso se trate:

- En terrenos cohesivos la deformabilidad del terreno de apoyo se determinará mediante ensayos edométricos, a partir de muestras representativas tomadas en los sondeos bajo los apoyos anteriormente aludidos. Se tomará al menos una muestra por litología con un mínimo por emplazamiento que depende de la profundidad del sondeo  $L^s$ :
  - Tres (3) muestras para  $L^s \leq 10$  m
  - Cuatro (4) muestras para  $L^s > 10$  m
- En terrenos granulares el asiento podrá estimarse a partir de los datos del ensayo SPT evaluados cada dos o tres metros (2 - 3 m) de profundidad de la prospección.

Se realizarán ensayos con muestras del agua y suelo extraídos en los sondeos o calicatas para determinar la agresividad del terreno de cimentación frente al hormigón estructural. En el caso de las muestras de agua, el análisis químico determinará:

- pH (UNE 83.952);
- $CO_2$  agresivo (UNE-EN 13.577);
- Ión amonio (UNE 83.954);
- Ión magnesio (UNE 83.955);
- Ión sulfato (UNE 83.956);
- Residuo seco (UNE 83.957)

En el caso de las muestras de suelo, el análisis determinará:

- Grado de acidez Baumann-Gully (UNE 83.962);
- Ión sulfato (UNE 83.963)

#### 2.13.1.2 Resultado de los trabajos

Sobre la base de los datos obtenidos, se proporcionará información sobre:

- Tipologías de cimentación adoptadas, incluyendo la total definición de los materiales a emplear.
- Acciones (cargas, momentos...) que dan lugar a los estados límite últimos correspondientes y coeficientes de seguridad asociados.
- Evaluación de los asientos previsibles
- Situación del plano de cimentación;
- Dimensionamiento, cálculo y procedimiento constructivo de la cimentación;

Se realizará un cuadro resumen que contenga las cuestiones enunciadas. Este cuadro resumen no podrá sustituir en manera alguna al estudio individual de las cimentaciones de todas y cada una de las estructuras.

Para cada estructura se realizará una planta y un perfil geotécnico a escala adecuada para representar el corte completo del terreno en el que se apoye, en el que se representará la situación de las pilas y la de los sondeos, calicatas, ensayos de penetración dinámica, y cualquier otro reconocimiento realizado, tanto en planta como en alzado.

En cada perfil se incluirán los distintos estratos u horizontes litológicos atravesados, indicando su espesor y características geotécnicas, resistencia y compresibilidad.

Los planos del Estudio deberán incluir los datos precisos para definir con exactitud la ubicación del plano de cimentación, de los estribos y pilas de cada estructura proyectada, así como las dimensiones y posición de la cimentación propiamente dicha, y la definición de los taludes de la excavación.

En el caso de cimentaciones en laderas con pendientes acusadas, en lugares con dificultades de acceso o de cimentaciones que puedan afectar a otras construcciones, además se debe:

- Realizar planos de detalle de la excavación de las cimentaciones, y definir los elementos de sostenimiento necesarios.
- Diseñar y definir en planos los caminos de acceso de la maquinaria, sus eventuales plataformas de trabajo y fases constructivas.
- Estos planos permitirán definir completamente las expropiaciones y ocupaciones temporales que deban realizarse en el proyecto.

### **2.13.2 ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LOS TÚNELES**

El conocimiento geotécnico de los túneles, requiere por su particularidad, la realización previa de un estudio geológico, hidrogeológico y geotécnico específico.

Los trabajos de reconocimiento para los estudios geológico, hidrogeológico y geotécnico deben estar coordinados. Se hará una planificación conjunta de la ubicación y tipo de prospecciones.

#### **2.13.2.1 Estudio geológico**

Para realizarlo se llevarán a cabo, por técnicos especializados, los reconocimientos superficiales necesarios que comprenderán, como mínimo, lo siguiente:

- a) investigación geológica detallada en la zona de las boquillas;
- b) estudio complementario de ámbito general, mediante fotografía desde satélite, fotogeología y posterior comprobación de campo, que permita establecer un corte geológico razonable de los terrenos atravesados por el túnel.

Contendrá la siguiente documentación:

- a) descripción de las características litológicas del terreno y evolución de su competencia o calidad, diferenciando tramos a lo largo del túnel;
- b) historia geológica somera de la zona, que recoja los aspectos más relevantes en relación con la obra que se estudia y en particular los siguientes:
  - posibles tensiones residuales en el macizo rocoso, evaluándolas con base en la información bibliográfica existente;
  - actividad tectónica reciente (neotectónica);
  - eventuales cargas de preconsolidación sufridas por los materiales;
  - paleoclima habido durante el Cuaternario y su influencia en el grado y profundidad de la meteorización;
- c) justificación del trazado desde un punto de vista geológico, una vez tenidos en cuenta los condicionantes generales o locales; se definirán y compararán en

líneas generales las posibles alternativas, indicando los criterios que conducen a recomendar el trazado elegido; el resto de los estudios se referirán a este trazado;

- d) zonas que requieren un estudio concreto o detallado, por medios mecánicos o geofísicos, de las que deberán proporcionarse, los cortes de las diversas interpretaciones obtenidos a partir de los datos de superficie que permitan definir las medidas de prospección más idóneas;
- e) características litológicas o estructurales del macizo que deben precisarse con más detalle;
- f) geología en planta, a escala 1/1.000, de la zona de implantación (franja de ancho variable entre 400 y 600 m según la complejidad del terreno) separando formaciones geológicas (litoestratigráficas) y señalando litología (series, tipo y unidades), accidentes estructurales (fallas, fracturas, diques, pliegues, dolinas, etcétera), tectónica, buzamientos observados y demás detalles de interés;
- g) perfil longitudinal ( $E_h = 1/1.000$ ,  $E_v = 1/100$ ) a lo largo de eje del túnel en el que queden reflejados:
  - estructura geológica general;
  - formaciones existentes y sus contactos, observados o supuestos;
  - fallas o fracturas existentes y la amplitud de su milonitización;
- h) esquema geomorfológico que incluya zonas erosivas, de depósito, inestabilidad activa o latente de laderas, etcétera;
- i) perfiles transversales localizados en zonas singulares;
- j) fotografías aéreas y de satélite interpretadas (mosaico);
- k) inventario de posibles explotaciones mineras, activas o abandonadas, canteras, industrias, abastecimientos de agua, edificios que pueden condicionar o resultar afectadas por la ejecución del túnel.

### 2.13.2.2 Estudio hidrogeológico

El estudio hidrogeológico a realizar deberá tener la intensidad suficiente para definir los siguientes puntos:

- a) localización de los niveles freáticos o artesianos y piezométricos, así como su variabilidad, y carga a lo largo del túnel;
- b) delimitación de acuíferos y sus fuentes de alimentación o recarga; se estudiará la posibilidad de que estén contaminados o transporten aguas agresivas para morteros u hormigones;
- c) localización de barreras o fronteras del flujo subterráneo;
- d) estimación en los diferentes terrenos de la permeabilidad, transmisividad, capacidad de almacenamiento, etcétera (bien por observaciones directas o por comparación con formaciones análogas);
- e) obtención de datos (especialmente caudales afluentes) para el proyecto de medidas de drenaje e impermeabilización y su adecuada previsión al avance de las operaciones constructivas;

- f) prevención de problemas de interceptación de acuíferos, subsidencia, agotamiento de pozos, etcétera;
- g) localización de zonas karstificadas o con fenómenos de disolución o erosión interna, definiendo su posible grado de actividad;
- h) posibles zonas cargadas de agua (diques, bolsadas, milonitos, etcétera) con eventual irrupción localizada;
- i) recomendaciones sobre las medidas a adoptar durante la ejecución del túnel.

### **2.13.2.3 Estudio geotécnico**

El estudio geotécnico a realizar deberá tener los siguientes objetivos básicos:

- a) complementar los estudios geológico e hidrogeológico (mejorar definición litoestratigráfica, localizar accidentes o zonas problemáticas, determinar discontinuidades, etcétera);
- b) identificar geotécnicamente los materiales (características de rocas o suelos);
- c) caracterizar geomecánicamente el macizo (peso específico, humedad natural, módulo de deformación, coeficiente del Poisson, resistencia de la roca matriz, resistencia al corte);
- d) clasificar geomecánicamente la traza del túnel, utilizando los métodos existentes;
- e) determinar las tensiones residuales y otros aspectos tensionales que pueden afectar al túnel;
- f) fijar la alterabilidad, expansividad y otras propiedades de los materiales;
- g) conocer posibles acciones sísmicas o dinámicas (zonas sísmicas, zonas con vibraciones, voladuras, impactos);
- h) proporcionar información sobre determinados tratamientos del terreno a realizar (inyecciones, congelación, etcétera).

Se realizará una prospección de campo específica para explicar los puntos de los estudios geológico e hidrogeológico insuficientemente conocidos y que sean esenciales para la justificación del trazado adoptado.

### **2.13.2.4 Trabajos de reconocimiento**

Se distinguirá entre los reconocimientos necesarios para caracterizar las superficies de emboquille y los que se requieran para el túnel propiamente dicho (túnel en mina).

#### **2.13.2.4.1 Emboquilles**

Con el objeto de caracterizar las superficies en que deba producirse el emboquillado de los túneles se efectuarán, al menos, las siguientes prospecciones, definidas a partir del punto en que la clave teórica del túnel interseca al terreno natural (ver figura, punto A).

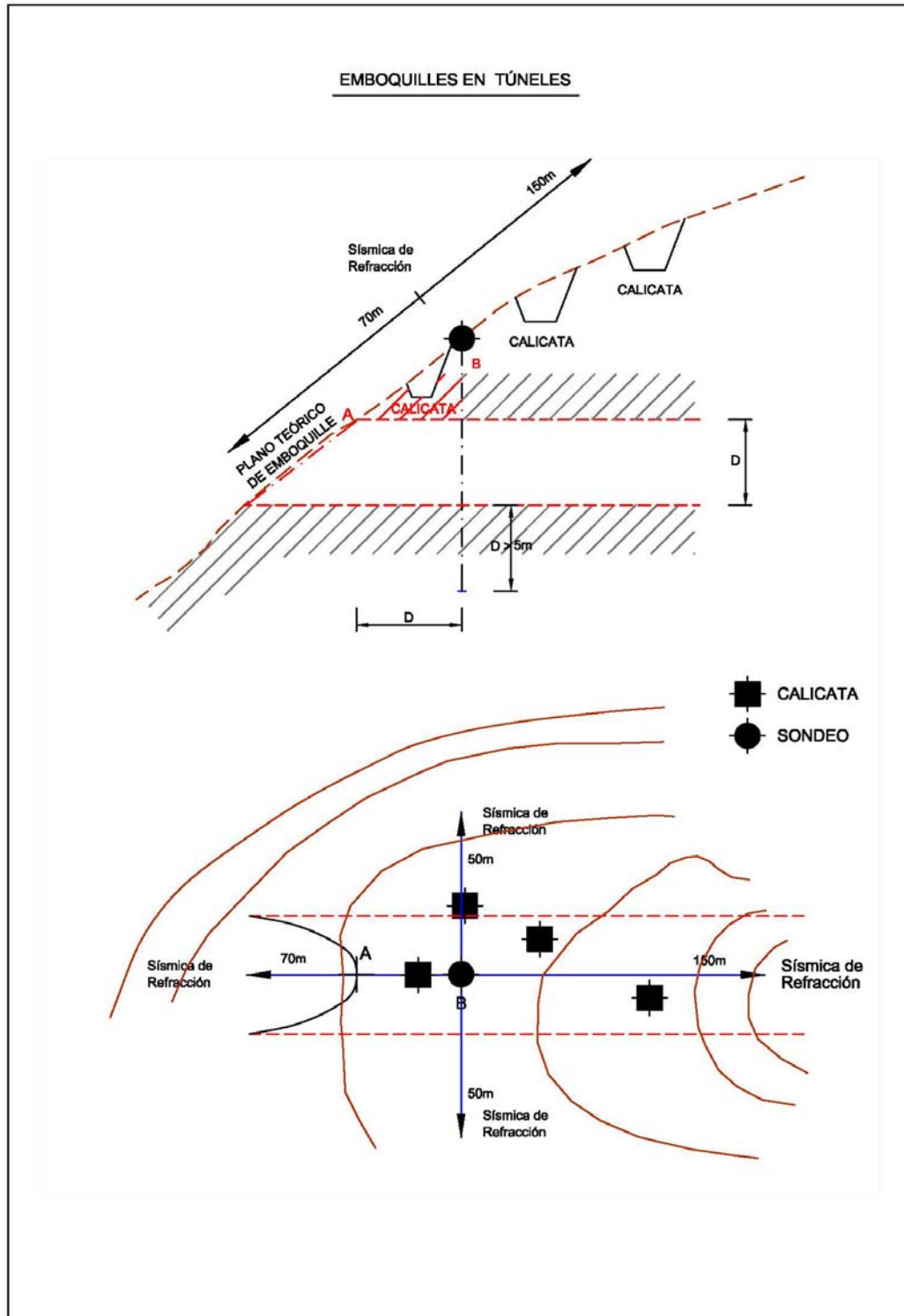
- Un sondeo, emplazado en la proyección vertical sobre el terreno natural del punto situado un diámetro (D) hacia el interior del túnel -según el eje de cada calzada o galería- (ver figura, punto B). Dicho sondeo deberá alcanzar una profundidad por debajo de la teórica solera, como mínimo, igual al mayor de los siguientes valores:

- Cinco metros (5 m)
- Un diámetro (D)

En estos sondeos se realizarán medidas de nivel piezométrico con la misma periodicidad que en los del interior del túnel en mina propiamente dicho.

- Un perfil geofísico según la proyección del eje de cada calzada en el terreno natural. Salvo justificación en otro sentido se empleará la sísmica de refracción en una longitud mínima de ciento cincuenta metros (150 m) hacia el interior del túnel y de setenta metros (70 m) hacia el exterior, así como una o dos secciones transversales por tubo, de unos cincuenta metros (50 m) de anchura.
- Complementariamente sería muy recomendable efectuar una o varias calicatas en las inmediaciones del sondeo referido en el epígrafe anterior.

Siempre que sea posible, se harán coincidir las verticales de los sondeos y calicatas en las alineaciones de las correspondientes prospecciones geofísicas.



Las prospecciones anteriores deberán efectuarse en cada una de las boquillas

#### 2.13.2.4.2 Túnel en mina

Con objeto de caracterizar los tramos de túnel excavado en mina, se efectuarán prospecciones basadas en sondeos mecánicos y, complementariamente, reconocimientos de tipo geofísico,

cuando estos últimos pudieran resultar adecuados.

- *Sondeos mecánicos*: Los sondeos deberán caracterizar la propia sección en mina, un mínimo de tres diámetros (3 D) por encima de la clave y dos (2 D) por debajo de la solera.

En los sondeos se efectuará preferiblemente extracción de testigo continuo, si bien cuando la montera<sup>11</sup> supere una magnitud del orden de los cuarenta o cincuenta metros (40 - 50 m), la parte que quede fuera de las zonas concretas de reconocimiento antes descritas podrían efectuarse a destroza (en cuyo caso, es recomendable el registro de los parámetros de perforación, caídas de varillaje en su caso y la descripción del material que se vaya extrayendo, cuando fuese posible).

En función de que se trate de túneles en campo abierto, o túneles urbanos, se establecen diferentes criterios básicos en función de su longitud.

Por último, y cuando se trate de túneles en campo abierto que, a juicio del director del contrato, puedan suponer afecciones singulares<sup>(12)</sup> o especiales a elementos de cualquier índole, se recomienda asimilar la campaña a la que se requeriría para un túnel urbano. Otro tanto puede decirse cuando los terrenos presenten una especial dificultad desde el punto de vista geológico:

#### 2.13.2.4.2.1 Túneles en campo abierto:

##### *Número mínimo de reconocimientos en túneles en campo abierto*

<i>L (m)</i>	<i>n<sub>min</sub> (ud) de sondeos</i>	<i>Observaciones</i>
$L \leq 100$ m	$n \geq 1$	-
$100 \text{ m} < L \leq 500$ m	$n \geq 2$	-
$L > 500$ m	$n \geq 2 + (L - 500) / k_1$	$k_1 = 250$ a $500$ m Debe escogerse el valor de k en función de las características del terreno El valor de n, debe redondearse al entero superior más próximo

#### 2.13.2.4.2.2 Túneles urbanos (o con afecciones especiales o especial dificultad geológica):

##### *Número mínimo de reconocimientos en túneles urbanos*

<i>L (m)</i>	<i>n<sub>min</sub> (ud)</i>	<i>Observaciones</i>
$L \leq 100$ m	$n \geq 1$	-
$L > 100$ m	$n \geq 1 + (L - 100) / k_2$	$k_2 = 100$ a $200$ m Debe escogerse el valor de k en función de la importancia de las posibles afecciones El valor de n, debe redondearse al entero superior más próximo

Se efectuarán lecturas de nivel piezométrico en la totalidad (100 %) de los sondeos del túnel en mina, con arreglo a los siguientes criterios de periodicidad:

- Dichas mediciones deberán tener al menos carácter estacional, es decir como mínimo se efectuarán cuatro (4) lecturas anuales, tomadas al final de cada estación meteorológica.
- Desde la primera lectura, los sondeos deberán permanecer accesibles y permitir la realización de mediciones en su interior, el mayor número de veces que resulte posible,

11 Montera o cobertera: diferencia de cotas entre el terreno natural y la clave del túnel, en una misma vertical.

12 Cuando se trate de un túnel en campo abierto y la incidencia se produzca sobre un elemento aislado concreto (conducción de dirección normal al túnel, edificio aislado,...) se recomienda centrar la investigación de detalle en ese elemento, y abordar el resto del trazado como correspondería al caso general de túnel en campo abierto.



y en todo caso hasta la finalización del Proyecto.

Cuando el trazado discorra con carácter general sobre vaguadas y accidentes geológicos similares, en torno al veinticinco por ciento (25 %) del número total de sondeos, serán de eje inclinado respecto a la vertical.

Cuando aparezcan accidentes geológicos singulares que quieran caracterizarse de forma específica, deberán investigarse de forma monográfica.

Los testigos de los sondeos mecánicos deben permitir la realización de los ensayos necesarios para la caracterización resistente del macizo a horadar en la zona concreta de los túneles.

Dichos ensayos deberán consistir, fundamentalmente en:

- *Testigos de roca*: Los parámetros fundamentales serán la resistencia a compresión simple (RCS) del macizo, el índice RQD de los testigos de roca y su alterabilidad potencial.
  - RCS: Deberán efectuarse al menos cuatro (4) caracterizaciones por sondeo de las que como mínimo dos (2) se ubicarán en el interior del tubo y el resto podrán encontrarse dentro de las zonas en la que haya de extraerse testigo continuo, es decir tres diámetros (3 D) por encima de la clave y dos (2 D) por debajo de la solera. De estos ensayos, al menos la mitad (50 %) serán determinaciones directas de la resistencia a compresión simple, pudiendo estimarse el resto mediante ensayos tipo PLT o presiométricos.
  - El índice RQD se determinará a la vista de los testigos de roca, y se reflejará en los partes de los correspondientes sondeos.
  - La alterabilidad de la roca se medirá a través del ensayo de estabilidad frente al desmoronamiento en agua, que habrá de realizarse con mayor o menor frecuencia en función de la naturaleza de los terrenos atravesados. En cualquier caso, se determinará en al menos la cuarta parte (25 %) de las muestras en que se evaluó la RCS.
- *Testigos en suelos*: Los parámetros fundamentales serán los de determinación de resistencia al corte o compacidad de los suelos.
  - Deberán efectuarse al menos cuatro (4) caracterizaciones por sondeo de las que como mínimo dos (2) se ubicarán en el interior del tubo y el resto podrán encontrarse dentro de las zonas en la que haya de extraerse testigo continuo, es decir tres diámetros (3 D) por encima de la clave y dos (2 D) por debajo de la solera.
    - En suelos cohesivos <sup>(13)</sup> se determinará:
      - RCS de forma directa
      - Resistencia al corte sin drenaje (preferiblemente a través de ensayos triaxiales de tipo UU)
      - Resultados de ensayos presiométricos

---

(13) Se elegirá el ensayo más adecuado a las características del terreno y la obra a ejecutar. Si no se dispusiera de información en este sentido, podrán adoptarse los siguientes repartos porcentuales para cada tipo de ensayo:

- RCS de suelos: 50 al 100 %
- Triaxiales tipo UU y ensayos presiométricos: resto

- En suelos arenosos y gravas <sup>(14)</sup> se determinará:
  - Resistencia a la penetración estándar (SPT)
  - Resultados de ensayos presiométricos
- *Prospecciones geofísicas:* En caso de que resultaran adecuadas, se efectuarán las prospecciones geofísicas que se consideren más oportunas, preferiblemente según el eje del túnel o de los túneles.

Los reconocimientos geofísicos no deberán ser sustitutivos de los sondeos, sino emplearse como complemento de estos. Por ello, resulta apropiado que la vertical de dichos sondeos constituya una serie de puntos que conformen alguna de las alineaciones de las prospecciones geofísicas.

Cuando se dispongan dos o más calzadas en tubos o galerías independientes, tanto los ejes de los sondeos, como los de las prospecciones geofísicas se ubicarán en planta, preferiblemente, sobre la proyección vertical en el terreno natural del eje de cada una de las calzadas. No obstante, en la mayoría de los casos, resulta razonable y suficiente que se opte por caracterizar una única calzada o el eje teórico de ambas.

#### **2.13.2.5 Resultado de los trabajos.**

El informe geotécnico del túnel contendrá como mínimo los apartados siguientes:

- a) descripción y caracterización geotécnica de los terrenos y cuantificación de sus características geomecánicas, hidráulicas y de alterabilidad;
- b) división del túnel en tramos de características sensiblemente homogéneas estableciendo para cada uno de ellos una previsión del comportamiento y estabilidad de las obras durante la ejecución y la explotación, sobre la base de las características indicadas en el punto anterior;
- c) justificación del trazado o propuesta de variaciones;
- d) propuestas sobre secciones y sostenimientos;
- e) planta a escala 1/1.000 o 1/500, con la implantación de los sondeos realizados u otro tipo de prospecciones;
- f) perfil longitudinal del túnel a la misma escala, que incluya los datos de los estudios geológico e hidrogeológico, completado con los resultados de las prospecciones y la información geomecánica, así como la división en tramos y clasificación del terreno;
- g) columnas de sondeo y otros tipos de prospección;
- h) resultados de ensayos de laboratorio.

Como resultado del conjunto de estudios realizados se presentará un perfil resumen en el que se reúna la información obtenida y las recomendaciones necesarias para el proyecto. Se incluirán al menos los siguientes datos: situación del tramo, litología, estructura, flujos de agua, características geomecánicas, tipo de excavación, tipo de sostenimiento y posibles tratamientos del terreno, incidencias singulares a tener en cuenta, y todos los que se representen gráficamente (situación de sondeos, localización de niveles freáticos, espesores, monteras, elementos estructurales, etcétera).

---

(14) Si no se dispusiera de información en este sentido, podrán adoptarse los siguientes repartos porcentuales para cada tipo de ensayo:

- SPT: 50 al 100 %
- Ensayos presiométricos y otros: resto

## **2.14 ESTRUCTURAS Y TÚNELES**

### **2.14.1 ESTRUCTURAS**

#### **2.14.1.1 Trabajos específicos**

El diseño estructural exige la realización de estudios adicionales recogidos en otros anejos. El anejo de estructuras recopilará los principales aspectos y conclusiones de estos estudios que son necesarios para el fundamento y definición estructural. Entre estos trabajos específicos se incluyen

- Estudios topográficos.
- Estudio de accesos.
- Estudio hidrológico-hidráulico.
- Estudio de suelos.
- Riesgo sísmico.

#### **2.14.1.2 Tipo**

Basándose en la documentación existente (planos de trazado, secciones tipo, taquimétricos de las zonas en que se ubicarán las estructuras, perfiles del estudio geotécnico, estudio de impacto ambiental, fotografías, etcétera) se deberá preparar la documentación complementaria que resulte necesaria (haciendo las visitas que procedan al terreno) para conocer y definir los condicionantes existentes (trazado, sección tipo, geotécnicos, constructivos, económicos, estéticos y ambientales, y de durabilidad) para enmarcar las estructuras, realizándose las prospecciones geotécnicas que, complementando y detallando las del estudio geotécnico del corredor (y de acuerdo con el Estudio Geotécnico para la Cimentación de Estructuras), definan las cimentaciones.

Se debe realizar una topografía de detalle mediante taquimetría de los lugares donde se vayan a ubicar las estructuras.

Se estudiarán los diferentes tipos posibles de las estructuras, así como su encaje en el entorno y la concepción de sus elementos. Se realizarán los croquis necesarios, a escalas pequeñas (1:500) y grandes (1:50 o 1:100), que incluyan sus elementos fundamentales y un predimensionamiento para estudiar su viabilidad y aproximación al coste.

Las soluciones consideradas más idóneas, serán dibujadas detalladamente y predimensionadas para confirmar su validez. Se elegirá, razonadamente, la solución final, definiéndose las formas, materiales y acabados. Si la importancia de la estructura lo requiere y siempre que el Director lo exija, se realizará una maqueta y un fotomontaje de la estructura enmarcada en el paisaje.

El Estudio de Ingeniería Definitivo definirá por completo la estructura. Se incluirán todos los cálculos estáticos y resistentes, tanto en lo que se refiere a la obra terminada como en lo que respecta a las diversas secuencias del procedimiento constructivo elegido y se describirán todos los supuestos e hipótesis considerados en los cálculos.

Los Planos definirán de modo completo la estructura, incluyendo los detalles constructivos de sus componentes. Se incluirá un despiece completo de las armaduras y datos para el replanteo de los bordes de tablero y estribos. En el caso de cimentaciones en laderas con pendientes acusadas, en lugares con dificultades de acceso o de cimentaciones que puedan afectar a otras construcciones, se debe:

- Realizar planos de excavación de las cimentaciones, y prever los posibles elementos de sostenimiento que sean necesarios para reducir las afecciones de la construcción de las cimentaciones.
- Diseñar y definir en planos los caminos de acceso de la maquinaria, y sus eventuales plataformas de trabajo.
- Estos planos permitirán definir completamente las expropiaciones y ocupaciones temporales que deban realizarse en el proyecto.

En el caso de estructuras que atraviesen cauces de arroyos y ríos, debe representarse en el encaje de la estructura en el terreno:

- El deslinde del dominio público hidráulico, si existe, o el cauce natural según el estudio hidrológico que se realice en el proyecto.
- La zona inundable y la vía de intenso desagüe.
- El nivel de aguas bajas y la vegetación de ribera cartografiada.

Por razones estéticas y de conservación, en estructuras que cuenten con estribos abiertos o cargaderos, los espaldones de los rellenos situados bajo los tableros deberán protegerse mediante un encachado de piedra, pavimento o similar.

Se debe prever, desde las primeras fases del proyecto de las estructuras, la elección de un pretil acorde con el nivel de contención exigido.

El tablero debe tener anchura suficiente para albergar: la calzada, los arcenes, los despejes que sean necesarios por condiciones de visibilidad, la anchura del pretil (y su anchura de trabajo), aceras y otros elementos que sean necesarios (farolas, barandillas, semáforos, postes de banderolas y pórticos de señalización, etc.), para lo cual es necesaria la coordinación entre varios especialistas del proyecto (trazado; estructuras; señalización, balizamiento y defensa; iluminación; túneles, etc).

Debe también estudiarse y definirse en el estudio de las estructuras:

- El sistema de impermeabilización de los tableros.
- La evacuación de las aguas de los tableros: Como norma general, debe formarse un caz entre el borde del arcén pavimentado y la acera o imposta. Los imbornales o sumideros de desagüe se colocarán, como norma general, antes de las juntas de dilatación de las estructuras. En el caso de puentes de vigas prefabricadas, se colocarán sumideros en cada pila, con independencia de la existencia de junta de dilatación.
- Se debe decidir entre realizar el drenaje del tablero mediante imbornales con desagüe libre, o sumideros, colectores y bajantes con desagüe controlado. La utilización de desagüe controlado con bajantes es obligada:
  - En entornos con fuerte viento que pueda causar salpicaduras sobre elementos estructurales.
  - Zonas donde la altura de la caída del agua pueda causar erosiones.
  - Por razones medioambientales, para impedir la contaminación de ríos o arroyos con aceites y combustibles.
  - En entornos urbanos.
  - Cuando se pasa sobre otra carretera o ferrocarril.
- Deben estudiarse con especial atención los detalles de impermeabilización y drenaje de los estribos y de las juntas de dilatación del tablero.
- Se deben diseñar goterones en el paramento inferior de los bordes de los tableros.

El estudio de las cimentaciones irá acompañado de la información geotécnica necesaria para asegurar la correcta ejecución de las cimentaciones, debiendo incluir en esta documentación los

sondeos realizados. En los alzados longitudinales se dibujará el perfil del estrato en el que se incluirán las cimentaciones.

Las Mediciones y Presupuestos incluirán todos los datos para valorar, incluso con mediciones auxiliares, las estructuras.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares recogerá la descripción técnica, tanto del proyecto como de los materiales a utilizar, del procedimiento constructivo, y de los controles en la fase de construcción de modo que permitan, junto con los planos, resolver todos los problemas que se presenten durante la ejecución de la obra.

El análisis de cada estructura recogerá como mínimo los siguientes aspectos:

- a) análisis global del terreno en su situación definitiva;
- b) definición y análisis global de las fases de construcción;
- c) definición de esfuerzos, estado tensional en cada una de las fases constructivas en el puente terminado y evolución de éstas a lo largo del tiempo;
- d) análisis de proceso constructivo (fases de montaje de los prefabricados; fases de hormigonado del tablero; fases de lanzamiento del tablero, etc);
- e) análisis de flechas y deformaciones a lo largo del tiempo y evolución de esfuerzos en función de los fenómenos reológicos del acero activo y de los hormigones;
- f) programa de desarrollo constructivo, en el que se describan, calculen y analicen las operaciones a realizar y sus consecuencias, reflejando todas las operaciones a realizar;
- g) en el proyecto de la prueba de carga, se definirán:
  - fases de prueba y esfuerzos en cada una;
  - trenes de carga: tipo de camión y su posición;
  - secciones y puntos de medición de flechas;
  - valores previstos.

Los elementos prefabricados como vigas, pilas, dinteles, losas y barreras se definirán y justificarán al mismo nivel que los elementos construidos "in situ".

En definitiva, los trabajos anteriores se concretarán en los siguientes puntos:

- dimensionamiento, cálculo, comprobación y definición de -al nivel de proyecto de construcción- cimentaciones, estribos, pilas, tableros, aparatos de apoyo, pavimentos y cuantos elementos complementarios integran las estructuras proyectadas;
- documentos de Memoria, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, Mediciones y Presupuestos suficientes para la determinación de las obras y su comprobación;
- estudio geotécnico de cada una de las cimentaciones;

Como resumen, cada estructura se describirá indicando:

1. tipo, número de vanos, longitud y esviaje;
2. dimensiones y composición del tablero;
3. tipo y dimensiones de las pilas y estribos;
4. tipo y dimensiones de la cimentación;
5. aparatos de apoyo y tipo de juntas de tablero;
6. descripción del proceso constructivo;

#### **2.14.1.3Cálculo estructural: tablero, pilas, estribos y cimentaciones**

Se incluirá el cálculo completo de las estructuras y de sus cimentaciones.

Al principio de los cálculos se describirán las acciones consideradas, con especial referencia a los efectos sísmicos y coeficientes adoptados.

Se indicará el método de cálculo empleado (teorías de primer o segundo orden, elementos finitos, emparrillado, etcétera) para cada uno de los elementos estructurales: tablero, pilas, estribos y cimentaciones, así como las simplificaciones hechas para adaptarla al modelo elegido y simular su comportamiento bajo las distintas acciones consideradas.

Se incluirá un cuadro con las hipótesis consideradas y sus combinaciones ponderadas, y un resumen por elemento: tablero, pilas, estribos y cimentaciones, en el que figuren las secciones críticas de armado y la combinación más desfavorable con la que se ha hecho, así como el tipo de esfuerzo para el que se arma.

Cuando se empleen programas informáticos se incluirán las especificaciones básicas del mismo así como una breve explicación de las entradas de datos y salidas de resultados

En los muros se justificarán los empujes del terreno y los parámetros del mismo, que permitan la determinación de empujes y rozamientos muro-relleno.

#### **2.14.1.4 Normativa técnica**

El análisis y diseño se desarrollará según lo establecido en las normas "Standar Specifications for Highway Bridges" de la AASHTO en su última versión.

- AASHTO LRFD Para el análisis y diseño estructural (última edición)
- ACI Para ciertos capítulos, que no constan en el AASHTO LRFD
- NEC Para ítems que se refiere únicamente al Ecuador y que no constan en el AASHTO LRFD y el el ACI
- AWS D1.5 Para soldadura de elementos metálicos en puentes
- MOP-001-E Para ítems que refuercen los códigos AASHTO, ACI, NEC y que no se contrapongan a estos.
- MOP-001-F Para la elaboración de rubros y cantidades de obra de construcción.
- OTROS Que el consultor crea conveniente y mejore la bondad del diseño.

Para el estudio sismo-resistente se utilizarán las zonas de riesgo sísmico y las especificaciones de puentes.

Las cargas vivas que se debe aplicar son las HL-93 y HS-MOP a más de estas cargas de frecuencia normal, se debe verificar para un camión extra-pesado de 175 t, de frecuencia esporádica y que pase un camión a la vez por las estructuras de arte mayor. Los diseños deberán contener las recomendaciones de reforzamiento para tomarlas en cuenta en el momento que sean necesarias.

Para el uso de normas internacionales u otras normas, para el análisis y diseño de ciertos elementos especiales, será de común acuerdo con el Supervisor de la parte estructural, este tema está ampliado cuando se habla en forma general.

La presentación de los estudios estructurales se hará de acuerdo con las normas establecidas al respecto por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

#### **2.14.1.5 Materiales**

Para el diseño de los distintos elementos que formen parte de las estructuras de los puentes, se utilizarán materiales con las siguientes especificaciones:

#### 2.14.1.5.1 Hormigones:

$f'c$	Elemento
180 kg/cm <sup>2</sup> 18 MPa	replanchillos
240 kg/cm <sup>2</sup> 24 MPa	en infraestructura: estribos, muros de ala, pilas
240 kg/cm <sup>2</sup> 24 MPa	en superestructura: protecciones, veredas, losa diafragmas y vigas
280 kg/cm <sup>2</sup> 28 MPa	en tableros sobre vigas metálicas
>350 kg/cm <sup>2</sup> >35 MPa	en superestructura: vigas de hormigón postensado.

#### 2.14.1.5.2 Acero:

El acero de refuerzo tendrá un límite a la fluencia de 4200 kg / cm<sup>2</sup> (420 MPa) en forma de varillas milimetradas y corrugadas.

El acero de preesfuerzo (en el caso de existir) debe ser del llamado grado 270 de baja relajación cuyo límite de fluencia alcance los 16000 kg / cm<sup>2</sup> (1600 MPa) y la resistencia máxima no deberá exceder los 18900 kg / cm<sup>2</sup> (1890 MPa).

Los elementos de acero estructural, en caso de ser usados, deben ser del grado 50, del tipo ASTM A-588, con un límite de fluencia de 3500 kg / cm<sup>2</sup> (350 MPa).

#### 2.14.1.6 Plan de inspección y mantenimiento

Será obligatorio redactar un Plan de Inspección y Mantenimiento de las estructuras del proyecto que contenga:

- Descripción de la estructura y de las clases de exposición de sus elementos.
- Vida útil considerada.
- Puntos críticos de la estructura, precisados de especial atención a efectos de inspección y mantenimiento.
- Periodicidad de las inspecciones.
- Medios auxiliares necesarios para el acceso a las distintas zonas de la estructura, en su caso.
- Técnicas y criterios de inspección recomendados.
- Identificación y descripción, con el nivel adecuado de detalle, se la técnica de mantenimiento recomendada, donde se prevea dicha necesidad.

#### 2.14.2 TÚNELES

En el proyecto de los túneles se incluirán tanto la obra civil como, en caso de ser necesarias, las instalaciones que se requieran.



#### **2.14.2.1 Obra civil**

##### **2.14.2.1.1 Sección tipo**

Se estudiará la sección tipo de forma que a partir de los datos aportados por la Administración, en cuanto a anchura de plataforma y necesidades de gálibo, se llegue a diseñar la sección tipo óptima a la vista de las características geotécnicas de los terrenos atravesados, de forma que pueda garantizarse la estabilidad de la misma, con el menor sostenimiento y el mínimo coste de excavación. Se definirán diversas secciones tipo en caso de que la variación del terreno lo exija, precisando en qué tramos se prevé su utilización.

Asimismo, se definirá el sistema de drenaje.

##### **2.14.2.1.2 Excavación, sostenimiento y revestimiento**

Se considerarán los aspectos relacionados con la excavación y el sostenimiento en los túneles, definiendo cuantos tipos sean necesarios, para garantizar la ejecución de la obra y su estabilidad a corto y largo plazo, en función de los terrenos y accidentes geológicos atravesados a lo largo de su trazado.

Se estudiará y definirá el método de excavación, con indicación de sus fases, métodos a utilizar y precauciones adicionales a tener presentes, durante la ejecución del túnel en zonas singulares o con algún tipo de problemática especial, dependiente de las características del terreno o de los condicionantes geométricos y topográficos existentes.

Se procurará elegir un método de ejecución que no produzca sobre-excavaciones, que en todo caso serán por cuenta del Contratista, tanto ella como su relleno con hormigón, fijándose el límite de la línea de abono.

Se deberá incluir un plan de tratamientos especiales en el caso de que se produzcan sobreexcavaciones superiores a las definidas en el párrafo anterior.

En el caso de decidir realizar la excavación en dos fases, avance y destroza, se especificarán las dimensiones, en especial la altura, de las secciones respectivas. Asimismo, se indicará la necesidad de precorte, tanto en avance como en destroza.

En las boquillas se diseñarán los taludes de excavación y su tratamiento, utilizando los métodos habituales de mecánica de rocas y de suelos. En especial, se cuidará la selección del punto de embocadura y su diseño y el de los muros de acompañamiento. Se diseñarán atendiendo a su integración final en el paisaje, a la incidencia de la luz en las entradas y salidas, a la incidencia de los humos y gases procedentes de la ventilación del túnel de otra calzada, etcétera.

Los sostenimientos se diseñarán teniendo en cuenta los distintos condicionantes expuestos en los párrafos anteriores, debiendo definirse con precisión cuantos tipos de sostenimiento sean necesarios a lo largo del trazado, para garantizar la estabilidad de la sección excavada. Se procederá a un cálculo analítico o numérico basado en métodos empíricos de los sostenimientos que contemple la interacción terreno-sostenimiento, y que permita dimensionar los elementos necesarios en cada caso.

Se estudiará la necesidad o no de revestimiento y se justificará la solución adoptada.

Se estudiará y justificará la utilización de diversos tratamientos, comparando tanto el rendimiento como el coste, la seguridad, y en general las ventajas que se puedan obtener, sobre otros métodos de puesta en obra o ejecución para los diferentes tratamientos necesarios, entre los que se citan, sin exhaustividad, los siguientes:

- empiquetado;

- micropilotes;
- inyecciones;
- anclajes;
- preavance
- explosivos;
- láminas drenantes y anticontaminantes.

Se diseñarán, en su caso, en el estudio de obra civil, todo lo necesario para el posterior encaje de las instalaciones y en particular los pozos y galerías necesarios para el funcionamiento de las instalaciones de ventilación, o galerías de emergencia, coordinando su diseño con el de la excavación principal.

En los planos se definirán a lo largo del túnel cuantos tramos sean necesarios en función de la existencia de similares características geomecánicas, asignándoles a cada uno de ellos las secciones tipo (geometría, tipo de sostenimiento, etc) establecidas para garantizar su estabilidad. Esta asignación de secciones tipo y el parámetro que sirve para definirla (RMR; Q; etc) debe estar incluida en la guitarra del perfil longitudinal geotécnico del túnel, que se presentará a la escala de los perfiles longitudinales de trazado.

Se deberá incluir en los planos una colección donde se definan completamente las secciones tipo excavación, sostenimiento y revestimiento, incluyendo todos los elementos que las componen, el método de construcción (indicando las fases constructivas, el orden establecido para su instalación o ejecución de los distintos elementos, el retraso máximo que debe existir entre fases sucesivas, etc), las especificaciones técnicas, así como las mediciones unitarias de cada elemento.

#### **2.14.2.1.3 Estanqueidad y drenaje**

Se desarrollarán los sistemas para conseguir la estanqueidad de la sección interior del túnel, y la recogida y evacuación de aguas procedentes del terreno y las que lleguen a la plataforma como consecuencia del tráfico o del lavado y limpieza de los túneles. La selección de los sistemas y tipología de las soluciones adoptadas en cada caso, estará en función de las previsiones que se hagan sobre la presencia de agua en el túnel, aportadas por los correspondientes estudios llevados a cabo con ese fin, y a la vista de la sección a lo largo de los distintos tramos del túnel, función de su trazado en planta y alzado.

#### **2.14.2.1.4 Sistemas constructivos**

Para la elección del método constructivo del túnel deberá realizarse un estudio comparativo de los diferentes sistemas habitualmente empleados (tanto convencionales como con tuneladora) donde se incluirán tanto aspectos técnicos como económico durante la construcción y durante la vida útil de la obra recopilando, si es posible, información de los túneles existentes en la zona.

Se definirán las fases y el proceso de ejecución de los distintos aspectos que comprende la ejecución completa de la obra, correspondientes a la excavación, sostenimiento, impermeabilización y drenaje, revestimiento interior, falsos túneles, emboquilles, y acabados de plataforma (aceras, nichos SOS, etcétera).

#### **2.14.2.1.5 Auscultación**

Se definirán los aspectos relacionados con el control de tensiones y deformaciones que se habrá de realizar durante la construcción del túnel. Se presentarán los criterios a seguir respecto a la auscultación, en dicha fase y durante la explotación del túnel, a la vista de la información disponible durante la redacción del proyecto y la obtenida en la ejecución, presentando los criterios generales y el correspondiente plan de control y auscultación.

Este plan de control y auscultación que marque las cadencias de medida de los diferentes

parámetros establecidos en función de los niveles de comportamiento de los elementos del sostenimiento que, por lo general, se dividirán en tres grupos (verde, ámbar y rojo) en función de los valores límite de los referidos parámetros en cada caso. Este plan de auscultación debe llevar asociado un plan de actuación que permita responder con celeridad en función de cualquier anomalía en el comportamiento de las secciones.

Se diseñará y justificará el empleo de los diferentes instrumentos de auscultación (medidores de convergencias, medidores de presión, extensómetros, piezómetros).

#### **2.14.2.2 Instalaciones**

Se incluirán en el proyecto del túnel todas las instalaciones y equipamiento de seguridad necesarias para el funcionamiento del mismo en régimen de explotación. Dichas instalaciones y equipamiento pueden ser los siguientes:

- aceras;
- salidas de emergencia;
- extintores;
- barreras exteriores;
- cruce de la mediana fuera de cada boca;
- apartaderos;
- drenaje de líquidos tóxicos;
- centro de control;
- circuito cerrado de TV;
- sistema informático de extracción de humos, automático y manual;
- iluminación normal, de seguridad y de emergencia;
- ventilación;
- doble suministro eléctrico;
- generadores de emergencia;
- sistema de alimentación ininterrumpida (SAI);
- detectores de monóxido de carbono;
- opacímetros;
- cable para detección de incendios;
- detección automática de incidentes;
- puestos de emergencia;
- estaciones de emergencia;
- señalización del túnel, y de las salidas y equipamientos de emergencia;
- paneles de señalización variable;
- semáforos exteriores e interiores;
- megafonía;
- red de hidrantes;
- aforadores;
- sistema de radiocomunicación para servicios de emergencia;
- mensajería de emergencia por canales de radio para usuarios;
- sistema de control de gálibo;

#### Aceras

El túnel contará con espacios transitables para peatones. La anchura del espacio será, al menos, 0,75 m y el gálibo mínimo vertical sobre la acera será de al menos 2,25 m.

#### Salidas de emergencia

Se habilitarán salidas de emergencia que permitan a los usuarios del túnel utilizarlas para abandonar el túnel sin sus vehículos y llegar a un lugar seguro en caso de accidente o incendio y también proporcionarán acceso a pie a los servicios de emergencia del túnel. Dichas salidas podrán ser:

- salidas directas del túnel al exterior;
- conexiones transversales para acceso de los servicios de emergencia;
- salidas a galería de emergencia.

En el diseño de las salidas de emergencia y vías de evacuación se prestará especial atención a la seguridad de las personas con discapacidad.

Cada una de las salidas de emergencia estarán correctamente iluminadas, señalizadas y balizadas para facilitar su identificación. En todas las conexiones de las salidas de emergencia con el túnel se instalarán puertas de evacuación resistentes al fuego. Todas las puertas que formen parte de la ruta de evacuación deberán poder abrirse en sentido hacia la zona segura mediante una barra horizontal de empuje o deslizamiento. La puerta nunca podrá poder bloquearse para impedir su apertura. Las puertas tendrán un comportamiento o resistencia ante el **fuego EI-120**.

El proyecto definirá, si se considera necesario, sistemas de video-vigilancia y anti-intrusión de las salidas de emergencia, que estarán conectados al centro de control, en su caso.

#### Sistemas anti-intrusión

Las puertas de las salidas de emergencia que den al exterior, y las de los cuartos técnicos, estarán dotadas de cerraduras mecánicas o motorizadas. Las cerraduras controlarán el acceso desde el exterior, pero se abrirán libremente desde el interior del túnel para permitir la evacuación.

El proyectista decidirá la conveniencia de complementar el sistema anti-intrusión con cámaras de circuito cerrado de televisión para detectar y comunicar el acceso de personas al túnel, evitando posibles intrusiones, sabotajes y actos vandálicos.

#### Detección y extinción de incendios

En aquellos túneles que lo requieran, habrá dispositivos para la detección automática de incendios en el interior del túnel y dependencias anejas.

En caso de ser necesario, se dispondrá una red de hidrantes cerca de la entrada y en el interior, a intervalos no superiores a 250 metros. Si no se dispusiese de red de suministro de agua, será obligatorio disponer de otro tipo de abastecimiento propio (aljibe de incendios y bombeo).

#### Drenaje de fluidos tóxicos

En túneles de longitud superior a 500 metros, si se permite la circulación por el túnel de vehículos de transportes de mercancías peligrosas, deberán disponerse caces con ranuras, u otros dispositivos, situadas dentro de las secciones transversales de los túneles, que permitan el drenaje de líquidos tóxicos e inflamables. Además, el sistema de drenaje deberá diseñarse y mantenerse de manera que se evite que el fuego y los líquidos inflamables y tóxicos se propaguen dentro del tubo o entre tubos.

#### Equipamiento del centro de control y acometida eléctrica

Todos los túneles que lo requieran deberán estar dotados de un centro de control que recogerá toda la información procedente de las instalaciones fijas. Cuando no se requiera la existencia de un centro de control y no obstante sea necesario instalar otros equipamientos tales como ventilación, semáforos, detectores de CO u opacímetros, postes SOS, etc. éstos se conectarán a un puesto desde el cual sea posible actuar sobre los mismos.

Deberá instalarse un sistema que garantice las funciones de ventilación, extinción de incendios y suministro de emergencia en el caso de que fallara el sistema de control. El sistema de control

deberá ser permanente con mando automático y/o manual, según los casos.

La vigilancia de varios túneles se podrá realizar desde un mismo centro de control. Si el centro de control estuviese a una distancia superior a 15 kilómetros del túnel, los servicios de explotación de intervención inmediata deberán disponerse a distancia inferior a la indicada.

Todos los túneles que lo requieran, deberán disponer de doble fuente de suministro de energía y de grupos electrógenos, así como de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI). Los grupos electrógenos deben poder cubrir la iluminación de emergencia, los sistemas informáticos y la ventilación en modo degradado. El requisito de doble fuente de suministro de energía no será aplicable en túneles urbanos.

Los circuitos eléctricos, los de medida y los de control estarán diseñados de tal manera que un fallo local, por cualquier causa, no afecte a los circuitos que no hayan sufrido daños.

Se diseñarán las protecciones eléctricas para que sean selectivas. Se estudiará con especial atención la alimentación eléctrica de los equipos críticos del sistema de control, incorporando protecciones contra sobretensiones, y diseñando la instalación con las redundancias necesarias para asegurar su funcionamiento ante cualquier eventualidad.

El proyectista presentará todos los cálculos justificativos necesarios, indicando los programas de cálculo utilizados.

Igualmente, en el proyecto se incluirán todos los planos y esquemas unifilares necesarios para la definición del sistema de alimentación eléctrica, detallándose la situación y recorrido de todos los conductores y canalizaciones eléctricas presentes.

#### Iluminación normal, de seguridad y emergencia

En los túneles que lo requieran, se proyectarán los sistemas de iluminación.

La iluminación normal se proporcionará de modo que asegure a los conductores una visibilidad adecuada de día y de noche en la entrada del túnel, en las zonas de transición y en la parte central.

La iluminación de seguridad se proporcionará de modo que permita una visibilidad mínima para que los usuarios del túnel puedan evacuarlo en sus vehículos en caso de avería del suministro de energía eléctrica.

La iluminación de emergencia, estará a una altura no superior a 1,5 metros y deberá proyectarse de modo que permita guiar a los usuarios del túnel para evacuarlo a pie con un mínimo de 10 lux y 0,2 cd/m<sup>2</sup>.

El proyecto de la iluminación seguirá la Normativa vigente. Se deberá realizar un estudio lumínico para justificar la potencia y disposición de las luminarias, que tendrá en cuenta los siguientes factores:

- Nivel de iluminación de la calzada y hastiales del túnel.
- Uniformidad en la distribución de la iluminación sobre la calzada.
- Control del efecto de parpadeo (efecto flicker).

El nivel de iluminación en el interior del túnel se regulará automáticamente por medio de células fotoeléctricas ubicadas en las bocas, que activarán o desactivarán los distintos circuitos de alumbrado de refuerzo.

Se deben indicar las prescripciones técnicas de los aparatos de iluminación:

- Mercado CE;
- Índice de proyección (mínimo IP65 según la UNE 60598);
- Grado de resistencia impacto (recomendable un mínimo IK 06 según la UNE 50102);
- Características del difusor (recomendable vidrio de seguridad);
- Comportamiento ante el fuego (recomendable mínimo M1según UNE 23.727)

### Ventilación

Se estudiará la necesidad de implantar un sistema de ventilación que por un lado garantice la renovación del aire y la disolución de los contaminantes emitidos por los motores de los vehículos en condiciones normales de servicio, y por otro lado facilite la evacuación y arrastre de la nube de humos en caso de incendio.

Como criterio de diseño en condiciones normales de servicio se considerará, salvo justificación en contrario, una concentración volumétrica máxima de monóxido de carbono (CO) de 150 ppm, llegando a admitirse un valor de 250 ppm en situación de congestión del túnel. Asimismo, se considerará como concentración límite de óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) 15 ppm, y como concentración límite de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) 1,5 ppm.

Se estudiarán y compararán, económicamente, teniendo en cuenta los costes de primera instalación y los de explotación, los métodos de ventilación transversal, semitransversal y longitudinal adoptando aquél que, junto con el resto de las obras a proyectar, para similares condiciones de seguridad y confort, optimice el coste.

En el caso de la ventilación longitudinal, se instalarán ventiladores capaces de expulsar el flujo de aire hacia el exterior del túnel. Éstos serán de tipo reversible, con bajo nivel de ruido. Se prestará especial atención al anclaje de los mismos a las paredes del túnel. Contarán con amortiguadores, sondas de temperatura y detectores de vibración.

Para la elección del diámetro de los ventiladores se tendrán en cuenta las limitaciones de gálibo existentes.

Se deberá realizar un estudio mediante CFD (computacional fluid dynamic) para determinar el diseño óptimo de la instalación para la evacuación de humos en caso de incendio.

Las exigencias de comportamiento frente al fuego obligarán a un diseño de la instalación eléctrica con cables de altas prestaciones.

### Detectores

En los túneles que lo requieran, se diseñará el control automático de la instalación de ventilación, proyectando detectores de concentración de gases, medidores de opacidad, de velocidad de corriente, etc., de forma que el régimen de funcionamiento de los ventiladores responda a las necesidades registradas. Dicho sistema debe ser dotado de algoritmos de control, mediante la disposición de elementos automáticos, que eliminen el arranque y parada por fenómenos transitorios. Se debe estudiar la conexión del conjunto del sistema de control y detección a un centro de control propio del túnel o, en su caso, a un puesto central de control público.

### Señalización y balizamiento

La señalización de todos los túneles se regirá por la Normativa vigente. Se utilizarán señales específicas para identificar todos los equipos de seguridad que están a disposición de los usuarios del túnel.

En todos los túneles unidireccionales interurbanos de más de 200 metros, se limitará la velocidad máxima a 100 km/h, salvo que su geometría u otras características obliguen a mayores limitaciones.

En todos los túneles bidireccionales de una sola calzada se prohibirá el adelantamiento y se limitará la velocidad a 80 km/h, salvo que su geometría u otras características impongan menores velocidades.

El balizamiento se hará con captafaros, cada 10 metros, por el exterior de las líneas de borde, en todos los casos. Cuando la longitud del túnel supere los 250 metros en urbanos o los 500 metros en interurbanos o cuando su geometría u otras características así lo aconsejen, se colocarán elementos de balizamiento anclados a los hastiales, a una altura aproximada de 70 centímetros y separados también 10 metros.

En todos los túneles deben colocarse las **señales R-300**, de separación mínima entre vehículos. Estas señales se colocarán antes de cada boca, según el sentido de la marcha, y se repetirán en el interior del túnel mediante señales fijas, o a través de los paneles de señalización variable.

En los túneles de longitud superior a 1.000 metros se dispondrán paneles gráficos y alfanuméricos cada mil metros y señales de afección de carril y limitación de velocidad cada 400 metros.

En caso de ser necesarios, los paneles de mensaje variable serán de tecnología LED, los exteriores formados por 1 ó 2 pictogramas "fullcolor", y tres líneas de 12 a 16 caracteres de color ámbar y los interiores constituidos por 1 ó 2 líneas de 12 a 16 caracteres, respetando el gálibo existente. La intensidad lumínica de los LED's será la adecuada en cada caso (panel interior / exterior). Los paneles tendrán una distancia de visibilidad y legibilidad adecuada a la velocidad.

### Megafonía

Los refugios y otras instalaciones en las que los usuarios del túnel puedan esperar antes de su evacuación al exterior estarán equipados con altavoces.

### Videovigilancia

En caso de ser necesario, el túnel contará con un circuito cerrado de televisión y, si se considera pertinente en el análisis del riesgo, un sistema informático de detección automática de incidencias (DAI).

Se dispondrán las cámaras uniformemente distribuidas a lo largo de todo el túnel, enfocando alternativamente en cada sentido. Se tendrá en cuenta, a la hora de decidir la ubicación de estas cámaras, la geometría del túnel y la interferencia con otros sistemas (ventilación), de tal modo que no existan puntos muertos y el campo de visión de cada cámara sea el máximo posible. Se instalarán también cámaras exteriores motorizadas enfocando a los accesos al túnel.

Las cámaras destinadas al sistema DAI proporcionarán una imagen de vídeo con la suficiente calidad para poder ser tratada posteriormente con un sistema de tratamiento de imagen. Se ubicarán siempre que sea posible en la clave del túnel, con el fin de tener la mejor perspectiva del mismo y facilitar las tareas de tratamiento de imagen. Las cámaras situadas en las proximidades de las bocas se orientarán hacia el interior del túnel para evitar efectos de deslumbramiento.

La transmisión de señal de vídeo desde el emplazamiento de cada cámara al centro de control se realizará por medio de fibra óptica y los convertidores electro-ópticos necesarios.

En el Centro de Control se dispondrán monitores y pantallas necesarias para la visualización y



gestión de las imágenes procedentes del túnel.

El sistema incorporará registradores digitales de vídeo, con autonomía y capacidad suficiente para la grabación continuada de imágenes.

El sistema DAI será capaz de analizar las imágenes procedentes de cámaras fijas, y detectar de forma automática situaciones tales como:

- -Vehículos circulando a velocidad excesiva o anormalmente reducida;
- -Vehículos circulando en sentido contrario;
- -Vehículos detenidos;
- -Circulación de peatones;
- -Obstáculos en la calzada;
- -Retenciones;

#### **2.14.2.3 Análisis del riesgo**

El proyecto incluirá la redacción de los análisis de riesgos que sean necesarios para justificar las medidas de seguridad adoptadas.

#### **2.14.2.4 Manual de explotación**

Junto con el estudio del túnel, el consultor redactará el correspondiente Manual de explotación del túnel que contendrá, como mínimo los siguientes capítulos y contenidos:

- Una descripción de la estructura prevista, del acceso a la misma y de las instalaciones, junto con los planos necesarios para definir el proyecto y las disposiciones previas de funcionamiento.
- Un estudio de previsión del tráfico, en el que se especifiquen y se justifiquen las condiciones que se prevén para el transporte de mercancías peligrosas, junto con el análisis de riesgo contemplado en el punto 3.7 del anexo I.
- Un estudio específico de riesgo en que se describan los posibles accidentes que afecten claramente a la seguridad de los usuarios de los túneles y que puedan ocurrir durante la fase de funcionamiento, así como la naturaleza y magnitud de sus posibles consecuencias; dicho estudio deberá especificar y justificar las medidas para reducir la probabilidad de los accidentes y sus consecuencias.
- Un dictamen sobre seguridad emitido por un experto u organización especializados en la materia.

### **2.15 SOLUCIONES PROPUESTAS AL TRÁFICO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

Cuando la ejecución de las obras afecte, en todo o en parte, a algún tramo de la calzada existente que deba mantenerse en servicio, se adoptarán las medidas necesarias para que la interferencia entre las obras y el tráfico de la carretera sea mínima durante las distintas fases del proyecto constructivo.

En consecuencia, se estudiará la factibilidad de adoptar alguna de las soluciones indicadas a continuación y sus fases correspondientes.

La valoración económica de estos desvíos se incluirá en los correspondientes capítulos del Presupuesto.

#### **2.15.1 DESVÍO GENERAL A TRAVÉS DE ITINERARIOS ALTERNATIVOS**

Cuando la magnitud de la afección entre las obras y la circulación de la carretera sea elevada

(voladuras, interrupción total del tráfico, etcétera), o bien cuando se afecte a toda la longitud del tramo y no sea posible la ejecución por el sistema de medias calzadas, se estudiará la posibilidad de habilitar temporalmente un itinerario alternativo.

Cuando la diferencia entre el volumen de tráfico habitual que circule por el itinerario alternativo y el tráfico inducido por el desvío sea importante, y éste se efectúe durante un período largo de tiempo, se evaluará la incidencia de aquel en el deterioro del estado de conservación del firme, y se incluirán dentro del presupuesto del Estudio las correspondientes partidas que recojan los trabajos de conservación ordinaria, renovación superficial y, eventualmente, refuerzo del firme del itinerario elegido.

## **2.15.2 DESVÍOS PROVISIONALES**

### **2.15.2.1 Desvío provisional de la calzada actual**

Cuando las características de las obras a realizar así lo exijan (obras de fábrica, modificaciones de trazado en alzado, entronque de variantes con la carretera actual, etcétera), deberán habilitarse desvíos provisionales para el tráfico, indicando las prescripciones necesarias respecto a su señalización, balizamiento, limpieza, defensa y terminación.

La ubicación, el trazado y la sección estructural del firme en los citados desvíos provisionales deberá figurar en los documentos del Estudio, y los terrenos necesarios para su ejecución deberán figurar expresamente en las Expropiaciones e Indemnizaciones.

### **2.15.2.2 Desvío provisional de otros viales o caminos interceptados**

Cuando sea preciso habilitar desvíos provisionales de otros viales, caminos o cualquier otra servidumbre de paso afectada, serán objeto de definición precisa en los documentos, y se incluirán dentro de las Expropiaciones e Indemnizaciones los terrenos necesarios para su construcción.

En el caso de estructuras se debe solucionar adecuadamente el ingreso y salida vehicular estudiando los accesos como una conjunción entre carretera y estructura.

## **2.16 SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS**

El Consultor deberá efectuar el estudio y diseño de la señalización tanto vertical (preventiva, reglamentaria, informativa y turística) como horizontal de la vía, de acuerdo a las Normas INEN de Señalización vigente, basada en el reglamento Técnico Ecuatoriano para Señalización Vial (RTE INEN 004), Parte 1 (señalización vertical) y Parte 2 (señalización horizontal).

### **2.16.1 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL**

En los planos se incluirán las plantas generales de señalización y los detalles, así como las dimensiones de cada una de las marcas viales utilizadas: longitudinales, transversales, flechas, isletas, etcétera.

En el diseño de la señalización horizontal se tendrán en cuenta, principalmente, las siguientes indicaciones:

- se asegurará la coherencia entre la señalización horizontal y vertical;
- el dimensionamiento de las marcas viales estará en función del tipo de vía o de la velocidad máxima (VM) que las características del proyecto permitan.
- Se prestará especial atención a la señalización horizontal de:
- carriles de cambio de velocidad;

- carriles adicionales para circulación lenta o rápida;
- bifurcaciones;
- tramos con visibilidad reducida; prohibición de adelantamiento.

En el Estudio se deben fijar:

- La clase del material de las marcas viales (pinturas, termoplásticos aplicados en frío o en calientes, marcas prefabricadas), que ha de estar justificada en función del "factor de desgaste" esperado. Se definirá la necesidad de aplicar marcas de tipo II (con resaltos) siempre que lo requiera una mejora de la seguridad vial, y en general, donde el número medio de días de lluvia al año sea mayor de cien (100).
- Dosificación de la mezcla (pintura, microesferas de vidrio) y calidad de los materiales a emplear.
- Métodos y maquinaria de ejecución. Controles de calidad.
- Condiciones de medición y abono: cuando las marcas viales sean de ancho constante se abonarán por metros realmente aplicados. Cuando no, por metros cuadrados ejecutados.

Para pinturas de señalamiento de tráfico, se deberá tomar en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN

#### 2.16.2 SEÑALIZACIÓN VERTICAL

En los planos de planta correspondientes se dibujarán las señales, indicando el punto donde deben instalarse.

.En el diseño de la señalización vertical se tendrán en cuenta, principalmente, las siguientes indicaciones:

- a. se asegurará la uniformidad entre tramos de carreteras del mismo itinerario;
  - b. velocidad máxima (VM) en función de las características geométricas y de la visibilidad disponible;
  - c. se prestará especial atención a la señalización de:
    - tramos de visibilidad reducida;
    - tramos de fuerte curvatura;
    - bifurcaciones y divergencias;
    - tramos de prohibición de adelantamiento;
    - carriles adicionales para circulación lenta o rápida;
    - tramos afectados frecuentemente por nieblas, heladas, vientos de cierta importancia y frecuencia, etcétera;
    - conexiones temporales con la red viaria existente. Paso de doble calzada a única con circulación en los dos sentidos;
    - túneles;
    - desvios de tráfico por obras.
- En las vías de menos de 50 kilómetros de longitud, el Consultor deberá diseñar Letreros informativos (sección 6 m x 2 m), que serán colocados al inicio y final del proyecto, además, 2 letreros (1 por sentido) cada 8 kilómetros. (Requerimiento señalado en oficio INCOP No DE-5423-2010, suscrito por el Subsecretario de Imagen, Publicidad y Promoción, de la Presidencia de la República) **(Se adjunta copia).**
  - En las vías mayores a 50 kilómetros de longitud, el Consultor deberá diseñar Letreros Informativos (sección 6m x 2 m), que serán colocados al inicio y final del proyecto, además, 2 letreros (1 por sentido) cada 10 kilómetros. (Requerimiento señalado en oficio INCOP No DE-5423-2010, suscrito por el Subsecretario de Imagen, Publicidad y

Promoción, de la Presidencia de la República).

Estos Letreros Informativos deben contener mínimo la siguiente información: Nombre del Proyecto, Monto, Plazo, Obras Esenciales y Partes Contratantes.

Los Diseños y Mensajes de las vallas serán proporcionados y aprobados por el Ministerio del Transporte y Obras Públicas y la Subsecretaría de Imagen, Publicidad y Promoción.

- La ubicación de cada una de las señales se definirán de manera exacta por abscisas y deberán ser georeferenciadas, conforme la recomendación de las Normas INEN.
- El diseño de estructuras y anclaje de la señalización vertical e informativa y de los elementos de seguridad serán los determinados en las Normas INEN.

Las Especificaciones Técnicas Particulares del proyecto debe fijar:

- Las características del material de sustrato (aluminio o acero galvanizado) y de los materiales retrorreflectantes.
- El nivel de retrorreflexión, en función del tipo de señal y del tipo de vía.
- El valor mínimo del coeficiente de retrorreflexión de las señales y carteles verticales, así como las coordenadas cromáticas y el factor de luminancia de las zonas reflectantes y no reflectantes.
- El periodo de garantía.
- Las condiciones de medición y abono. Las señales verticales se abonarán por unidades, incluido en el precio sus elementos de sustentación, anclaje y cimentación. Los carteles verticales se abonarán por metros cuadrados, siendo independiente la medición y abono de los elementos de sustentación, anclajes y cimentaciones.

En los planos de detalles se indicarán las dimensiones y el texto de los carteles verticales.

Se incluirán los cálculos de los pórticos y banderolas y de sus cimentaciones

### **2.16.3 BALIZAMIENTO**

Además de la señalización horizontal y vertical se diseñarán los correspondientes elementos de balizamiento, y en particular se estudiará la conveniencia de:

- a) colocar hitos kilométricos y miriamétricos, complementados con los hitos delimitadores del hectómetro correspondiente;
- b) instalar captafaros reflectantes en los arcones del tronco de la traza, en las intersecciones, en los enlaces, en las curvas de radio menor de 250 m y sobre la barrera de seguridad semirrígida;
- c) instalar hitos de arista, para balizamiento con captafaros reflectantes;
- d) instalar balizas flexibles e hitos de vértice como complemento a los hitos y captafaros, en zonas de divergencias y bifurcaciones;
- e) la implantación de marcas viales sonoras en los bordes exteriores de las calzadas;
- f) instalar paneles direccionales en tramos de fuerte curvatura;
- g) instalar mangas catavientos y pantallas antideslumbrantes, cuando sea preciso;
- h) instalar elementos luminosos de balizamiento en los desvíos de tráfico por obras, cuando la situación de peligro persista durante las horas nocturnas o en ocasiones de reducida visibilidad.
- i) De manera general antes de las zonas pobladas, con el objeto de reducir la

velocidad de los vehículos, el Consultor diseñará "bandas transversales de alerta", en base a lo señalado en el Acuerdo Ministerial No. 020 de fecha 07-07-2010, suscrito por la Ministra de Transporte y Obras Públicas. (se adjunta copia de dicho Acuerdo).

La disposición de los distintos elementos que componen el balizamiento vendrá reflejada en los planos de planta correspondientes. El dimensionamiento se definirá en los planos de detalles.

Las características de los materiales a emplear se definirán en el apartado correspondiente de las Especificaciones Técnicas Particulares.

En el diseño del balizamiento en su conjunto se prestará atención a las zonas siguientes:

- bifurcaciones y divergencias;
- tramos de visibilidad reducida;
- conexiones temporales con la red viaria existente; paso de doble calzada a única con circulación en los dos sentidos;
- tramos de fuerte curvatura;
- túneles;
- desvíos de tráfico por obras.

#### **2.16.4 BARRERAS DE SEGURIDAD**

La disposición de los distintos elementos que componen los sistemas de contención de vehículos vendrá reflejada en los planos de planta de señalización, balizamiento y defensas, indicando el tipo de sistema empleado en cada zona o tramo.

En los planos de detalle se definirán los distintos elementos utilizados (posición longitudinal y transversal, dimensiones y cimentaciones, transiciones, etcétera).

Las Especificaciones Técnicas Particulares deben fijar:

- Las características de los materiales a emplear.
- Los medios y maquinaria para su ejecución.
- El periodo de garantía.
- Las condiciones de medición y abono. Las barreras de seguridad y pretiles se medirán y abonarán por metros lineales, incluyendo el precio de su colocación y puesta en obra. Los abatimientos o piezas de remate de los extremos de las barreras se medirán y abonarán por unidades.

En el diseño de las defensas en su conjunto se prestará especial atención a los casos siguientes:

- medianas, en carreteras de calzadas separadas;
- zonas donde otros viales discurran en paralelo y muy próximos a la calzada principal (vías colectoras, vías de servicios, etcétera);
- zonas donde los vehículos circulen próximos a obstáculos laterales (pilas de pasos superiores, edificaciones, soportes de pórticos y banderolas, pantallas antirruído, etcétera);
- zonas especiales: acceso a puentes, viaductos, obras de paso o túneles; vías de giro en intersecciones y ramales en enlaces; "Narices" en salidas, bifurcaciones y divergencias; comienzo de mediana.

#### **2.17 INTEGRACIÓN AMBIENTAL**

Con base en el Estudio de Impacto Ambiental, deberán proyectarse las medidas correctoras de la incidencia de las obras proyectadas, tanto en la fase de construcción, como en la de explotación, de manera que se consiga la integración ambiental de la carretera y la reducción de los impactos. Para ello se incluirá en el Estudio el Plan de manejo Ambiental y el Programa de Seguimiento y Monitoreo del Proyecto.

### 2.17.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Es el conjunto de programas, proyectos y actividades, necesarios para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por el proyecto durante las diferentes etapas. Para cada impacto negativo identificado, debe formularse las respectivas medidas de manejo.

Toda medida deberá ser estructurada de acuerdo a lo establecido en las Especificaciones Generales para la construcción de caminos y puentes MOP-F-2002, y los Lineamientos que para el efecto cuenta la Unidad de Gestión Ambiental del MTOP. Si es necesario se creará especificaciones y rubros particulares y especiales.

El PMA debe contener como mínimo: objetivos, medida, descripción, impactos a controlar, tipo de medida, acciones a desarrollar (figuras y detalles), lugar de aplicación, mecanismos y estrategias participativas, personal requerido, indicadores de seguimiento y monitoreo (cualificables y cuantificables), responsable de la ejecución, cronograma y presupuesto.

Se sugiere contemplar – en caso de que aplique para el manejo de los impactos identificados – los siguientes programas para cada uno de los medios:

- Programas de manejo del recurso suelo

Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación

- Manejo de taludes.
- Manejo de Escombreras (Incluir diseños, capacidad de recepción, análisis de sísmica, geológico e hidráulico) información requerida de manera individual.
- Manejo de fuentes de materiales.
- Manejo de plantas de trituración, concreto y asfalto.
- Manejo de patios de almacenamiento y talleres de mantenimiento.
- Manejo de explosivos y ejecución de voladuras.
- Manejo de materiales y equipos de construcción.
- Manejo de residuos líquidos peligrosos.
- Manejo de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales.
- Manejo morfológico y paisajístico.
- Programa de manejo del recurso aire.
  - Manejo de fuentes de emisiones y ruido.
- Programas de manejo del suelo.
  - Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote.
  - Manejo de flora.
  - Manejo de fauna.
  - Manejo del aprovechamiento forestal.
- Programa de protección y conservación de hábitats.
- Programa de revegetalización y/o reforestación.
- Programa de conservación de especies vegetales y faunísticas en peligro crítico en veda o aquellas que no se encuentren registradas dentro del inventario nacional o que se cataloguen como posibles especies no identificadas.
- Programa de educación y capacitación al personal vinculado al proyecto.
- Programa de información y participación comunitaria.
- Programa de reasentamiento de la población afectada.
- Programa de capacitación, educación y concientización a la comunidad aledaña al proyecto.
- Programa de Señalización. (únicamente ambiental)

- Programa de seguridad industrial y salud ocupacional. (incluido en el anejo de Estudio de Seguridad y Salud)
- Programa de arqueología preventiva.
- Programa de compensación social y Afectaciones (Expropiaciones) : En caso de afectación a los componentes social, económico y cultural (infraestructura o actividades individuales o colectivas), la compensación debe orientarse a la reposición, garantizando iguales o mejores condiciones de vida de los pobladores asentados en el área de influencia directa con la inclusión de listados de afectados, áreas a ser afectadas, y precios según los avalúos y catastros actuales se anexarán planos con los detalles descritos. (incluido en el anejo de Expropiaciones).

De acuerdo a la realidad del proyecto, del tipo de impactos ambientales detectados así como de las posibilidades de prevenir, controlar, mitigar y/o compensar, la Consultoría Ambiental definirá la estructura de Programas, Proyectos y Actividades a estructurarse dentro del Plan de manejo Ambiental.

### **2.17.2 PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO**

El consultor debe realizar un programa de seguimiento y monitoreo y debe cumplir como mínimo con lo indicado en cada uno de los programas y medidas establecidos en el plan de manejo ambiental.

Este programa persigue mantener un control de los elementos ambientales en forma específica, agua, suelo, aire, y otros elementos sensibles que puedan ser identificados a lo largo del estudio, para lo cual se deberá seguir con los siguientes procedimientos.

Los sitios de muestreo deben georreferenciarse y justificar su representatividad para establecer el monitoreo que permita el seguimiento de los parámetros ambientales según se describe en la línea base.

#### **2.17.2.1 Parámetros a medirse**

Emisiones atmosféricas, calidad de aire, ruido y vibraciones.

Cuerpos Hídricos relacionados con el proyecto

Capas de suelo expuestas a algún tipo de contaminación

#### **2.17.2.2 Plan de contingencias**

##### **2.17.2.2.1 Análisis de riesgos**

Debe incluir la identificación de las amenazas o siniestros de posible ocurrencia, el tiempo de exposición del elemento amenazante, la definición de escenarios, la estimación de la probabilidad de ocurrencia de las emergencias y la definición de los factores de vulnerabilidad que permitan calificar la gravedad de los eventos generadores de emergencias en cada escenario. Esta valoración debe considerar los riesgos tanto endógenos como exógenos. Se debe presentar la metodología utilizada.

Durante la evaluación de la vulnerabilidad se deben considerar, al menos los siguientes factores:

- **Víctimas:** número y clase de víctimas, así como también el tipo y gravedad de las lesiones.
- **Daño ambiental:** evalúa los impactos sobre el agua, fauna, flora, aire, suelos y comunidad, como consecuencia de una emergencia.
- **Pérdidas materiales:** representadas en infraestructura, equipos, productos, costos de las operaciones del control de emergencia, multas, indemnizaciones y atención médica,



entre otras.

Los resultados del análisis se deben llevar a mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, en escala 1:25.000 o menor y 1:10.000 o mayor según corresponda al área de influencia indirecta o directa, respectivamente.

#### **2.17.2.2 Plan de contingencia**

Con base en el análisis de riesgos, se debe estructurar el Plan de Contingencia mediante el diseño de planes estratégicos, consistentes en la elaboración de programas que designen las funciones y el uso eficiente de los recursos para cada una de las personas o entidades involucradas; planes operativos donde se establezcan los procedimientos de emergencia, que permitan la rápida movilización de los recursos humanos y técnicos para poner en marcha las acciones inmediatas de la respuesta; y un sistema de información, que consiste en la elaboración de una guía de procedimientos, para lograr una efectiva comunicación con el personal que conforma las brigadas, las entidades de apoyo externo y la comunidad afectada.

Este plan de contingencia debe contemplar: emergencias y contingencias durante la construcción y los lineamientos para la operación.

Deben cartografiarse las áreas de riesgo identificadas, las vías de evacuación y la localización de los equipos necesarios para dar respuesta a las contingencias.

#### **2.17.2.3 PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL**

Para las áreas e infraestructura intervenidas de manera directa por el proyecto, debe:

- Presentar una propuesta de uso final del suelo en armonía con el medio circundante.
- Señalar las medidas de manejo y reconfiguración morfológica que garanticen la estabilidad y restablecimiento de la cobertura vegetal y la reconfiguración paisajística, según aplique y en concordancia con la propuesta del uso final del suelo.
- Presentar una estrategia de información a las comunidades y autoridades del área de influencia acerca de la finalización del proyecto y de la gestión social.

El consultor presentará los cronogramas valorados, presupuestos, rubros a las cuales se aplica, análisis de precios unitarios, especificaciones técnicas y matriz lógica.

Cabe indicar que la responsabilidad del Consultor cubre hasta obtener la aprobación definitiva de la Autoridad Ambiental correspondiente (MAE).

### **2.18 OBRAS COMPLEMENTARIAS**

El Estudio incluirá la descripción de las obras accesorias o complementarias que, aunque no sean indispensables, sí resulten convenientes de cara a la conservación y explotación de las obras proyectadas (iluminación, cerramientos, accesos, áreas de descanso, etcétera).

#### **2.18.1 ILUMINACIÓN**

Se estudiará la conveniencia de proyectar la iluminación de todo o parte del tramo, de forma que la circulación nocturna se realice con la seguridad y comodidad adecuada. Ello ha de estar justificado por la alta intensidad de circulación o la peligrosidad de la zona.

Para ello se definirán los siguientes apartados:

- a) calidad luminotécnica;
  - nivel de iluminación;

- control de deslumbramiento, comodidad visual;
  - visibilidad ambiental;
  - enlaces e intersecciones;
  - zonas de adaptación o transición;
- b) diseño geométrico;
- guiado visual, guiado óptico;
  - alturas de montaje;
  - tipos de implantación;
  - puntos especiales, curvas, cruces o bifurcaciones, etcétera;
  - especificaciones sobre la situación de los puntos de luz;
- c) diseño de la instalación eléctrica;
- suministros, acometidas;
  - centros de transformación (ubicaciones);
  - dimensionamiento de la red eléctrica, red de tierra;
  - exigencias básicas;
  - tipo de luminarias;
  - sistemas de encendido;
  - cruzamientos;
- d) diseño de instalaciones especiales;
- túneles;
  - iluminación con postes de gran altura (> 20 m);
  - pasos peatonales subterráneos y al nivel de calzada.

En los planos de proyecto se incluirán las plantas generales de iluminación y los detalles.

Las características de los materiales a emplear y de la instalación de los distintos elementos que componen la iluminación, serán objeto de definición en el apartado correspondiente de las Especificaciones Técnicas Particulares.

### **2.18.2 CERRAMIENTOS**

Se dispondrá el cerramiento de la calzada principal a lo largo de todo el trazado como factor coadyuvante a la protección mutua de márgenes y carretera y como limitador, ordenador y encauzador de accesos.

Se definirán, en las plantas generales correspondientes y planos de detalles, además de los tipos de vallas necesarios, las puertas de acceso y los dispositivos de escape para mamíferos.

Las características de los materiales a emplear se especificarán en los apartados correspondientes de las Especificaciones Técnicas Particulares.

### **2.18.3 POSTES S.O.S.**

Si en el Estudio se estableciese la necesidad de la instalación de una red de postes S.O.S., se incluirán plantas generales y planos de detalles. Se definirán, al menos, los siguientes

elementos:

- infraestructura civil para las canalizaciones longitudinal y transversal;
- cimentaciones de los postes;
- señalización de su emplazamiento.

Las características de los materiales a emplear se especificarán en los apartados correspondientes a las Especificaciones Técnicas Particulares

#### **2.18.4 ÁREAS DE SERVICIO**

Si en el Estudio se estableciese la necesidad de la creación de áreas de servicio, se incluirán los accesos del área de servicio y en su caso la explicación.

La ubicación y definición de los accesos y en su caso la explicación del área de servicio deberá figurar en los documentos contractuales del Estudio y los terrenos necesarios para su ejecución deberán figurar expresamente en las Expropiaciones.

### **2.19 REPLANTEO**

#### **2.19.1 BASES DE REPLANTEO**

El diseño y la materialización de las bases de replanteo se han establecido en el punto 3.4.6.1 de este Pliego. La documentación sobre ellas figurará en el Anejo nº 1: Cartografía y topografía.

#### **2.19.2 REPLANTEO DEL EJE CADA 20 METROS**

Se adjuntarán los listados para el replanteo de los distintos ejes necesarios para definir completamente el trazado proyectado, de tal forma que posibiliten el uso de los distintos métodos para el replanteo de los puntos de la traza (por bisección, polares, referencia al Norte, etcétera).

Los listados de replanteo deberán contener, como mínimo, los siguientes datos:

- - coordenadas, cota y coeficiente de anamorfosis de cada base y situación relativa entre cada par de bases de replanteo;
- - distancia al origen (D.O.), coordenadas y cota del punto a replantear;
- - distancia y acimut (respecto al vector que une las dos bases) del punto a replantear, con respecto a cada una de ellas.

Los datos de replanteo corresponderán a los puntos equidistantes del eje, como máximo cada 20 m, y a todos los puntos singulares del trazado en planta.

En las alineaciones curvas de radio igual o inferior a 150 m los datos de replanteo corresponderán a los puntos equidistantes del eje 10 m entre sí, como máximo.

#### **2.19.3 REPLANTEO DE LAS ESTRUCTURAS**

Se adjuntarán también los listados de replanteo correspondientes a todas y cada una de las estructuras proyectadas, incluyendo:

- cotas del plano de cimentación;
- coordenadas de replanteo de las esquinas de las zapatas o encepados de pilas o estribos;
- coordenadas y cotas de apoyo de vigas;
- coordenadas para la definición geométrica de elementos curvos.

## **2.20 COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS Y SERVICIOS**

Durante la redacción del Estudio se establecerán contactos con todos aquellos organismos, entidades y empresas concesionarias de servicios, bien sea por resultar directamente afectados por la ejecución de las obras, o bien por disponer de información de utilidad referente a la zona objeto de estudio.

A tales efectos, el MTOP otorgará al Consultor las credenciales precisas para contactar y obtener la información necesaria para el correcto y adecuado diseño de las obras proyectadas.

Se incluirá la documentación correspondiente a los contactos establecidos.

## **2.21 REPOSICIÓN DE CAMINOS**

El trazado y número de reposiciones de carreteras, caminos agrícolas, vías pecuarias, vías verdes, carriles ciclistas, etc, así como el cruce sobre la carretera objeto del proyecto, deberá ser estudiado junto con los diferentes organismos encargados de su mantenimiento para consensuar necesidades y resolver su reposición de la forma más adecuada a los distintos intereses.

### **2.21.1 CRITERIOS GENERALES**

El Estudio debe asegurar el mantenimiento del nivel existente de permeabilidad transversal del territorio y estudiará la reposición de caminos, provisionales o permanentes, para lograr este objetivo.

También con carácter general, se deberán reponer todos los caminos que cuenten con pasos sobre o bajo las infraestructuras existentes que discurran paralelas y cercanas al trazado de la carretera.

Como regla general, se intentará localizar los cruces de caminos en aquellos puntos del trazado en los que la diferencia de cotas entre el perfil longitudinal del terreno y la rasante proyectada permita habilitar el cruce mediante obras de paso de coste menor.

Cuando sea necesario, se deberán diseñar los tramos de caminos para conectar entre sí los distintos caminos interceptados a través de las obras de paso proyectadas. Si es necesario diseñar caminos paralelos a la traza de la carretera objeto de proyecto, se situarán preferentemente fuera de la zona de dominio público de la carretera para su cesión posterior a los organismos titulares de la conservación de los caminos.

El trazado y la sección transversal de la reposición de caminos se ajustarán a las necesidades de cada uno de ellos.

El Estudio de reposición de caminos debe contener:

- Estudio de la ordenación de márgenes, de modo que se resuelvan los problemas de los accesos a fincas, modificando las conexiones que resulten peligrosas para el tráfico o, teniendo en cuenta la limitación de accesos, proyectando los pasos y los caminos necesarios en ambas márgenes.
- Estudio de la continuidad de las carreteras, vías pecuarias y caminos agrícolas interceptados, tanto durante la construcción como durante la explotación. Para ello los pasos localizados en áreas rurales y destinados a permitir la continuidad de las actividades agrícolas serán lo suficientemente amplios como para permitir el paso de la maquinaria agrícola.
- Contactos mantenidos con los responsables de la explotación de los caminos, carreteras y vías pecuarias, así como con los Municipios afectados, para promover la autorización a

la reposición de caminos prevista y consensuar su posterior cesión a los titulares de estas infraestructuras.

- Definición del trazado de la reposición de caminos: ejes en planta y alzado, y sección transversal.
- Planos de planta con la reposición de caminos proyectada, que deben tener una anchura de banda suficiente como para permitir comprobar la accesibilidad de las fincas afectadas. Planos con plantas, perfiles longitudinales y perfiles transversales de cada uno de los caminos diseñados. Estos planos se incluirán también en el documento Planos.

## **2.22 EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES**

### **2.22.1 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS**

Se delimitarán con la mayor precisión posible los bienes y derechos afectados por la ejecución de todas las obras comprendidas en el proyecto, incluidas las zonas anexas necesarias para el buen funcionamiento, conservación y explotación de la carretera. Se preverá la expropiación necesaria para la reposición de los servicios afectados y las ocupaciones temporales para préstamos, vertederos e instalaciones, así como para cualquier otro uso que requiera la obra.

### **2.22.2 CONTENIDO DE LOS EXPEDIENTES DE LAS EXPROPIACIONES**

El Consultor, en coordinación con los Municipios de Zona, realizará el levantamiento de las expropiaciones, de la franja que vaya a ser ocupada con la ampliación de la carretera.

En los planos, las parcelas se deberán delimitar, siempre que sea posible, en su totalidad.

Igualmente en el plano deberán delimitarse con tramas los diferentes tipos de afectación, esto es, los terrenos de expropiación, imposición de servidumbre y ocupaciones temporales. Asimismo, se deberá indicar el norte geográfico o magnético, los límites provinciales y municipales, las carreteras, los caminos, los cauces públicos, los accidentes geográficos más significativos, las edificaciones y cualquier otro aspecto que contribuya a la identificación y acceso a cada una de las parcelas afectadas.

La superficie de cada parcela (expropiación, servidumbre u ocupación temporal) será objeto de medición y determinación en campo o sobre plano, siempre que reúna las condiciones de escala y precisión adecuadas.

Toda la información se concretará en una relación individualizada de los bienes y derechos afectados, para cada Municipio, realizada sobre la base de unas fichas individualizadas con los siguientes datos:

- Municipio donde radica la parcela
- Número de orden identificativo de la parcela
- Titular/es:
  - Nombre
  - Dirección
  - Teléfono
- Representante del Titular si lo hubiera:
  - Nombre
  - Dirección
  - Teléfono
- Datos o características físicas:
  - Naturaleza
  - Aprovechamiento actual
  - Delimitación (linderos)

- Forma
- Superficie total
- Afecciones (superficie):
  - Longitud (m)
  - Expropiación (m<sup>2</sup>)
  - Servidumbre (m<sup>2</sup>)
  - Ocupaciones temporales (m<sup>2</sup>)
  - Total afectación (m<sup>2</sup>)
- Tipo de afectación:
  - Total o parcial
  - Forma de afectación
  - Derechos o gravámenes que pesan sobre la finca
- Construcciones afectadas (m<sup>2</sup>):
  - Viviendas
  - Instalaciones agrícolas o pecuarias
  - Cobertizos o anejos
  - Recintos industriales
  - Instalaciones deportivas
  - Industrias
  - Otras construcciones e instalaciones
  - Servicios afectados (tuberías, acequias, pozos de riego, etc.)

En el supuesto de que se afecte algún tipo de construcción o servicio de que esté dotada la finca o parcela afectada se realizará una descripción detallada con especificación de los materiales utilizados, su antigüedad, estado actual, mediciones, las unidades de obra y en general todos aquellos detalles constructivos que se estime conveniente para su definición.

Las construcciones afectadas se habrán de levantar en primer lugar por su perímetro exterior y por plantas independientes, debiéndose detallar su distribución interior, así como el uso presumible de cada recinto.

- Reportaje fotográfico de la parcela o finca afectada:
  - Vista panorámica de la parcela
  - Detalle de cultivos
  - Edificaciones y servicios afectados

Tomando como base los datos existentes en las fichas individuales relativos a las fincas o parcelas, deberán confeccionarse los siguientes cuadros:

- Cuadro de aprovechamientos por municipios
- Cuadro de edificaciones por municipios
- Cuadro de precios unitarios por aprovechamientos

La confección de los cuadros se realizará de acuerdo con las directrices que marque el MTOP.

### **2.22.3 PRESUPUESTOS**

#### **2.22.3.1 Expropiaciones e indemnizaciones**

Se realizará una estimación del posible coste de las expropiaciones de fincas y/o edificaciones afectadas, así como de los demás bienes y derechos objeto de la expropiación a los que habrá que añadir las posibles indemnizaciones en concepto de rápida ocupación.

Para realizar la valoración se tendrán en cuenta los precios medios aplicables en la y las diferentes categorías de los cultivos y las construcciones.

#### **2.22.3.2 Servicios afectados**

Se incluirán en este apartado los presupuestos estimados para la reposición de servicios y

servidumbres solamente en el caso de que su reposición no se contemple en otros documentos del Estudio.

Salvo justificación expresa en contrario, la reposición de todos y cada uno de los servicios o servidumbres afectados será objeto de un estudio específico, con definición exacta de las distintas unidades de obra a ejecutar y su valoración correspondiente, que se incorporará al presupuesto general del Estudio, dentro de un capítulo específico que se titulará REPOSICIÓN DE SERVICIOS.

#### **2.22.4 CONTENIDO DEL EXPEDIENTE DE EXPROPIACIONES A INCLUIR EN EL ESTUDIO**

El Expediente de expropiaciones contendrá los siguientes documentos:

- Memoria

Relación concreta e individualizada de los bienes y derechos afectados por municipios

- Presupuesto
- Fichas individualizadas

Planos parcelarios

- Separata de valoración individualizada de los bienes y derechos afectados
- Soporte fotográfico e informático

Todos los documentos se integrarán en el Anejo "Expropiaciones e Indemnizaciones", excepto la separata con la valoración individualizada, que se entregará en tomo independiente.

La Memoria describirá brevemente el objeto de la expropiación, las diferentes formas de afectación, las limitaciones que comporta la propiedad, los tipos de cultivos, aprovechamientos y edificaciones afectadas, la estructura y el régimen de explotación y los criterios de valoración utilizados.

La valoración se habrá de basar en los cuadros de superficies afectadas por aprovechamientos y edificaciones, y en los precios unitarios establecidos.

#### **2.23 REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS**

Se incluirán dentro de este concepto todos aquellos servicios y servidumbres afectados por la ejecución de las obras, y cuya restitución se proyecte y se incluya en el presupuesto del Estudio.

Salvo justificación expresa en contrario, todos los servicios, servidumbres de paso, riego, etcétera, se estudiarán dentro del presente apartado, diseñándose los correspondientes elementos y obras accesorias para la correcta reposición de los mismos.

Se incluirán también en este Anejo las afecciones a servicios estatales y públicos, sujetos o no a concesión, que se afecten, y cuya modificación esté sujeta a procedimiento especial. Se estimará, asimismo, el coste de modificaciones y reposiciones y su coordinación con el plan de obras.

##### **2.23.1 IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS**

Una vez definido el trazado geométrico de las obras proyectadas, y las dimensiones y características de las estructuras y obras de fábrica más importantes, se replanteará la situación sobre el terreno, identificando y señalando la ubicación de los distintos servicios y servidumbres



afectadas, entre los que se citan, sin exhaustividad, los siguientes:

- líneas eléctricas, telegráficas y telefónicas;
- redes de riego, abastecimiento de aguas o saneamiento;
- oleoductos y gasoductos;

La ubicación de todos y cada uno de los posibles servicios afectados se reflejará con claridad en los planos correspondientes.

### **2.23.2 DISEÑO DE REPOSICIONES**

Una vez localizados e identificados, se realizará, en los casos en que la reposición lo requiera, un levantamiento topográfico local en el entorno del punto de intercepción, determinando con exactitud las coordenadas y cotas de los diferentes elementos del trazado afectado (postes de apoyo, tendidos aéreos, etcétera).

Toda la información anterior se reflejará sobre planos de planta y alzado a escala adecuada, los cuales serán remitidos a la Entidad o Empresa propietaria o concesionaria del servicio en cuestión, recabando información relativa a los condicionantes existentes y características técnicas que deben cumplir las obras de reposición.

El Estudio de reposición de cada uno de los servicios afectados correrá a cargo del Consultor, el cual podrá elaborarlo por sí mismo, o bien por intervención de otros técnicos especialistas, o bien asesorado por la propia Entidad afectada.

En cualquier caso, la solución adoptada deberá contar con la aprobación expresa de la Entidad o Empresa titular del servicio en cuestión, y con la conformidad del MTOP.

### **2.23.3 DEFINICIÓN Y VALORACIÓN DE LAS REPOSICIONES EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES DEL PROYECTO**

Toda la información recogida y proyectada, relativa a los servicios afectados, se sintetizará en unas fichas resumen que se incorporarán al Anejo "Reposición de Servicios", con independencia del resto de la documentación (Planos, comunicaciones, etc) general y justificativa de los Servicios Afectados por las Obras.

#### **2.23.3.1 Planos**

Los planos integrantes de los distintos estudios de reposición de servicios pasarán a formar parte de los planos del Estudio.

#### **2.23.3.2 Especificaciones Técnicas Particulares**

El P.P.T.P. del Estudio incluirá la definición exacta de todas y cada una de las unidades de obra necesarias para la ejecución material de las restituciones proyectadas, las especificaciones de calidad que deben de cumplir los materiales empleados, así como la forma de medición y abono, haciendo referencia expresa a los precios del Cuadro de Precios N° 1 que sean de aplicación en cada caso.

#### **2.23.3.3 Cuadros de Precios**

El Cuadro de Precios N° 1 deberá incluir los precios unitarios de ejecución material correspondientes a todas y cada una de las unidades de obra incluidas en los proyectos de reposición de servicios y el Cuadro de Precios N° 2 reflejará su descomposición reglamentaria correspondiente.

### **2.23.3.4 Presupuestos**

Los distintos presupuestos de reposición de los diferentes servicios afectados se incorporarán como presupuestos parciales dentro del Capítulo General de Reposición de Servicios, cuyo importe total se incorporará al resto de los capítulos del Presupuesto del Estudio.

### **2.24 PLAN DE OBRAS**

Se elaborará un Programa de Trabajos, haciendo constar el carácter meramente indicativo que tendrá esta programación.

El plan de trabajos se confeccionará teniendo en cuenta las actividades correspondientes a las unidades de obra más importantes, los equipos más adecuados para su ejecución y sus rendimientos medios previsibles, y la lógica del proceso de construcción de las obras.

Se adjuntará un diagrama de barras representativo del desarrollo de las obras, justificativo del plazo total estimado para la terminación de las mismas, con indicación de las inversiones previstas en cada actividad y mes durante todo el plazo de ejecución.

### **2.25 ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO**

Las actividades de mantenimiento rutinario de corto plazo, deben ser incorporadas en los contratos de rehabilitación del programa para un período de 2 años, a partir de la terminación de los trabajos de rehabilitación. El primer año con costos a cargo del contratista y los dos años con costos estimados por el diseñador.

#### **2.25.1 OBJETO:**

Descripción de trabajos, alcance, metodología, cálculos, planos, conclusiones y recomendaciones que se deben adelantar para programar las diferentes actividades de mantenimiento rutinario con horizonte de diseño de tres años (limpieza de obras de arte mayor, menor y derrumbes; roza a mano y/o roza a máquina dentro de derecho de vía; inspección y mantenimiento de puentes; bacheo y sellado de grava o asfalto; recapeo mínimo local; reposición de relleno; reconfirmación de rasante; señales y demarcación; sello de fisuras y otras actividades) para la red vial, tanto asfaltadas como de grava y de tierra, tomando en cuenta los nuevos Términos de Referencia de **SAMR**, preparados por el MTOP y que se hallan en estado de implementación.

#### **2.25.2 ALCANCE DE TRABAJO:**

Recopilación y análisis de información respecto a (según la característica de cada proyecto y los criterios del Consultor):

- Fechas de construcción de la vía y diseño del pavimento original
- Fechas de las obras de rehabilitación emergente, incluyendo drenaje, refuerzos, controles de los materiales y mezclas utilizadas
- Volúmenes de tránsito, composición vehicular y estacionalidad
- Características geológicas, geotécnicas, topográficas, climáticas, hidrología-drenaje y ambientales
- Fuentes locales de materiales disponibles para mantenimiento rutinario
- Equipo mecánico necesario y sus costos de operación para el mantenimiento rutinario
- Registro histórico de costos unitarios y de costos actuales de mantenimiento rutinario.

### **2.25.3 EVALUACIÓN AMBIENTAL**

Se deberá formular un Plan Ambiental de mantenimiento, el cual estará orientado a prevenir, mitigar y corregir los posibles impactos ambientales y sociales que el desarrollo del proyecto pueda generar.

Se presentará el presupuesto específico para el desarrollo de las medidas ambientales del proyecto, de forma tal que se integre al presupuesto general del proyecto.

### **2.25.4 CANTIDADES DE OBRA Y ESPECIFICACIONES**

Calcular las cantidades de obra anuales para las diferentes actividades de mantenimiento rutinario, para cada tramo y agregadas para cada carretera del proyecto, dado el nivel de tránsito y las condiciones actuales de la red vial.

Elaborar las especificaciones particulares, cuando los trabajos a realizar no estén cubiertos por las especificaciones y normas generales vigentes, o cuando las características especiales de la actividad lo requieran.

Los documentos finales deben incluir los procedimientos para el control de calidad y las instrucciones específicas a realizarlo.

### **2.25.5 PLANES Y CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Preparar planes a nivel de la red vial y a nivel de proyecto incluyendo el cronograma de las diferentes actividades de mantenimiento rutinario en términos de cantidades de obra y el presupuesto requerido, con el objeto de garantizar el acceso adecuado, minimizar los inconvenientes al tránsito en general y evitar sobrecoseos. Así mismo, deberá determinarse la frecuencia más aconsejable para la realización de dichas actividades de mantenimiento rutinario.

El Consultor presentará un Informe final de mantenimiento e incluirá en el Presupuesto del Estudio el costo del mantenimiento rutinario del primer año.

## **2.26 SEGURIDAD Y SALUD**

El proyecto deberá incluir un estudio de seguridad y salud.

El estudio contendrá, como mínimo, los siguientes documentos:

a) Memoria descriptiva de los procedimientos, equipos técnicos y medios auxiliares que hayan de utilizarse o cuya utilización pueda preverse; identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas técnicas necesarias para ello; relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

Asimismo, se incluirá la descripción de los servicios sanitarios y comunes de que deberá estar dotado el centro de trabajo de la obra, en función del número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

En la elaboración de la memoria habrán de tenerse en cuenta las condiciones del entorno en que se realice la obra, así como la tipología y características de los materiales y elementos que hayan de utilizarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos.

b) Pliego de condiciones particulares en el que se tendrán en cuenta las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones técnicas propias de la obra de que se trate, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

c) Planos en los que se desarrollarán los gráficos y esquemas necesarios para la mejor definición y comprensión de las medidas preventivas definidas en la memoria, con expresión de las especificaciones técnicas necesarias.

d) Mediciones de todas aquellas unidades o elementos de seguridad y salud en el trabajo que hayan sido definidos o proyectados.

e) Presupuesto que cuantifique el conjunto de gastos previstos para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud.

El presupuesto para la aplicación y ejecución del estudio de seguridad y salud deberá cuantificar el conjunto de gastos previstos, tanto por lo que se refiere a la suma total como a la valoración unitaria de elementos, con referencia al Cuadro de Precios sobre el que se calcula. Sólo podrán figurar partidas alzadas en los casos de elementos u operaciones de difícil previsión.

El presupuesto del estudio de seguridad y salud deberá ir incorporado al presupuesto general de la obra como un capítulo más del mismo.

No se incluirán en el presupuesto del estudio de seguridad y salud los costes exigidos por la correcta ejecución profesional de los trabajos, conforme a las normas reglamentarias en vigor y los criterios técnicos generalmente admitidos, emanados de organismos especializados.

El estudio de seguridad y salud deberá tener en cuenta, en su caso, cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la obra.

En todo caso, en el estudio de seguridad y salud se contemplarán también las previsiones y las informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

El estudio de seguridad y salud se encuadrará en tomo independiente.

### **Personal de empresa que elabore el proyecto**

Contará con un coordinador de Seguridad y Salud durante la fase de proyecto que velará por el cumplimiento de la normativa vigente en esta materia.

### **Organización del equipo de trabajo**

Se deberá presentar una relación del personal técnico asignado a la asistencia técnica en cuestión, indicando el cometido a realizar, vínculo con la empresa, solvencia técnica, grado de dedicación, así como los Currículum Vitae, con especial atención al del Autor del Proyecto y al del Coordinador de Seguridad y Salud durante la elaboración del proyecto.

## **2.27 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA**

Se propondrá la clasificación exigible al Contratista para poder licitar en la contratación de las

obras proyectadas, en cumplimiento de lo previsto en la legislación vigente.

Se señalarán los grupos, subgrupos y categorías en que deban estar clasificados los contratistas que, en su día, opten a la adjudicación del contrato de ejecución de las obras objeto del proyecto.

## **2.28 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**

El anejo de Justificación de Precios carecerá de carácter contractual y su objeto será acreditar ante la Administración la situación del mercado y servir de base para la confección de los Cuadros de Precios números 1 y 2.

En este anejo se presentará la justificación del cálculo de los precios adoptados, las bases fijadas para la valoración de las unidades de obra y de las partidas alzadas propuestas.

## **2.29 PRESUPUESTO DE INVERSIÓN**

Se especificará en este Anejo el resumen de los capítulos del Presupuesto Directo de Construcción y se obtendrá el Presupuesto Referencial de Construcción, que englobará los siguientes conceptos:

- PRESUPUESTO DIRECTO DE CONSTRUCCIÓN
- TRAMITACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL
- FISCALIZACIÓN DE LAS OBRAS (2% PDC excepto equipamiento)
- EXPROPIACIÓN E INDEMNIZACIONES
- COSTOS POR IMPREVISTOS GENERALES (5% S/Todos los capítulos excepto 7% Trabajos Previos y Explanación y Movimiento de Tierras)

## **2.30 FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS**

Se propondrá la fórmula tipo de revisión de precios aplicable en el contrato para la ejecución de las obras proyectadas.

## **2.31 VALORACIÓN DE ENSAYOS**

A partir de las mediciones correspondientes a las unidades de obra fundamentales del proyecto se calculará el número de ensayos a prever para cada una de las unidades de obra seleccionadas: primero, en el proceso de autocontrol totalmente a cargo del Contratista; y luego, a cargo del control de asistencia técnica a la Dirección de la Obra, como un porcentaje de aquel número, el correspondiente a los ensayos de contraste a iniciativa del Director de las Obras. La valoración de éstos últimos, establecida de acuerdo con las tarifas ordinarias vigentes, será el importe final a determinar.

## **2.32 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.**

El Estudio contemplará la identificación, estimación de cantidades, las medidas para la prevención de la generación, separación, clasificación y recogida selectiva así como las operaciones de gestión a las que serán destinados los residuos que se generen como consecuencia de desmontajes y demoliciones así como los sobrantes de materiales de ejecución

de la obra y envases y embalajes de dichos materiales.

### **2.33 DOCUMENTOS N° 3 Y 4. CANTIDADES DE OBRA, ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

Las cantidades de obra, análisis de precios unitarios y especificaciones técnicas se corresponderán estrechamente y estarán compatibilizadas entre sí, en los procedimientos constructivos, métodos de medición y bases de pago. El criterio general para desarrollar cada uno de los aspectos, será bajo el concepto de Licitación a Precios Unitarios.

Los precios unitarios serán calculados para cada rubro, tomando en cuenta los costos de equipo, mano de obra, materiales y productividad.

Las cantidades de obra se efectuarán, considerando los rubros de obra a ejecutarse, la unidad de medida, los diseños propuestos indicados en los planos de planta de perfil longitudinal, secciones transversales, cortes longitudinales, diseños y detalles constructivos específicos.

La definición de rubros de obra y el cálculo de las cantidades de obra deben ser precisos y estar dentro de un rango razonable de las cantidades de obra reales, definido como  $\pm 5\%$  de dichas cantidades reales.

Los análisis de precios unitarios se efectuarán para cada partida del proyecto, considerando la composición de mano de obra, equipo, materiales y rendimiento correspondientes. Los análisis se efectuarán detallados, tanto para los costos directos, como los indirectos (gastos generales fijos, variables, utilidad). El Presupuesto de obra deberá ser calculado basado en las cantidades de obra y los análisis de precios unitarios, diferenciando los costos directos, indirectos y los impuestos que correspondan.

Las Especificaciones Técnicas serán desarrolladas para cada rubro del proyecto, incluyendo el rubro de revisión de los estudios, en términos de especificaciones particulares, tendrán como base las recomendaciones y soluciones formuladas por cada especialista, así como las Especificaciones para la Construcción de Carreteras de la AASHTO o ASTM, las Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes del MTOP con sus complementaciones y/o modificaciones. Incluirá el control de calidad, ensayos durante la ejecución de obra y criterios de aceptación o rechazo; así mismo los controles para la recepción de la obra; también incluirá los aspectos referidos a la conservación del medio ambiente.

Las cantidades de obra y presupuesto referencial, deberán presentarse por Kilómetro y el global.

El Consultor justificará las cantidades de obra, presentando la metodología y criterios de cálculo de cada uno de los rubros.

### **3 DIRECTOR DE PROYECTO**

Será responsable de la Dirección técnica del proyecto, manteniendo reuniones de trabajo con los especialistas del estudio y con los supervisores del MTOP.

### **4 PLAZO Y PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS**

El Estudio se ejecutará en un plazo máximo de XXXX calendario.

En este plazo no se incluye el período de revisión y subsanación de observaciones al Borrador del Informe Final.

El Consultor presentará:

1. Un diagrama de barras, mostrando las tareas a realizar y las metas a cumplir.
2. Una programación PER-CPM, mostrando los tiempos de ejecución de las tareas a realizar y la ruta crítica correspondiente.
3. Un programa de asignación de recursos tanto de personal como de equipos, materiales y otros necesarios para cada tarea, mostrando el tiempo y oportunidad de utilización de los recursos.

La programación se efectuará utilizando el Software MS Project en base a días calendario e indicará claramente el tiempo de ejecución de cada tarea dentro del plazo establecido.

Se asumirá que la revisión deberá tomar aproximadamente 15 días, si los informes son rechazados en su totalidad y devueltos el tiempo perdido podrá ser sujeto de multa.

NOTA: Si por convenir a los intereses del estado, el Administrador del Estudio, con siete meses de anticipación a la culminación del plazo contractual, podrá notificar al Consultor que el estudio se lo realice hasta la etapa Preliminar

## 5 PRODUCTO ESPERADO

El Consultor entregará la documentación de planos e informes en original y dos copias, con el respectivo respaldo magnético y fotografías.

Los entregables finales serán:

- Estudio definitivo de ingeniería.
- El Consultor deberá entregar el respaldo magnético con los archivos<sup>15</sup> correspondientes al Estudio, en una forma ordenada y con una memoria explicativa indicando la manera de reconstruir totalmente el Informe Final.

Así mismo el Consultor entregará los videos y fotografías tomadas a la vía, especialmente de los sitios conflictivos, superficie de rodadura, drenajes, puentes, taludes inestables, etc.

Cada informe será numerado por separado según su contenido y tendrá en su página final una fecha de entrega, un nombre y firma del especialista responsable y las observaciones que sean necesarias.

### 5.1 PLANOS

Los planos tendrán una presentación y tamaño uniforme, debiendo ser entregados debidamente protegidos en porta planos que los mantengan unidos pero que permitan su fácil desglosamiento.

---

<sup>15</sup> Los archivos no deben ser de solo lectura



Deberán estar identificados por una numeración y codificación adecuada y mostrarán la fecha, sello y firma del Director del Proyecto.

Los planos tendrán una presentación y tamaño uniforme, debiendo ser entregados debidamente protegidos en portaplanos que los mantengan unidos pero que permitan su fácil desglosamiento.

Deberán estar identificados por una numeración y codificación adecuada y mostrarán la fecha, sello y firma del encargado del Proyecto.

Sin estar limitados a la relación que a continuación se detalla, los planos más importantes y su contenido serán los siguientes:

1. Informe general e índice de planos.
2. Plano de ubicación en cartas del IGM, mostrando las vías, centros poblados y proyectos más importantes, dentro del área de influencia del estudio.
3. Plano de secciones tipo, escala 1: 50 (H) y 1:5 (V) indicando todas las dimensiones y demás características de las obras incluidas en la sección transversal de la carretera, tales como ancho y espesor de las distintas capas del pavimento, bermas, cunetas y drenes, inclinación de los taludes, zanjas de coronación o de pie de talud, ancho del Derecho de Vía, etc.
4. Planos de Planta y Perfil del proyecto a escalas 1:1000 (H) y 1:100 (V) y con la nomenclatura requerida por las Normas Ecuatorianas. En los planos de planta se indicarán las referencias de los PI, límites de Derecho de Vía, la ubicación de alcantarillas, muros, zanjas de coronación y drenaje, guardavías y otras obras complementarias importantes. Sobre los de perfil se señalarán la ubicación y referencia de los BM, alcantarillas, pontones y otras estructuras.
5. Diagrama de masas, señalando las compensaciones de volúmenes, las distancias parciales de transporte y la clasificación de los materiales. Escala horizontal 1: 25.000.
6. Planos a escala variable según diseño de estructuras de drenaje y obras de arte (alcantarillas, muros, cunetas, revestidas y subdrenaje, etc) con tablas de cantidades correspondientes a los distintos rubros que se incluyen en el presupuesto.

## 5.2 INFORMES

Todos los informes deberán tener un formato de texto homogéneo y contener índice, lista de tabla, y lista de figuras. Todas las páginas deberán estar numeradas. El equipo Consultor podrá adoptar un estilo de formato conocido, tal como APA, MLA, entre otros. Adicionalmente, los textos citados deberán estar bajo los estándares APA o MLA.

Se entregará

A. **DOCUENTO FINAL BORRADOR:** El borrador del Informe Final, se presentará a la fecha de finalización del plazo del contrato.

B. **DOCUMENTO FINAL DEFINITIVO:** Informe Final, se presentará después de la aprobación del borrador del Informe Final por el MTOP.

El Documento Final se presentará en hojas de tamaño INEN A4, debidamente anillado,

empastado o encuadernado.

Los planos serán presentados en tamaño INEN. Los planos originales y sus copias deberán estar debidamente ordenados y empastados, de modo que permitan su fácil desglosamiento para hacer reproducciones.

- Las observaciones y/o correcciones que se hagan al Borrador del Informe Final, deben considerarse en la presentación del Informe Final.

- Toda la documentación que se presente deberá tener un índice y numeración de páginas, así mismo mostrará el sello y visación del encargado del Proyecto; cada Especialista visará en señal de conformidad, los documentos de su especialidad.

En la Memoria Descriptiva, se incluirá una relación de todos los profesionales responsables en cada actividad del proyecto; esta relación mostrará especialidad, nombre, registro profesional y firma.

### **5.3 PLAZO Y PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS**

El Estudio del proyecto hasta el nivel preliminar se ejecutará en un plazo máximo de determinado por el Ministerio de XX meses calendario. En este plazo no se incluye el período de revisión y subsanación de observaciones al borrador de los informes.

Además el Equipo Consultor presentará:

- Un diagrama de barras, mostrando las tareas a realizar y las metas a cumplir (debe entregarse en la Oferta y deberá ajustarse si es el caso durante los primeros 15 días de adjudicación del contrato).
- Una programación PERT-CPM, mostrando los tiempos de ejecución de las tareas a realizar y la ruta crítica correspondiente.
- Un programa de asignación de recursos tanto de personal como de equipos, materiales y otros necesarios para cada tarea, mostrando el tiempo y oportunidad de utilización de los recursos.

La programación se efectuará utilizando el Software MS Project en base a días calendario e indicará claramente el tiempo de ejecución de cada tarea dentro del plazo establecido. Los plazos de las etapas no podrán ser mayores a los indicados abajo:

---

Entrega de informe final para aprobación .

xx días

---

Se asumirá que la revisión deberá tomar aproximadamente 15 días, si los informes son rechazados en su totalidad y devueltos el tiempo perdido podrá ser sujeto de multa.

### **5.4 OTROS DOCUMENTOS QUE PRESENTARA EL CONSULTOR COMO PARTE DEL INFORME FINAL**

Resumen Ejecutivo del proyecto

Volumen de Análisis de Precios unitarios

Libretas de Trazos y Anexos

El Consultor deberá entregar las libretas de trazo, nivelación y secciones transversales; o listados de los datos de relevamiento topográfico, así mismo una relación de los BM, PI y sus referencias; hojas de cálculo, diagramas, tablas y gráficos que hayan servido para la producción de los documentos presentados.

En información magnética (CDs, fotografías)

El Consultor deberá entregar los "CDs", utilizables y modificables, sin protección de datos contra el acceso ( **no de lectura** ), con los archivos correspondientes al Estudio, en una forma ordenada y con una memoria explicativa, indicando la manera de reconstruir totalmente el Informe Final, utilizando los parámetros finales de diseño, incluyendo costos relacionados con la seguridad vial.

## **6 REPRODUCCIONES**

### **6.1 JUEGO DE PLANOS**

Los entregables una vez aprobados y legalizados se entregarán debidamente encarpados en original y 2 copias

### **6.2 INFORMES DEFINITIVOS (INCLUYE CD'S DE INFORMES Y PLANOS)**

Una vez que el estudio esté aprobado y previa comunicación del Director de Estudios, deberá entregar en forma impresa y digital en original y seis copias de todos los entregables y estudios realizados.

## **7 REVISIÓN DE INFORMES**

El MTOP revisará los Informes dentro de los 8 (ocho) días útiles siguientes a la recepción de los mismos y comunicará al Consultor de ser el caso, sus observaciones. El Consultor tendrá 15 (quince) días calendario siguientes a la recepción de la comunicación del MTOP, para subsanar o aclarar las observaciones del MTOP.

- Al presentar el Informe Final del Estudio, el Consultor devolverá al MTOP, toda la documentación recibida para el cumplimiento de sus obligaciones contractuales.
- La documentación que se genere durante la ejecución del Estudio constituirá propiedad del MTOP y no podrá ser utilizada para fines distintos a los del Estudio, sin consentimiento escrito del MTOP.

## **8 CALENDARIO DE PAGOS**

El calendario de pagos se efectuará de acuerdo a lo siguiente:

- a. Anticipo: 30% del valor del contrato. Previa presentación de la garantía por el Consultor y dentro de los primeros quince (15) días posteriores a la firma del contrato.
- b. Planillas: Se elaborarán en forma mensual y estarán de acuerdo al cronograma de planillaje.

## **9 RESPONSABILIDAD DEL CONSULTOR**

El Consultor asumirá la responsabilidad técnica total por los servicios profesionales prestados, para la elaboración del Estudio Definitivo, de acuerdo a la LEY ORGANICA DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTRATACION PUBLICA Y SU REGLAMENTO GENERAL (Agosto de 2008), Capítulo XI, RESPONSABILIDADES: Artículo 100. (Responsabilidad de los Consultores)

El Consultor, será responsable de dar información precisa de todos los ensayos geotécnicos y su fecha de ejecución, su localización ( $\pm 50$  cm.) en la época del diseño, con el fin de poder comprobar los resultados de los ensayos, en la etapa de ejecución de la obra y efectuar reclamos.

La revisión de los documentos y planos por parte del MTOP, durante la elaboración del Estudio, no exime al Consultor de la responsabilidad final y total del mismo.

El Consultor, también será responsable por la precisión de las cantidades de obra del proyecto, los cuales deben estar dentro de un rango razonable, definido como  $\pm 5\%$  de dichas cantidades de obra reales. Como consecuencia de la precisión del proyecto, el costo real final de obra, deberá estar dentro del rango de  $\pm 5\%$  del costo total inicial de la obra.

En atención a que el Consultor, es el responsable absoluto del Estudio que realiza, deberá garantizar la calidad del Estudio y responder del trabajo realizado, de acuerdo a las normas legales durante los siguientes (5) años desde la fecha de aprobación del Informe Final por parte del MTOP; por lo que, en caso de ser requerido para cualquier aclaración o corrección, no podrá negar su concurrencia.

En caso de no concurrir a la citación, se hará conocer su negativa inicialmente al Ministro de Transporte y Obras Públicas o la Contraloría General del Estado, a los efectos legales consiguientes, en razón a que el servicio prestado es un acto administrativo, por el cual es responsable ante el Estado.

## **10 RECURSOS MÍNIMOS HUMANOS, EQUIPAMIENTOS Y OPERACIONALES QUE DEBERÁ PROPORCIONAR EL CONSULTOR**

### **Dirección del proyecto**

#### **Director del Proyecto.-**

Funciones: Servirá de Punto de Enlace entre las autoridades del MTOP y la Empresa Consultora, adicionalmente coordinará con los diferentes especialistas y llevará un control de avance del proyecto. Su principal responsabilidad será la dirección técnica y la coordinación de las diferentes áreas para asegurar que el cumplimiento del cronograma de trabajos, calidad, y sustento técnico científico de los estudios realizados guarden estricta concordancia con los objetivos de este Estudio.

Experiencia: Ingeniero Civil (o especialista a fin), con estudios a nivel de maestría en Vialidad, con conocimientos en diferentes áreas tales como diseño vial, pavimentos, tráfico, construcción, y entre los principales. Sera favorablemente considerado conocimiento y experiencia en estudios de vías y proyectos bajo modalidad de concesión. Mínimo experiencia en dirección de 5 proyectos de similar o mayor complejidad y costo.

### **Personal Especializado**

Enseguida se presenta un cuadro conteniendo un listado mínimo de los especialistas que requiere la realización de estos estudios. La compañía consultora podrá justificar la incorporación de otros especialistas y personal de técnico de apoyo.

### **Personal auxiliar**

Contar con todo el personal necesario administrativo y de servicio, a fin de cumplir con todos los requerimientos solicitados en este estudio.

### **Recursos Operacionales**

Contar con todo el equipo necesario, a fin de cumplir con todos los requerimientos solicitados en este estudio y que satisfaga las exigencias de las bases de la contratación y ejecución de los estudios.

Para la prestación de los servicios correspondientes a la elaboración del Estudio, el Equipo Consultor utilizará el personal profesional calificado especificado en su Propuesta Técnica, no estando permitido cambios, salvo por razones de fuerza mayor debidamente justificadas y aprobadas por el MTOP en todos los casos, sólo se podrá aceptar cambios de personal con iguales o mejores calificaciones y experiencia que el personal previamente comprometido en la oferta. En estos casos, la empresa de consultoría deberá proponer al MTOP, con diez (10) días útiles de anticipación, el cambio del personal, a fin de obtener la aprobación del mencionado cambio, adjuntando el Curriculum Vitae respectivo.

El incumplimiento por parte del Consultor, de lo señalado en los presentes Términos de Referencia, conlleva a la aplicación de las medidas sancionatorias previstas en las Bases del Concurso y/o en el contrato respectivo.

### **Lista del Personal Clave**

1. Un ingeniero civil Director o Jefe del Proyecto (además de la dirección del proyecto se encargará de la ejecución de los trabajos de señalización, supervisión del diseño del túnel y mantenimiento). 100%
2. Un ingeniero civil experto en tráfico 25%
3. Un ingeniero civil experto en diseño vial. 40%
4. Un ingeniero civil vial de campo 50%
5. Un ingeniero especialista en túneles. 40%
6. Un ingeniero civil especialista en costos 25%
7. Un ingeniero civil experto en hidráulica e hidrología.40%
8. Un ingeniero geólogo especialista en Estudios geológico-geotécnicos 40%
9. Un ingeniero civil especialista en geotecnia y pavimentos 40 %
10. Un ingeniero civil o ambiental experto en Impactos Ambientales con experiencia en estudios e infraestructura vial 40%
11. Un ingeniero civil especialista en estructuras. 40%
12. Un economista (especialista en socio-economía y transportes) 25%

13. Un ingeniero en administración de empresas con especialidad en finanzas. 20%
14. Un abogado especialista en contratación pública y concesiones. 30%
15. Un biólogo 25%
16. Un sociólogo 30%
17. Un arqueólogo 30%
18. Un ingeniero eléctrico (Intervendrá en el diseño de Iluminación de los Puentes) 25%
19. Un ingeniero mecánico. 20%
20. Un equipo técnico de apoyo 30%

### **Recursos Operacionales**

- Equipo de ingeniería y computación
- Laboratorio de suelos y pavimentos
- Vehículos para el transporte del personal
- Oficina en la sede.

Para la prestación de los servicios correspondientes a la elaboración del Estudio, el Consultor utilizará el personal profesional calificado especificado en su Propuesta Técnica, no se permitirán cambios, salvo por razones de fuerza mayor debidamente comprobadas. En estos casos, el Consultor deberá proponer al MTOP, con diez (10) días útiles de anticipación, el cambio de personal, a fin de obtener la aprobación del mencionado cambio.

El incumplimiento por parte del Consultor, de lo señalado en los presentes Términos de Referencia, conlleva a la aplicación de las multas señaladas en las Bases del Concurso y/o en el contrato respectivo.

## **11 MARCO LEGAL**

El procedimiento precontractual y el contrato de consultoría se regirán, en lo no estipulado en las referidas normas, por las siguientes leyes de la República del Ecuador:

- Ley Orgánica del Sistema Nacional de Contratación Pública y Su Reglamento General Agosto 2008
- Código del Trabajo
- Ley de Seguro Social Obligatorio
- Leyes de Ejercicio Profesional de las Ingenierías; y,
- Otras leyes nacionales aplicables, según el objeto de los servicios de consultoría.

## 12 PRESUPUESTO REFERENCIAL

Los fondos disponibles asignados para la contratación de los estudios de los servicios de Consultoría, para la autopista XXXX alcanza el total de XXXX, que incluye el reajuste de precios por un valor de **xxxxx**



## 13 CONTENIDO

1	ANTECEDENTES .....	1
1.1	Antecedentes Generales .....	1
1.2	Generalidades del Proyecto .....	2
1.3	Ubicación .....	3
1.4	Condiciones Existentes .....	3
1.5	Características Generales Propuestas .....	3
1.6	Descripción.....	4
1.7	Objeto de los Servicios de Consultoría .....	4
2	ALCANCE Y PROFUNDIDAD DE LOS SERVICIOS DE CONSULTORÍA DEL ESTUDIO DE INGENIERÍA DEFINITIVO .....	4
2.1	DOCUMENTOS INTEGRANTES DEL ESTUDIO .....	5
2.1.1	DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA Y ANEJOS.....	5
2.1.2	DOCUMENTO Nº 2. PLANOS.....	6
2.1.3	DOCUMENTO Nº 3. PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES .	8
2.1.4	DOCUMENTO Nº 4. PRESUPUESTO .....	8
2.2	CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA .....	9
2.2.1	INTRODUCCIÓN .....	9
2.2.2	VUELO .....	9
2.2.3	TRABAJOS DE TOPOGRAFÍA DE CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE CARTOGRAFÍA 1/1.000 .....	19
2.2.4	RESTITUCIÓN .....	29
2.2.5	ORTOFOTOGRAFÍA DIGITAL.....	32
2.2.6	TRABAJOS TOPOGRÁFICOS DE CAMPO ADICIONALES .....	35
2.3	GEOLOGÍA Y PROCEDENCIA DE MATERIALES .....	40
2.3.1	ESTUDIO GEOLÓGICO .....	40
2.3.2	PRÉSTAMOS, YACIMIENTOS GRANULARES Y CANTERAS.....	41
2.3.3	INSTALACIONES DE SUMINISTRO .....	43
2.3.4	PROCEDENCIA DE MATERIALES .....	44

2.4	EFFECTOS SÍSMICOS .....	44
2.5	CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA .....	44
2.5.1	CLIMATOLOGÍA .....	45
2.5.2	HIDROLOGÍA .....	46
2.6	PLANEAMIENTO .....	48
2.7	TRÁFICO .....	48
2.7.1	ANÁLISIS DE TRÁFICO .....	48
2.8	ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR .....	50
2.8.1	ESTABLECIMIENTO DE LA CAMPAÑA GEOTÉCNICA A REALIZAR: RELLENOS, DESMONTES Y PRÉSTAMOS .....	50
2.8.2	PREPARACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN .....	57
2.8.3	REDACCIÓN DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO DEL CORREDOR .....	58
2.8.4	ESTUDIO DE SUELOS DE SUBRASANTE CADA 500 METROS. ....	60
2.9	DISEÑO Y DIBUJO PROYECTO HORIZONTAL Y VERTICAL DEFINITIVOS, INCLUYE FAJA TOPOGRÁFICA .....	61
2.9.1	TRAZADO EN PLANTA .....	62
2.9.2	TRAZADO EN ALZADO .....	63
2.9.3	ESTUDIO DE VISIBILIDAD EN PLANTA Y ALZADO .....	63
2.9.4	SECCIONES TRANSVERSALES TIPO .....	63
2.9.5	INTERCAMBIADORES Y VÍAS DE SERVICIO .....	63
2.9.6	PERFILES TRANSVERSALES .....	64
2.10	MOVIMIENTOS DE TIERRAS .....	64
2.10.1	CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES .....	64
2.10.2	COMPENSACIÓN DE LAS EXPLANACIONES .....	64
2.10.3	PRÉSTAMOS Y VERTEDEROS .....	65
2.10.4	RESUMEN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS .....	65
2.10.5	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS DE LAS UNIDADES DE OBRA DEL CAPÍTULO DE EXPLANACIONES .....	65
2.11	DISEÑO DEL PAVIMENTO .....	66
2.12	DRENAJE .....	67

2.12.1	CÁLCULO DE CAUDALES.....	67
2.12.2	DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES (LONGITUDINAL).....	68
2.12.3	DRENAJE TRANSVERSAL .....	69
2.12.4	DRENAJE SUBTERRÁNEO.....	73
2.12.5	DEFINICIÓN DE LAS OBRAS DE DRENAJE EN LOS PLANOS .....	73
2.13	ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS Y EJECUCIÓN DE TÚNELES .....	74
2.13.1	ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS.....	75
2.13.2	ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LOS TÚNELES .....	79
2.14	ESTRUCTURAS Y TÚNELES.....	87
2.14.1	ESTRUCTURAS.....	87
2.14.2	TÚNELES.....	91
2.15	SOLUCIONES PROPUESTAS AL TRÁFICO DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	99
2.15.1	DESVÍO GENERAL A TRAVÉS DE ITINERARIOS ALTERNATIVOS .....	99
2.15.2	DESVÍOS PROVISIONALES .....	100
2.16	SEÑALIZACIÓN, BALIZAMIENTO Y DEFENSAS .....	100
2.16.1	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL .....	100
2.16.2	SEÑALIZACIÓN VERTICAL .....	101
2.16.3	BALIZAMIENTO .....	102
2.16.4	BARRERAS DE SEGURIDAD.....	103
2.17	INTEGRACIÓN AMBIENTAL .....	103
2.17.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	104
2.17.2	PROGRAMA DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO DEL PROYECTO .....	105
2.18	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	106
2.18.1	ILUMINACIÓN.....	106
2.18.2	CERRAMIENTOS.....	107
2.18.3	POSTES S.O.S. ....	107
2.18.4	ÁREAS DE SERVICIO .....	108
2.19	REPLANTEO .....	108

2.19.1	BASES DE REPLANTEO .....	108
2.19.2	REPLANTEO DEL EJE CADA 20 METROS .....	108
2.19.3	REPLANTEO DE LAS ESTRUCTURAS .....	108
2.20	COORDINACIÓN CON OTROS ORGANISMOS Y SERVICIOS .....	109
2.21	REPOSICIÓN DE CAMINOS .....	109
2.21.1	CRITERIOS GENERALES .....	109
2.22	EXPROPIACIONES E INDEMNIZACIONES .....	110
2.22.1	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS.....	110
2.22.2	CONTENIDO DE LOS EXPEDIENTES DE LAS EXPROPIACIONES .....	110
2.22.3	PRESUPUESTOS .....	111
2.22.4	CONTENIDO DEL EXPEDIENTE DE EXPROPIACIONES A INCLUIR EN EL ESTUDIO .....	112
2.23	REPOSICIÓN DE SERVIDUMBRES Y SERVICIOS .....	112
2.23.1	IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS AFECTADOS .....	112
2.23.2	DISEÑO DE REPOSICIONES .....	113
2.23.3	DEFINICIÓN Y VALORACIÓN DE LAS REPOSICIONES EN LOS DOCUMENTOS CONTRACTUALES DEL PROYECTO .....	113
2.24	PLAN DE OBRAS .....	114
2.25	ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO RUTINARIO Y PERIÓDICO .....	114
2.25.1	OBJETO: .....	114
2.25.2	ALCANCE DE TRABAJO:.....	114
2.25.3	EVALUACIÓN AMBIENTAL .....	115
2.25.4	CANTIDADES DE OBRA Y ESPECIFICACIONES .....	115
2.25.5	PLANES Y CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	115
2.26	SEGURIDAD Y SALUD .....	115
2.27	CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA .....	116
2.28	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS .....	117
2.29	PRESUPUESTO DE INVERSIÓN .....	117
2.30	FÓRMULA DE REVISIÓN DE PRECIOS .....	117
2.31	VALORACIÓN DE ENSAYOS.....	117

2.32	ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. ....	117
2.33	DOCUMENTOS Nº 3 Y 4. CANTIDADES DE OBRA, ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	118
3	DIRECTOR DE PROYECTO .....	118
4	PLAZO Y PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS.....	118
5	PRODUCTO ESPERADO .....	119
5.1	PLANOS .....	119
5.2	INFORMES.....	120
5.3	PLAZO Y PROGRAMACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE LOS ESTUDIOS .....	121
5.4	OTROS DOCUMENTOS QUE PRESENTARA EL CONSULTOR COMO PARTE DEL INFORME FINAL .....	121
6	REPRODUCCIONES.....	122
6.1	JUEGO DE PLANOS .....	122
6.2	INFORMES DEFINITIVOS (INCLUYE CD'S DE INFORMES Y PLANOS) .....	122
7	REVISIÓN DE INFORMES.....	122
8	CALENDARIO DE PAGOS .....	122
9	RESPONSABILIDAD DEL CONSULTOR .....	123
10	RECURSOS MÍNIMOS HUMANOS, EQUIPAMIENTOS Y OPERACIONALES QUE DEBERÁ PROPORCIONAR EL CONSULTOR .....	123
11	MARCO LEGAL.....	125
12	PRESUPUESTO REFERENCIAL .....	126
13	CONTENIDO .....	127