



Evaluación de alternativas para la construcción de infraestructura civil

Edward Alex Rodríguez Barreda



NOVO MUNDO

Edward Alex Rodríguez Barreda

Perfil: Arquitecto especialista en Planificación Urbana y Gestión de infraestructuras civiles.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4942-2656>

Afiliación: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL



Edward Alex Rodríguez Barreda

Todas nuestras publicaciones son sometidas a revisión doble-ciego de pares externos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación cuenta con licencia Creative Commons Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 3.0 Unported License.



ISBN: 978-9942-7270-0-8

© Edward Alex Rodríguez Barreda

2024

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13285692>

© Editorial Novo Mundo

Guayaquil, Ecuador.

www.editorialnovomundo.com

Queda prohibida la reproducción bajo cualquier modalidad de toda o una parte de esta obra sin autorización expresa del titular de los derechos.

Diseño de carátula y composición: Editorial Novo Mundo

Edición electrónica: Editorial Novo Mundo

Editado en Ecuador/ *Published in Ecuador*

EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA CIVIL



Edward Alex Rodríguez Barreda

PRÓLOGO

La construcción se ha plasmado como un hecho histórico fascinante de la humanidad que ha vivenciado una transformación notoria en su proceso e industria durante los últimos años; por ello, el hombre continúa innovando esta actividad a través de la creación de materiales y herramientas que mejoran su efectividad, considerando aspectos económicos, sociales, políticos y ambientales. Alrededor del planeta, gracias a la construcción se ha creado un sinnúmero de infraestructuras originales, complejas y presuntuosas que, además de ser una obra de arte, sirven de morada para el desarrollo de otras acciones humanas.

Las carreteras, precisamente, son una infraestructura significativa en el mundo actual, que no solo contribuye con el orden de las sociedades, sino también con la formación de vínculos comerciales y sociales que favorecen la economía y el avance de las poblaciones; por ello, ostentan un inmenso valor para las naciones. A causa de la globalización y el avance tecnológico, las carreteras no se distinguen como en el siglo XIX; se han diversificado, lo que ha resultado en nuevos tipos de vías, como las redes viales provinciales y las autopistas. Este panorama no es esporádico, sino generado por la gestión.

En el libro de Edward Rodríguez Barreda, titulado *Evaluación de alternativas para la construcción de infraestructura civil*, se estudia la trascendencia y necesidad de la construcción vial con el fin de proporcionar a los lectores un acercamiento profundo a la grandeza de la gestión del proceso constructivo de las carreteras extendidas en la superficie terrestre. Asimismo, en el texto, se exponen las particularidades de la construcción, los elementos de una carretera y los principios que guían la gestión vial con el propósito de que el lector no se extravíe durante la lectura y pueda comprender este tema tan tratado en la actualidad.

ÍNDICE

PRÓLOGO	6
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
INTRODUCCIÓN	17

CAPÍTULO I

ASPECTOS ESENCIALES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN	19
1.1. La construcción: definiciones y rasgos principales	20
1.2. Historia de la construcción.....	24
1.2.1. Técnicas de construcción de antaño.....	29
1.3. Enseñanza de la construcción	31
1.3.1. Carreras relacionadas con la construcción	35

CAPÍTULO II

PANORAMA GENERAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO.....	40
2.1. Construcción residencial.....	41
2.1.1. Construcciones residenciales según su tamaño.....	41
2.1.2. Construcciones residenciales según su grado de proclividad	41
2.1.3. Construcciones residenciales según su relación respecto al medioambiente	43
2.2. Construcción comercial.....	44
2.3. Construcción industrial.....	48
2.4. Construcción de obras públicas	51
2.4.1. Infraestructura de transporte	52
2.4.2. Infraestructura hidráulica.....	55
2.4.3. Infraestructura urbana.....	58

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN VIAL	62
3.1. Proceso constructivo	63
3.2. Construcción vial y sus primeras etapas	65
3.2.1. Estudio del proyecto	69
3.2.2. Estudio de cartas topográficas.....	72
3.2.3. Restitución aerofotogramétrica.....	73
3.3. Proceso de construcción.....	76
3.3.1. Movimiento de tierras.....	78

3.3.2. Construcción de subbase y base.....	79
3.3.3. Superficie de pavimento	80

CAPÍTULO IV

TIPOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL.....	84
4.1. Definición de infraestructura vial	85
4.2. Calles	89
4.3. Carreteras	93
4.3.1. Carreteras convencionales	95
4.3.2. Carreteras autonómicas.....	97
4.3.3. Carreteras de la red provincial.....	98
4.3.4. Autovías y autopistas	99

CAPÍTULO V

VALORIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS..	103
5.1. ¿Qué es el presupuesto vial?	104
5.2. Diseño de carreteras	110
5.3. Maquinaria	116
5.3.1. Mantenimiento de maquinaria vial.....	119
5.4. Materiales	121

CAPÍTULO VI

GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS..... 124

6.1. Entidades que intervienen en la construcción	125
6.1.1. Entidades públicas	126
6.1.2. Entidades privadas	130
6.2. ¿Por qué es importante la gestión?	133
6.3. Gestión de construcción de carreteras	136
6.3.1. Gestión de conservación vial	137
6.3.2. Gestión de la salud y seguridad de los trabajadores (ISO)	140

CAPÍTULO VII

GESTION Y OPERACIONES DE INFRA- ESTRUCTURA CIVILES 144

7.1. Analisis de las alternativas.....	144
7.1.1. Alternativa 1	144
7.1.2. Alternativa 2	145
7.2. Memoria del proyecto	145
7.2.1. Alternativa 1	145
7.2.2. Alternativa 2	146
7.3. Valoracion de las alternativas	149
7.3.1. Alternativa 1	149
7.3.2. Alternativa 2	155
7.4. Plan de obra detallado.....	161
7.4.1. Alternativa 1 y 2	161
7.4.2. Coste trimestral de la obra - Alternativa 1	163

7.4.3. Coste trimestral de la obra - Alternativa 2	163
7.5. Pliego de especificaciones técnicas	163
7.5.1. Para Alternativas 1 y 2	163
7.6. Conclusiones	163
7.6.1. Primera.....	163
7.6.2. Segunda	168
7.6.3. Tercera	168
7.6.4. Cuarta.....	168
7.6.5. Quinta.....	168
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
ANEXOS.....	185

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	
<i>El sepulcro de Menga.....</i>	30
Figura 2	
<i>Refinería de Talara.....</i>	49
Figura 3	
<i>Infraestructuras verdes</i>	51
Figura 4	
<i>Asentamiento humano Huaca Pucllana.....</i>	61
Figura 5	
<i>Fases generales de la construcción vial.....</i>	67
Figura 6	
<i>Toma aereofotogramétrica para la restitución.....</i>	73
Figura 7	
<i>Equipo restituidor analógico para imágenes fotogramétricas.....</i>	75
Figura 8	
<i>Equipo restituidor analógico para imágenes fotogramétricas.....</i>	81
Figura 9	
<i>Elementos principales de una carretera.....</i>	94
Figura 9	
<i>La Vía Expresa como ejemplo de autopista.....</i>	101
Figura 11	
<i>Fases de estimación de costos en el proceso constructivo.....</i>	106

Figura 12

Pasos de la gestión de calidad de carreteras y rutas135

Figura 13

Relación de costos con el mantenimiento de las carreteras138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	
<i>Resumen de las definiciones en torno a la construcción</i>	23
Tabla 2	
<i>Tipos de construcciones residenciales</i>	44
Tabla 3	
<i>Tipos de centros comerciales</i>	46
Tabla 4	
<i>Tipos de infraestructuras hidráulicas</i>	56
Tabla 5	
<i>Tipos de pavimentos</i>	82
Tabla 5	
<i>Tipos de infraestructura vial</i>	88
Tabla 7	
<i>Tipos de infraestructura vial según MTC</i>	96
Tabla 8	
<i>Tipos de autopistas según MTC</i>	100
Tabla 9	
<i>Modelo de criterios a considerar en un presupuesto</i>	107
Tabla 10	
<i>Concesión de carreteras en 2017</i>	131
Tabla 11	
<i>Costes para alternativa 1</i>	147
Tabla 12	
<i>Costes para alternativa 2</i>	148

Tabla 13	
<i>Cuadro de macroprecios - Alternativa 1.....</i>	149
Tabla 14	
<i>Mediciones - Alternativa 1.....</i>	151
Tabla 15	
<i>Presupuesto parcial - Alternativa 1.....</i>	152
Tabla 16	
<i>Presupuesto resumen - Alternativa 1.....</i>	154
Tabla 17	
<i>Cuadro de macroprecios - Alternativa 2.....</i>	155
Tabla 18	
<i>Mediciones - Alternativa 2.....</i>	158
Tabla 19	
<i>Presupuesto parcial - Alternativa 2.....</i>	159
Tabla 20	
<i>Presupuesto resumen - Alternativa 2.....</i>	161
Tabla 22	
<i>Coste trimestral de la obra - Alternativa 1.....</i>	164
Tabla 22	
<i>Coste trimestral de la obra - Alternativa 1.....</i>	166

INTRODUCCIÓN

Desde épocas prístinas, se ha considerado a la construcción como una acción protectora para el ser humano, puesto que crea instalaciones o establecimientos que abrigan y ocultan al hombre ante los peligros del planeta, como los depredadores y los fenómenos naturales. De ese modo, el hombre ha instaurado un movimiento que incentiva la práctica constructiva y la ideación de estructuras cada vez más complejas, desde una simple choza hasta los gigantes rascacielos que se observan en varias ciudades del mundo.

Este movimiento promotor de la praxis de la construcción ha calado en la cimentación y alzamiento de las vías terrestres que la humanidad ha fundado a lo largo de la historia, dado que ha resultado en innovaciones para la forma de estructurar las carreteras y para los materiales usados en el montaje de estratos de los pavimentos. Asimismo, el proceso de la construcción in situ de las carreteras también ha evolucionado, desde la simple aplicación del talento humano hasta el empleo de maquinarias pesadas y otros instrumentos que complementan la mano de obra. Todo esto es una realidad en diferentes sectores de la industria.

La construcción, como industria, proceso y producto, es una actividad en constante modificación, por lo que es creíble que las infraestructuras viales que generaciones posteriores creen muestren una complejidad supe-

rior a la actual y, al mismo tiempo, exhiban caminos de mayor capacidad y resistencia, como las autopistas y autovías, carreteras modernas que posibilitan la circulación activa de los medios de transporte y la interrelación entre sociedades de diferentes espacios geográficos.

Para que los avances en la construcción vial sean continuos y efectivos, el hombre debe realizar un proceso de gestión que dirija, de manera oportuna, la planificación de los proyectos de edificación de carreteras, el proceso constructivo, la labor y salud de los empleados, y el mantenimiento de las vías. Esto comprueba que la gestión es un evento necesario en cualquier plan que busca la creación de nuevas carreteras o el rediseño de las vías que rodean y organizan las calles, por lo que los gerentes e ingenieros no deben prescindir de esta durante el proceso de levantamiento de una vía en espacios urbanos y rurales. Capítulo I, el problema de la investigación. Comprende la exposición de la situación problemática, el planteamiento del problema, justificación del estudio, los objetivos, la hipótesis y las variables e indicadores.

CAPÍTULO I

ASPECTOS ESENCIALES SOBRE LA CONSTRUCCIÓN

La construcción abarca un gran conjunto de factores que inciden en su obraje; principalmente, la globalización, la era tecnológica y la industrialización acelerada son orientadores claves en los cambios vivenciados en tal sector. Por ello, las infraestructuras levantadas en el siglo XXI no exhiben las mismas características que las existentes en la década de 1970 o en tiempos anteriores. Esto evidencia que el proceso de este sector, al igual que su industria, ha evolucionado a uno cuyas técnicas proveen un mejor resultado en las estructuras erigidas y una labor más efectiva de los obreros y constructores.

La construcción, de manera general, es un proceso en el que, mediante el engranaje de componentes, se proyecta un producto de resguardo para el hombre; también es considerada una industria que emplea técnicas de fabricación y mecanismos de gestión para edificar una auténtica obra de arte. Asimismo, a lo largo de la historia, este sector, aparte de forjarse como una labor asimilada a través de la acción, se constituyó como una carrera dictada en las instituciones con el fin de formar individuos con



habilidades para crear instalaciones y monitorearlas, aunque su enseñanza, a ciencia cierta, comenzó en épocas más antiguas, cuando los maestros eran los mismos constructores. En la actualidad, los conocimientos de esta actividad se enseñan y difunden en las aulas de estudios superiores, de acuerdo a parámetros normativos que admiten la intervención de los Gobiernos.

En este capítulo se profundiza sobre la evolución del proceso y de la enseñanza de la industria de la construcción. Para empezar, se abordan las concepciones que los estudiosos han aportado acerca de la construcción, así como las propiedades resaltantes de esta. Luego, se relatan aquellos momentos que más calaron en la evolución de dicha actividad, las técnicas que los antepasados usaron en sus instalaciones y la función de los monumentos antiguos. Por último, se trata, en líneas generales, el desarrollo de la educación en cuanto a la construcción de nuevas infraestructuras, y se resalta el descubrimiento de nuevas carreras, las que han fortalecido este sector.

1.1. La construcción: definiciones y rasgos principales

La construcción es una de las industrias con más elevado nivel de complejidad y que demanda un conjunto de principios y reglamentaciones para acreditar la existencia de calidad y aprobación, parámetros muy reconocidos en el mundo de las edificaciones (Villoria et al., 2019). A pesar de esta complejidad —consecuencia de la ardua labor que implica el levantamiento de edificaciones del sector público y privado—, es una de las industrias decisivas y con mayor repercusión en la economía de muchos Estados; por ello, tiene una gran trascendencia en el mundo actual.

Como industria, la construcción y su amplio entorno de actividad están destinados a la creación de edificios, instalaciones industriales e infraestructuras, desde casas simples hasta altivas arquitecturas (túneles submarinos, rascacielos, otros más). Se trata de una fuente básica para la economía de las sociedades; sin embargo, ha sido ejecutada de manera ineficiente



en múltiples contextos durante varias épocas; por ejemplo, en la reciente pandemia, la construcción se ha mostrado inestable, particularmente, por los constantes cambios económicos (McKinsey and Company, 2020). Esto demuestra que el sector industrial de la construcción, además de generar una mayor cantidad de espacios para el desplazamiento, tiene la misión de afrontar los aprietos globales. Aparte de este rasgo, según Deloitte (2017), de este sector se desprenden otros más, como los mostrados a continuación:

- **Intensiva mano de obra:** la construcción conserva aspectos que la alejan de la mecanización y automatización, por lo que urge una fuerte implementación de sistemas inteligentes que acorten el arduo trabajo para que, de ese modo, incremente la productividad del talento humano sobrante.
- **Física:** la industria reduce su productividad cuando se torna más física y tiene más oportunidades para intensificar la productividad por medio de la anexión de instrumentos o aplicaciones electrónicas y digitales, además de las tecnologías de la información.
- **Dependiente de la sucesión:** la construcción se sostiene en los periodos o sucesiones de sus operaciones; por ello, cualquier imprevisto o contratiempo en uno de estos afecta al resto de las acciones y, probablemente, causa mayores costos.
- **Inflexible:** de acuerdo con indagaciones, la construcción ha presentado una insuficiente cantidad de variaciones en sus contratos, métodos, principios, materiales, estándares y tenacidades. Este panorama no es cómodo para el incremento de la productividad.

Para Arthur (2022), la industria de la construcción, al exteriorizarse como un cimiento de las economías de varios países, tiene la responsabilidad de no solo fundar nuevos establecimientos humanos, como las obras pesadas y especializadas, sino también de repararlos y gestionarlos. Esto denota que la construcción, como industria, exige la contratación de profesionales especializados en el tema de la construcción.



Por su parte, Aslam et al. (2019) señalan que la construcción es un proceso o práctica que acarrea una cadena de proyectos para erigir una nueva edificación; estos proyectos, a su vez, entrañan la elaboración de diseños que, con el tiempo, soportan inevitables variaciones y cambios que deben ser examinados para dilucidar costos y factores que afectan a estos. Toda esta realidad le confiere a la actividad de la construcción una naturaleza compleja y volátil que continúa incidiendo en cada fase de un proyecto constructivo.

Asentada en proyectos, la construcción comprende una serie de sucesos consecutivos con obligaciones divididas y un grupo de entidades partícipes en cada proyecto, desde compañías competentes en el campo de la ingeniería y en las planificaciones hasta las que abastecen de materiales a otras y las subcontratistas (Mckinsey and Company, 2020). Estas instituciones, en conjunto, ejecutan varias actividades de manejo o gestión.

La actividad constructiva también envuelve una gestión enfocada en las destrezas humanas y los insumos con el fin de producir, bajo un enfoque normativo, edificaciones necesarias para las sociedades, como las casas, escuelas, hospitales, instalaciones públicas, carreteras, puentes y otras más. Evidentemente, la construcción resulta ser un proceso de transformación en el cual los materiales primarios y el talento humano se convierten en productos finales que, a largo plazo, serán entregados y puestos en uso (Arthur, 2022).

En efecto, la construcción es compleja en diversos aspectos; no obstante, tal como indica Pilsitz (2018), es un segmento que no se puede eludir del diseño ni de la utilización de las piezas infraestructurales fabricadas, dado que abarca un conjunto de valores técnicos y culturales que se evidencian en los monumentos históricos. De esta manera, este trabajo también se muestra como un acto del ser humano que adopta una función mecánica y cierto sentido para las poblaciones.



La construcción se manifiesta en las edificaciones urbanas contempladas en la actualidad, las cuales, en su mayoría, presentan una prominente elevación y siguen expandiéndose a través del espacio terrestre (Marulanda, 2018). La actividad constructiva es, pues, el resultado de la acción de las sociedades; así, actualmente existe un vasto grupo de infraestructuras cimentadas alrededor de las áreas ocupadas por el hombre, que han suscitado el avance de la urbanización.

En líneas generales, el término construcción recoge diferentes acepciones: un ente orientado a construir o, mejor dicho, la industria que crea nuevas obras, una jornada que tiene el fin de edificar, un estilo de fabricación o una agrupación de distintas unidades para elaborar una concreta edificación (Bademosi e Issa, 2022). Con base en las definiciones mencionadas, la construcción puede ser empleada de tres formas: como una actividad industrial, como un proceso y como un resultado artístico (las infraestructuras). En la Tabla 1 se recogen las tres concepciones de esta actividad:

Tabla 1

Resumen de las definiciones en torno a la construcción

Forma tratada	Descripción
Actividad industrial	El rubro o sector de la industria destinado a crear instalaciones para el uso humano.
Proceso	Un conjunto de fases propias de un proyecto, necesarias para edificar nuevas infraestructuras.
Resultado artístico	La obra final elaborada a partir de materiales y del talento humano



En síntesis, la construcción consiste en mucho más que la simple creación de paredes y columnas; también se relaciona con construcciones de gran capacidad, por ejemplo, las carreteras, los aeropuertos y otras subestructuras aprovechadas por una vasta cantidad de personas. Esta última idea refuerza lo manifestado por Storm (2019), quien refiere al uso de matemáticas y estadísticas en la construcción como un fin destacable, por el cual se reducen los riesgos en el proceso de licitación y se validan los datos históricos para desarrollar estimaciones precisas y detalladas. Por tanto, la construcción también funda conexiones con otras ciencias con el propósito de cumplir su finalidad: la edificación de estructuras resistentes.

1.2. Historia de la construcción

Las edificaciones son una obra humana desde tiempos antepasados. Su construcción se mantiene hasta la era actual, dado que cumplen una función primordial: proporcionar un ambiente acogedor que resguarde al ser humano ante los peligros desencadenados por los fenómenos climáticos y naturales, y por el mismo hombre. Esta actividad ha presentado una evolución en el uso de materiales o insumos, lo que se ha demostrado en el estilo de la infraestructura de las edificaciones.

De Villanueva (2005) advierte que la historia de la construcción no es un proceso evolutivo perenne, sino que está dividido en fases que se distinguen por ser ejes de revolución que alteran los modos de construcción y, en ciertas oportunidades, forman cambios drásticos en el modo en que las generaciones predecesoras concebían esta actividad, del mismo modo en que ocurre con las variaciones de estilo de vida humana, desde un comportamiento nómada hasta uno sedentario.

A comienzos de la vida humana, las personas erigían sus edificaciones con un material conocido por todos: la tierra. Esta fue útil para la obtención de paredes o cercas, las que se usaron para recubrir los accesos a las cavernas. Con el paso de los años, esta se catalogó como el material por supremacía



que persistía en uso, aunque con agregados que la fortificaban como las fibras vegetales. Posteriormente, con la aparición del fuego, aparecieron diversos materiales, como los ladrillos, usados en casi todas las construcciones (Marulanda, 2018).

Según De Villanueva (2005), durante el periodo abarcado desde el Neolítico hasta la fecha, se resaltan determinadas etapas que han habilitado modificaciones en la construcción, tanto en el trabajo del hombre para su creación como en los materiales y conductos que se demandaban en el proceso. Tales alteraciones fueron motivadas por inconvenientes de cada vez mayor complejidad y por eventos que marcaron la historia e incentivaron la revuelta en el sector.

Un hecho notable en la vida humana fue la Revolución Industrial, la cual convirtió a la práctica artesanal en una actividad con técnicas e instrumentos mecánicos que cambiaron el rumbo para transformar y crear productos; no obstante, en la época actual, aunque se mantiene el hábito artesanal en ciertos ambientes, hay indicios de una naciente revolución por el uso de nuevos materiales.

En el siglo XIX, la Revolución Industrial desató un cambio significativo en las tareas de construcción de los arquitectos e ingenieros; de este modo, se originó una profunda reforma en la gestión y en la planificación de un proceso constructivo. En concreto, los modelos de planificación de una obra ya no estaban regidos por modelos históricos, sino por principios y conceptos técnicos, organizativos y arquitectónicos que permitían la creación de infraestructuras como los trenes, fábricas amplias, edificios destinados al comercio, almacenes con más de un piso e invernáculos transparentes (Pilsitz, 2018).

Evidentemente, la trascendencia de la Revolución Industrial en evolución de la construcción no está en tela de juicio, dado que autores como Wu et al. (2019) señalan que tal acontecimiento condujo a la elaboración de materiales de construcción artificiales y a la mecanización del proceso



constructivo, factores que posibilitaron la rápida expansión de la escala y la complejidad de los inmuebles.

Tras la Revolución y otros sucesos vividos en la época Moderna, materiales como la tierra fueron desplazados por el hierro, el vidrio y el concreto, particularmente, en áreas que aclamaban la urbanización; esto significó la formación y el estancamiento de las zonas rurales en países subdesarrollados o en desarrollo. En el contexto económico actual, este panorama es comprensible, dado que es usual que, en un entorno urbano, se creen edificios de gran tamaño y se exploten más territorios de manera extrema (Marulanda, 2018).

Hoy en día, la construcción es una industria intensiva, pues utiliza la menor cantidad viable de mano de obra en la obtención de más productos finales, por lo que la alta productividad laboral es uno de sus factores más resaltantes. A pesar de ello, esta productividad se ha convertido en un problema global, puesto que su nivel es decadente en varias regiones del mundo y requiere de mecanismos idóneos para transformarla en un evento gratificante (Deloitte, 2017).

Por otro lado, hasta la fecha, también se ha fomentado un pensamiento ecologista, a causa de los fuertes impactos y destrucciones que la revolución trajo al mundo; por ello, el proceso que origina las grandes obras de infraestructura incentiva la incorporación y el uso de elementos ecológicos, como el papel hecho a base de materia natural, la racionalización de tecnologías actuales y la creación de tecnologías que se amolden a la situación climática con el fin de purificar el medio ecológico en que las poblaciones habitan (Wu et al., 2019).

Esto demuestra que la creatividad y las especulaciones innovadoras actuales por parte de los profesionales del sector (ingenieros, arquitectos y otros) son definidas a partir de las reflexiones sobre el cuidado del orden natural, en las cuales se resalta que el uso de la estética, la fabricación con ladrillos y los planes arquitectónicos no deben deteriorar los componentes



de la naturaleza, como la fertilidad del suelo y la diversidad de la flora y la fauna.

Mascarenhas (2020) sostiene que, a través de la historia de la construcción, se ha otorgado notabilidad, principalmente, al trabajo de los arquitectos e ingenieros, y se le ha quitado un poco de importancia al aporte de las empresas constructoras, de los maestros artesanos y de otros miembros no especializados del gremio; no obstante, los grupos empresariales, al igual que quienes ejecutan una obra, son una fuente favorable para el avance científico y ambientalista en el mundo de la construcción.

La evolución de la construcción se puede dividir en cuatro etapas, en las que esta actividad se ha moldeado hasta convertirse en lo que hoy se conoce como una industria. Tales etapas recorren desde la era neolítica, la praxis artesanal y los giros históricos causados por la aparición de la industria hasta el brote de lo que se puede adoptar como un nuevo ente revolucionario: la era posindustrial.

De Villanueva (2005) apoya la esquematización de la evolución de este sector industrial y reseña cada etapa en función de los materiales utilizados, de la concepción de la mano de obra y de las técnicas empleadas, tal como se explica a continuación:

- **Etapas paleolítica:** el material de uso general fue una serie de vegetales. La mano de obra no precisaba de sujetos especialistas o capacitados para la labor, y las técnicas constructivas se enfocaban en idear las yurtas o tiendas de los nómadas y en la conversión de una cueva a un sitio ventajoso para instalarse.
- **Etapas artesanal:** con el abandono de la conducta nómada, se comenzó a practicar el sedentarismo y a admitir materiales tanto de la naturaleza (pedruscos, masas de tierra y madera) como los artificiales (cal, materia cerámica y el yeso). Asimismo, los artesanos se dividieron de acuerdo a sus funciones y agrupaciones respectivas, quienes maniobraban con técnicas aplicadas en los sistemas constructivos.



- Etapa industrial: con el advenimiento de la industria, los obreros, distribuidos en función de la mano de obra de taller y de fábrica, comenzaron a usar el hierro, el cemento, el acero y el vidrio, bajo un control de calidad, una normativa y un proceso constructivo por tiempos. Entre las técnicas de esta etapa, se encuentran la prefabricación y los medios de soporte optimizados.
- Etapa posindustrial: de acuerdo con los últimos eventos, se planteó una nueva etapa, en la que el técnico en montaje sobresalió y se orientó a ocupar plásticos sintéticos o a diseñar sus propios insumos para la celebración de una obra infraestructural. Asimismo, empezó a utilizar técnicas de automatización o computarización, y aquellas que engloban a medios de soporte de mayor dificultad.

Durante los últimos treinta años, la construcción, en su plenitud, se ha desplegado como un campo de conocimiento que resulta llamativo para las diversas sociedades; por ello, se ha introducido también como una disciplina que es atendida en distintas especialidades de estudio y que se basa en explorar, de manera cronológica, el curso o procedimiento de las obras de ingeniería que han acontecido en el mundo y, por supuesto, de la industria de la construcción (Mascarenhas, 2020).

La ciencia, aunada a la tecnología, promueve la praxis tecnológica en la construcción, lo cual está claramente ligado al empleo de herramientas y materiales renovadores, tal como se evidencia desde el uso de la piedra, el hierro y el bronce por parte de los ancestros hasta la aceptación de implementos artificiales a partir de la Revolución Industrial. Por tanto, no se puede refutar que los avances científicos y tecnológicos han abierto el camino para difundir la innovación tecnológica en el quehacer de la construcción (Wu et al., 2019).

Basados en el recorrido histórico de la construcción, los procedimientos plasmados en el proceso constructivo y las múltiples formas de edificaciones son el resultado de distintas revoluciones, fundamentalmente industriales. Asimismo, a través de estos eventos, tal como Pilsitz (2018) opina,



la construcción ha dejado de ser una actividad tradicional para inscribirse como una de índole universal.

1.2.1. Técnicas de construcción de antaño

En tiempos en que el humano era aún un nómada, se trabajaba una construcción que se distinguía por el uso de insumos netamente naturales, sin ninguna intervención de lo artificial. Desde luego, los métodos o técnicas aplicadas por el hombre en épocas prístinas tenían una clara y gran disimilitud respecto a las actuales, pues no tenían ninguna intervención de la tecnología.

Las técnicas, en un primer momento, fueron de poco esfuerzo humano; conforme se formaban las civilizaciones, se complejizaron y establecieron una ristra de monumentos con estilos variados, tal como recogen los investigadores entregados a la historia de la construcción. Huerta (2011) asevera que no se han dejado de investigar las técnicas de antaño; por el contrario, varios estudiosos, desde el boom de la filosofía romana, han realizado aportes sobre los métodos de construcción implementados en las culturas griega y romana, por ejemplo, en cuanto a la disposición de los ladrillos, las estructuras con recubrimientos, la construcción *in situ* y el uso de un tipo de hormigón propio de la época.

Ledesma (2014) indica que, para entablar una conversación sobre las técnicas constructivas, uno se puede remontar a épocas anteriores a la aparición de Cristo, en donde los individuos (*Homo erectus*) se confinaban en chozas primitivas labradas a base de maderos estructurales incrustados en la superficie terrestre y obtenidos del mismo lugar de edificación. Todos estos materiales debían poseer una forma natural precisa para la formación de una infraestructura, ya que no podían ser deformados. Con la llegada del *Homo sapiens*, las chozas conservaron el mismo estilo de construcción, pero variaron al colocar pieles más gruesas sobre las chozas, como las de los mamuts.



Tiempo más tarde, nuevas técnicas emergieron para crear edificios con cubiertas superiores, como el dolmen (llamada mesa de piedra), las bóvedas semirredondas a base de piedras y dólmenes más complejos. Con las primeras ciudades, como los sumerios y egipcios, se comenzó a utilizar el barro y a elaborar materiales para la misma construcción, como los ladrillos de barro cocidos y las piedras esculpidas; así, se construyeron infraestructuras de gran tamaño y peso, como los monumentos y las pirámides.

Respecto a la construcción de estructuras complejas como el dolmen, se aplicaron técnicas que implicaban la presencia de una extensa muchedumbre con conocimientos sobre la palanca, el fulcro, los contrapesos y el manejo de grúas de madera, con el fin de poder manipular piedras de colosal tamaño como los megalitos. Todo este conjunto de técnicas fue difundido por comunidades del sector marino, que intervenían en la confección de buques y muelles. Según la literatura, estas técnicas y el megalito fueron adoptados en la construcción de estructuras con propósitos fúnebres e, incluso, astronómicos (Dander, 2012). Una de las construcciones forjadas sobre la base de estas técnicas se muestra en la Figura 1.

Figura 1

El sepulcro de Menga



Nota: Tomado de Dander (2012).



Así, dentro de las poblaciones de antaño, las técnicas surgidas se hallan reflejadas en las construcciones de arcos y bóvedas, que rebajan la cantidad de pilastras y partes que soportaban el peso de los frisos de las grandes construcciones. Asimismo, las técnicas empleadas en estas épocas evidenciaban el adecuado manejo y la explotación requerida de los materiales idóneos para el alzamiento de infraestructuras durables y resistentes (Ledesma, 2014).

Además, es notorio que las técnicas aplicadas dentro de la construcción de infraestructuras montadas en tiempos antiguos se relacionaron con la forma de usar el material y, además, con el tipo de material que iban asimilando las poblaciones conforme marchaba el tiempo; por ello, los pobladores ancestrales aprendieron a diferenciar dichos componentes de acuerdo a su efectividad en la producción de una infraestructura específica. Por ejemplo, se construyeron santuarios y palacios esplendorosos con técnicas nuevas y avanzadas, las cuales sustituían a las utilizadas por los primeros pobladores.

1.3. Enseñanza de la construcción

La enseñanza de cualquier ciencia, disciplina o práctica encierra una cadena de factores que inciden en cómo un aprendiz adquiere mayor conocimiento sobre un tema y en cómo un maestro comparte sus saberes. Al respecto, Sáez (2018) apunta que el proceso de enseñanza exige la utilidad de técnicas que instruyan al estudiante considerando sus dotes y debilidades para internalizar nueva información. En el caso de que un estudiante presente una dificultad para entender una cuestión, el docente debe valerse de un método acertado para solucionar ese problema. Por tanto, el papel del docente no solo es impartir su sabiduría, sino también brindar exposiciones provechosas y crear posibilidades de intervención para el estudiante con el fin de que forme aprendizajes y resuelva problemas.



En el mundo de la construcción, los sujetos partícipes en la labor constructiva tuvieron que adquirir información, en un comienzo, de su propio medio y, luego, de los expertos para, de esa manera, cumplir su función como constructores de infraestructuras. Esto fue posible porque, según Huerta (2011), toda labor o disciplina, en sus inicios, tiene inconvenientes durante su enseñanza, pues no se cuenta con los datos suficientes (libros, manuales, guías y otros) para su explicación, tampoco con especialistas o personas (no necesariamente profesionales) con la instrucción apta para guiar a los aprendices en tareas como cerámica, carpintería y más.

Es así como el proceso de la construcción, que se ha practicado por generaciones, ha sido ilustrado por maestros y por los mismos aprendices bajo criterios y factores de la humanidad y de las regiones del mundo. Este proceso se desplegó gracias a errores y prácticas experimentales; posteriormente, adquirió un rasgo más científico con el impacto del desarrollo de la ciencia y la tecnología en la era actual (Wu et al., 2019).

Esto demuestra que la enseñanza de la construcción arrancó como un proceso en el que los maestros no eran meramente especialistas, sino que desarrollaron nuevas nociones acerca de la creación de chozas y monumentos a partir de los intentos por crear piezas que los protegieran de los fenómenos o peligros de la naturaleza. Esto llevó a que los sujetos constructores adquirieran información para transmitirla a sus aprendices.

Asimismo, el descubrimiento de materiales innovadores y de herramientas con una función determinada hizo posible una clasificación de las labores en el campo de la construcción. Cada labor debía adherirse a normas y medidas que regularan no solo la buena fabricación de estructuras, sino también las modalidades de aprendizaje, es decir, normas que alinearan todo lo que implica el aprendizaje de la construcción (De Villanueva, 2005).



En esa misma línea, Marín et al. (2018) especifican que, según la historia, el grupo obrero y quienes se dedicaban a la artesanía eran, originalmente, los transmisores de las nociones para construir; sin embargo, debido a cambios sociales, su función se redujo a la de operarios en contacto directo con el proceso constructivo; por consiguiente, se constituyó la profesión de arquitecto, quien gestiona todo este proceso.

En efecto, la enseñanza de una labor está influenciada por las actitudes culturales a lo largo de la historia. En ese sentido, los aspectos de la construcción fueron transmitidos a través de la práctica y mediante las descendencias de una familia. Los sujetos, una vez instruidos en el tema, iniciaron su división en asociaciones y se distribuyeron por distintos territorios con el designio de impartir sus entendimientos y conceder trabajos; no obstante, un bajo porcentaje de personas lograba asentarse como estudiantes de la construcción.

Posteriormente, en la etapa moderna, el brote de la globalización y la expansión tecnológica fueron los ejes promotores de la desaparición de los objetivos que posibilitaron la creación de estas asociaciones, por lo que varios de estos grupos se descompusieron. Este panorama, influenciado por la elevada manufactura de las industrias modernas y las exigencias políticas y sociales, avivó la búsqueda de nuevos estilos de enseñanza y la inclusión del arquitecto dentro de los grupos docentes en las academias, lugar donde se adiestraba a los próximos expertos de la construcción. De esta forma, se formalizó la arquitectura como profesión.

Hasta la actualidad, la educación de la actividad constructora se ha expandido por el mundo y, por consiguiente, varias autoridades la han aceptado como una de las materias académicas que conviene ser enseñada en centros de educación superior. Con esta aceptación, la construcción se ha introducido en las carreras de Ingeniería Civil, Construcción Ambiental y Arquitectura, además de convertirse en un conocimiento básico y necesario para graduarse y titularse en una entidad educativa respecto a tales profesiones (Mohammad et al., 2019).



Marín et al. (2018) indican que, en América Latina, la arquitectura apareció acompañando a la ingeniería y a las ciencias puras; sin embargo, el gran avance que experimentó esta sociedad en el siglo pasado forzó a que tal ciencia sea profesionalizada y que los arquitectos obtuvieran un título. Al mismo tiempo, los nuevos profesionales tuvieron que afrontar los rasgos del propio contexto arquitectónico de la región mediante la utilización de instrumentos factibles y perfilados en función de la abismal diversidad cultural y étnica. Desde tal momento, la enseñanza latinoamericana de la arquitectura entró en vigencia.

Asimismo, en la actualidad, los organismos de los Gobiernos cumplen una función sumamente importante para la enseñanza de la arquitectura, dado que supervisan los centros de estudios avanzados de las ciencias; por ejemplo, existen ordenanzas que prescriben una duración de tres a cinco años para la arquitectura como especialidad. Estas también estructuran el contenido de la carrera al imponer temas como la urbanización, los diseños, los edificios y los semblantes arquitecturales dentro del aprendizaje de los nuevos ilustrados del tema. Dentro de estos contenidos, los diseños brillan, puesto que contestan a situaciones definidas y su elaboración reúne varias temáticas derivadas de otras asignaturas de la ocupación.

En términos generales y según Mohammad et al. (2019), la educación de la construcción consiste en la comprensión e instrucción de todos los temas relacionados con la planificación, el diseño y el mismo evento de creación. Tal educación, en un principio, se constituyó como una gran oferta laboral para el arquitecto, ingeniero y los gerentes administrativos; no obstante, presentaba insuficiencias en torno a los estilos de enseñanza, las habilidades, los mecanismos de evaluación y los materiales dispuestos para los docentes.

Asimismo, en la enseñanza de la administración de la construcción, también se expusieron contrariedades, especialmente, en la adquisición de habilidades elementales y en el diseño de los currículos que se aleccionaban a los gerentes y supervisores, por lo que los investigadores apostaron por



abordar estos problemas de manera holística con la finalidad de que todas las partes y elementos involucrados en la educación de la construcción actúen de forma unificada para alcanzar los planes comunes.

En definitiva, la enseñanza de la construcción ha pasado de ser un proceso rústico e informal, practicado por los maestros de obra, a una actividad reconocida y legalizada en el plano educativo, donde se enlaza con otras especialidades como la arquitectura y la ingeniería. Además, su inserción en el mundo educativo no ocurre solo por una convención, sino por la necesidad de formar profesionales capacitados para lidiar con la complejidad de ciertas construcciones.

1.3.1. Carreras relacionadas con la construcción

Como se ha advertido, la arquitectura está visiblemente conectada con la pretensión del hombre por encontrar un espacio que lo proteja de los ambientes inseguros; esto se demuestra a través de su enseñanza, la cual se dio a partir del aumento de privaciones humanas y del hecho de optimizar su hábitat mediante la construcción de cobijos. La creación de instalaciones para vivir produjo la necesidad de un proceso de enseñanza para difundir el conocimiento; por ello, el arquitecto no solo opera como un agente de ideas creativas para trazar y crear construcciones, sino también como un sujeto enfocado en transferir su saber a las descendencias (Marín et al., 2018). La arquitectura, desde luego, es una de las primeras carreras que ha solidificado un fuerte enlace con los modos de construcción, y esto se aprecia en la trascendental influencia sobre el proceso constructivo actual.

Otra de las carreras relacionadas con la práctica de la construcción es Ingeniería Civil, pues —tal como indica la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura— las personas que se encargan del trabajo de ingeniería civil están contribuyendo con la evolución tecnológica de las estructuras creadas para suministrar agua y habilitar el desplazamiento de peatones en pistas y puentes (Unesco, 2021).



En el mundo actual, la enseñanza a los ingenieros tiene el ideal de acen-
tuar competencias que doten a los profesionales egresados de un perfil
favorable u óptimo para el buen rendimiento en los proyectos de edifi-
caciones (Ávila et al., 2020). Por tanto, se comprende que la formación
adecuada de un ingeniero consiste en que este posea conocimientos sobre
la medición, análisis y dibujo de subestructuras, además de otros aspectos
que sirvan para construir infraestructuras sostenibles para la población
humana. Asimismo, este profesional debe ser instruido para ejercer su
labor de manera eficaz en la construcción de edificios.

El ingeniero civil tiene varias funciones en el plano de la construcción,
por lo que se ha convertido en un personaje notable en la ejecución de
obras infraestructurales. Es, pues, conveniente destacar las funciones pri-
mordiales que toda persona partícipe en la ingeniería civil debe conside-
rar como responsabilidades. Al respecto, Setiawan y Raharjo (2019) pro-
ponen las siguientes:

- Medición y cartografía de la superficie terrestre
- Diseño y supervisión de las construcciones, por ejemplo, puentes, tú-
neles, grandes edificios, presas y costas
- Planificación, construcción y mantenimiento de las instalaciones para
el transporte
- Diseño de sistemas de tránsito
- Planificación y elaboración de proyectos sobre navegación fluvial y
control de inundaciones
- Cooperación con los sistemas de suministro de agua y plantas de alcan-
tarillado.

La arquitectura y la ingeniería, si bien son cruciales en las tareas de cimen-
tación y alzamiento de inmuebles, no son las únicas ramas que se relacio-
nan con el evento constructivo, dado que existen otras infaltables tanto
para el conocimiento teórico y práctico de esta industria. En tal sentido,



dentro de estas ramas, se hallan la topografía y la geodesia, las cuales, de forma general, brindan información necesaria sobre los territorios terrestres en los que se proyectan nuevas estructuras.

Respecto de la topografía, Wolf y Ghilani (2016) afirman que esta, denominada últimamente como geomática, se ha considerado habitualmente como una ciencia, un modo artístico y tecnológico conducido a identificar las colocaciones referentes a parajes desplegados alrededor y abajo de la superficie terrestre. Esta ciencia, en un plano amplio, se entiende como una disciplina dotada de múltiples técnicas para calcular, recoger, procesar y difundir datos físicos de la Tierra, relevantes para un inmenso número de consumidores.

La topografía, en realidad, ha mostrado servicios para la humanidad desde las primeras ciudades. Al comienzo, se utilizó para delimitar los derechos de propiedad. Más adelante en la historia, su uso se intensificó y, a raíz de la necesidad de entablar un foco de orientación en las actividades perpetradas en la construcción, esta ciencia adquirió mayor peso para la elaboración de mapas y de otros instrumentos de corte análogo.

En el contexto de hoy, conforme crece la humanidad, la trascendencia de los inmuebles y la búsqueda y explotación de más recursos naturales se acrecienta; esto ocasiona mayor contaminación en el entorno, por lo que la premura de calcular e inspeccionar el ambiente se asienta como un hecho fundamental. Los topógrafos, entonces, además de calcular diversos aspectos de la tierra, descubren nuevas riquezas naturales por medio de la aplicación de la tecnología aérea, satelital y computacional. Precisamente, estos nuevos medios posibilitan la obtención de información, hecho provechoso para la determinación de decisiones en la planificación de acciones vinculadas con la utilización del suelo, la obtención de recursos y la conservación del ambiente terrestre.

En esa misma línea, Cabezas et al. (2015) expone que la topografía se halla dentro de las disciplinas ramificadas de la geodesia, y su objetivo es carac-



terizar las fisonomías naturales y artificiales de la cubierta terrestre. Para lograr ello, se encarga de determinar los planos geometales, los ejes verticales y las alturas de un terreno específico a través de métodos y acciones de estudio de la superficie de la Tierra.

La geodesia, por su parte, investiga la estructura y extensión del planeta en un sentido amplio a través del bosquejo de mapas y cartografías, los cuales representan las proyecciones y los ejes del territorio estudiado con el fin de ejecutar un proceso constructivo. Hasta el presente, las dos disciplinas (geodesia y topografía) han presentado alteraciones y se han complementado de instrumentos que se han empleado a raíz de los progresos técnicos; por ello, es probable contemplar una imprecisa diferenciación entre ambas durante su curso histórico.

En síntesis, la geodesia estudia, estrictamente, la estructura y las dimensiones de todo el globo terráqueo a través del reconocimiento de posiciones halladas en la corteza (puntos geodésicos) que empujan a hallar la delimitación de una nación y, a gran escala, de toda la Tierra (Gámez, 2015). De esta forma, ambas disciplinas acarrearán un cúmulo de nociones que deben ser anexadas a la enseñanza de las especialidades relacionadas con el desarrollo de un proceso constructivo. Por tanto, no se puede prescindir de materias académicas que contengan cuestiones de geodesia y topografía a fin de que los futuros profesionales patenten todas las habilidades esenciales para planificar, crear y gestionar cada asunto vinculado con la industria de la construcción.

En el plano educativo, Wolf y Ghilani (2016) señalan que la topografía es una carrera técnica y, asimismo, abordada en las entidades superiores, puesto que los conocedores de esta precisan de un profundo entrenamiento, es decir, de una formación técnica y práctica que les asista para ganar experiencia y emitir un propio criterio. Además, el topógrafo también debe apropiarse de nociones sobre ciertas disciplinas y principios primordiales como los siguientes:



- Disciplinas matemáticas: la geometría, cálculo, estadística y trigonometría
- Instrumentos tecnológicos y tácticas de las actividades de la geodesia y de la misma topografía
- Principios económicos para la gerencia
- Precisión para calcular y operar en las obras
- Principios éticos para ejercer su profesión
- Exigir un pago monetario merecido por su labor

En suma, la construcción se basa en una serie de ciencias y disciplinas que orientan y regulan todas las tareas que acarrearán su proceso, por ende, durante la instrucción de los profesionales, se debe incluir toda esta gama a fin de que, cuando se desempeñen en el campo de la industria, además de mostrar un comportamiento ético, construyan infraestructuras resistentes y compactas.

CAPÍTULO II

PANORAMA GENERAL DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

La construcción se define como el conjunto de procedimientos que se efectúan para edificar una infraestructura. Este proceso, desarrollado desde antes de la existencia de las casas tal como se observan en la actualidad, requiere la planeación de un proyecto. Debe tenerse en cuenta que todo proyecto se produce bajo un contrato que evalúa los riesgos, retrasos y sobrecostos de la edificación, por ello, es primordial plantear temas sobre equipos, materiales y mano de obra a necesitar.

Se infiere que la planeación o realización de un proyecto es trascendental para un proceso constructivo óptimo de la infraestructura. Según Villoria et al. (2019), la construcción es una industria compleja que necesita cumplir con estándares y regulaciones para garantizar la calidad y conformidad aceptada de las edificaciones.

El proceso constructivo sigue pautas en etapas que abarcan las actividades desde el acondicionamiento del sitio hasta la conducción de la construcción in situ, considerando los materiales y las tecnologías a emplear. Por



ende, se comprende que las labores y los materiales que formen parte de la construcción deben adecuarse a las necesidades actuales, pero también debe tenerse en cuenta la función o el tipo de edificación (comercial, residencial, industrial, obras públicas) a los que está destinada la infraestructura.

Las actividades que se ejecutan en un proceso constructivo son distintas y generalmente se conocen como operaciones, las cuales incluyen alteraciones, reparaciones, mantenimiento y decoraciones. Todo lo mencionado confluye en los tipos de construcciones, que dependen de criterios como los materiales empleados (varillas de hierro, cemento, arena, etc.), la localización de la infraestructura o la tecnología empleada. Por esa razón, el especialista debe evaluar minuciosamente la calidad de los materiales y el plano de la construcción.

2.1. Construcción residencial

Se puede definir a la construcción residencial como aquella destinada exclusivamente a brindar una vivienda a las personas (Velarde, 2011).

2.1.1. Construcciones residenciales según su tamaño

Se pueden clasificar en dos tipos: de gran escala y mediana o pequeña escala. En el primer grupo se encuentran los rascacielos, donde pueden habitar varias familias, por tanto, las construcciones residenciales son multifamiliares, a diferencia de las construcciones de mediana o pequeña escala, en las que solo puede habitar una sola familia, claro ejemplo son las casas o los departamentos.

2.1.2. Construcciones residenciales según su grado de proclividad

Otro criterio de clasificación es el riesgo de presentar un daño estructural a raíz de algún desastre o movimiento, en otro término, su proclividad.



De acuerdo a este parámetro, se tienen 3 grados: alto, mediano y bajo. El primero indica que la edificación es bastante inestable y se encuentra proclive a sufrir algún daño en la infraestructura. Generalmente, las construcciones que tienen un alto grado de proclividad se encuentran ubicadas en zonas donde los suelos son bastante inestables (arcillosos), por lo que se puede originar algún deslizamiento. Claro ejemplo son los asentamientos humanos construidos en los cerros.

Un alto grado de proclividad también se debe al empleo de materiales de baja calidad o no apropiados para la edificación. Ello se puede ilustrar con el empleo de varillas de 6 mm para la construcción de cimientos destinados a un gran complejo residencial, lo cual ocasionaría una deficiencia en cuanto a la resistencia de las casas ante un fenómeno natural, como los sismos o temblores.

El grado medio de proclividad se refiere a que la edificación tiene una capacidad intermedia para soportar cualquier acción que atente contra su estructura. Usualmente, el estudio de suelos permite una cimentación regular del edificio y los materiales cumplen los estándares de calidad, sin embargo, no son los mejores. Se pueden encontrar construcciones de un grado medio de proclividad en los complejos residenciales, donde las empresas emplean materiales de mediana calidad para abaratar el costo total del proyecto o edificación planeado.

Las estructuras de grado bajo de proclividad han sido previamente planificadas mediante un estudio de suelos, materiales óptimos o de primera calidad, además, considerando la contratación de personal calificado (arquitectos, ingenieros, obreros cualificados). Comúnmente, las construcciones que presentan un bajo riesgo son las mansiones o los proyectos premium destinados a un público selecto.

En cuanto a los materiales más comunes utilizados en la infraestructura residencial, se encuentran las varillas de hierro de 6 mm, 9 mm y 12 mm, las cuales, junto al concreto, son la base para las columnas. Asimismo, se



debe considerar que las varillas de hierro no deben estar en contacto directo con el suelo, pues ello produce su oxidación. Otro material usado en las construcciones residenciales es el ladrillo, que debe poseer una cantidad mínima de aberturas porque ello influye en la resistencia del producto.

2.1.3. Construcciones residenciales según su relación respecto al medioambiente

Otro criterio de clasificación de las construcciones residenciales es su relación respecto al medioambiente, es decir, si estas son edificaciones ecológicas o no. En las dos últimas décadas, debido al problema del calentamiento global y el efecto invernadero, ha aumentado la construcción de este tipo de edificaciones, las cuales siguen los últimos modelos arquitectónicos.

Básicamente, las viviendas ecológicas, también llamadas *ecofriendly*, son aquellas que respetan al medioambiente y emplean diversos mecanismos para no dañarlo, como un mejor aprovechamiento de la luz solar para el alumbrado de espacios, el empleo responsable del agua mediante sistemas de medición o su reutilización, el uso de paneles solares como fuente de energía alternativa y la ventilación natural a través del uso de la vegetación como plantas decorativas o árboles.

Por el contrario, las edificaciones no ecológicas se pueden definir como las que no mantienen una relación armoniosa con la naturaleza. Este tipo de construcciones irrumpen en el ecosistema y lo altera. Algunos ejemplos son el vaciado de cemento a gran escala en un área verde, la deforestación masiva de árboles para la construcción de una edificación o el desperdicio excesivo de agua mediante cañerías de alta potencia o chorros. La Tabla 2 resume los distintos tipos de construcciones residenciales.

Por último, el proyecto residencial, específicamente de las casas o departamentos, se divide —según Magallón (2013)— en dos grupos: espacios para la vida en grupo y espacios para la vida individual. El primero, también llamado zonas sociales, abarca tanto las funciones activas (juegos) como



las pasivas (conversaciones grupales, estudios, escuchar música, ver televisión, cocinar y trabajar), y comprende áreas como el comedor, el salón y el garaje.

Por otra parte, los espacios para la vida individual son aquellos donde el sujeto puede realizar exclusivamente actividades pasivas como conversaciones privadas, leer y dormir. Asimismo, Magallón agrega a estos dos grupos las áreas de circulación, que son aquellas que posibilitan el tránsito de los habitantes de la casa por toda la infraestructura. Esto se puede ejemplificar con las estructuras como los pasillos, corredores, escaleras y zaguanes.

Tabla 2

Tipos de construcciones residenciales

Clasificación de las construcciones residenciales		
Según su tamaño	Según su grado de proclividad	Según su relación con el medioambiente
Gran escala	Grado alto	Viviendas ecológicas
Mediana o pequeña escala	Grado medio	Viviendas no ecológicas
	Grado bajo	

Nota: Adaptado de Banco Interamericano de Desarrollo (2019).

2.2. Construcción comercial

La construcción comercial es la infraestructura destinada a las transacciones de bienes y servicios (Hernández, 2012). En consecuencia, tiene como fin promover y establecer los negocios. La estructura paradigmática de este tipo de construcciones es el mercado, el cual no solo comprende la edificación, sino que también abarca características como la sensación de



amplitud y altura, la sensación de seguridad y la luminosidad de los escaparates. Por tanto, en las estructuras comerciales se considera también el factor psicológico del cliente, el fin es que se sienta lo más cómodo posible para que realice su compra con cotidianidad; así, el cliente interioriza la relación entre la compra y el placer, y la vincula con la edificación.

Según Hernández (2012), uno de los primeros centros comerciales fue la tienda Macy's, la cual aprovechaba la luz natural por medio de sus grandes ventanales. Asimismo, esta edificación supuso el paradigma para los centros comerciales modernos, ya que cada escaparate tenía la misma longitud, por ende, existía un estudio consciente de la distribución del espacio. Además, sus amplios pasillos otorgaban un área de recreación para los clientes, lo cual supuso una innovación arquitectónica al vincular el paseo con las compras.

Sin embargo, los *malls*, tal y como se observan actualmente, se constituyen a partir de 1945, puesto que, al término de la Segunda Guerra Mundial, el hierro reforzado adquirió gran relevancia, lo que permitió la construcción de estructuras con moldes en serie. Un claro ejemplo es el Country Club Plaza, ubicado en Kansas City, el King Cullen de Nueva York, el North Gale de Seattle y el Southdale de Minneapolis.

Por otra parte, Luna (2017) indica que los centros comerciales ofrecen la capacidad al cliente de comparar distintos precios y productos en un mismo lugar. Además, los centros comerciales, para ser considerados como tales, deben cumplir una serie de características como tener una o más tiendas, incluir cafeterías, bares, agencias bancarias y administrativas, estacionamientos y distintos giros comerciales.

Asimismo, las estructuras comerciales se pueden clasificar por su imagen y distribución comercial. De este modo, se tiene a los locales de ventas que se pueden definir como áreas donde se colocan los mostradores, exhibidores, bodegas, cajas y baños. Otro tipo de infraestructura son los edificios comerciales que se distinguen debido a que en el primer piso se ubican



tiendas departamentales y en el segundo se localizan oficinas o agencias bancarias. Además, algunos edificios comerciales cuentan con un subsuelo que está destinado al estacionamiento de vehículos.

Una tercera estructura comercial son las tiendas en hileras, que comúnmente se distribuyen por toda una calle. Estas pueden compartir el mismo rubro económico o no, a diferencia de los bazares (cuarta estructura comercial), que obligatoriamente se dedican a un comercio exclusivo, como venta de abarrotes, ropa, equipos electrónicos, entre otros.

Tabla 3

Tipos de centros comerciales

Clasificación de los centros comerciales por su imagen y distribución	
Centro comercial	Descripción
Locales comerciales	Poseen mostradores, exhibidores, bodegas y baños.
Edificio comercial	Presenta dos pisos; el primero dedicado al comercio de ropa o comida; y el segundo, a agencias bancarias.
Tiendas en hileras	Conjunto de comercio que comprende toda una calle o cuadra. Pueden vender el mismo producto o no.
Bazar	Se dedica a un rubro exclusivo, como venta de abarrotes, equipos electrónicos, productos de ferretería, etc.
Conjuntos comerciales	Estructura que abarca en su interior a locales y edificios comerciales, tiendas en hileras y bazares.

Nota: Adaptado de Sinticala (2019).

Por último, se hallan los conjuntos comerciales que son edificaciones que abarcan uno o más centros comerciales; por consiguiente, dentro de estos se pueden encontrar los locales de ventas, tiendas en hileras, edificios comerciales y bazares. Generalmente son llamados *super malls*, y su masificación se dio a fines de la década del noventa, debido a la difusión de la



doctrina capitalista y la consecuente caída del socialismo a nivel global. La Tabla 2 resume la clasificación de los centros comerciales.

Un segundo criterio para catalogar a las estructuras comerciales es el tamaño (área) que abarca y la cantidad de oferta. Así, se presentan los centros comerciales regionales, que comprenden un área de 40 000 m²; los grandes mercados, que oscilan entre 15 001-40 000 m²; los pequeños mercados, que fluctúan entre 4001-15 000 m²; y las galerías comerciales, que comprenden un tamaño aproximado de 4000 m². Respecto a la oferta que pueden dar al cliente, las estructuras comerciales se dividen en mayoristas y minoristas; las primeras incluyen a los centros comerciales regionales y los grandes mercados, mientras que las segundas son representadas por los pequeños mercados y las galerías comerciales.

Además, según Cerda (2002), hay cuatro tipos de áreas no especificadas, que son los hipermercados, los cuales incorporan más de 40 establecimientos; las ferias o parques de actividades comerciales, que ofrecen una venta minorista; los centros temáticos, que son lugares dedicados al ocio bajo una misma temática comercial; y los mercados municipales que se localizan en las zonas centrales de los distritos y se encargan de proveer productos de primera necesidad.

Por otro lado, el éxito de una estructura comercial se debe, primordialmente, a la ubicación, a la oferta de productos (diversidad), la correcta distribución de los escaparates, el análisis del segmento social consumidor, las tendencias (marketing), los estacionamientos seguros, la diferenciación de la oferta y el proyecto de negocios que priorice al cliente.

Finalmente, se puede acotar que los pasajes también se configuran como otro tipo de estructura comercial. Estos se remontan a Europa de finales del siglo XIX, específicamente, en Inglaterra y Francia. Asimismo, en los pasajes se suelen extender las tiendas en hileras y bazares; además, por su forma de planificación, estas estructuras también funcionan como medio de comunicación con otras calles o ciudades, en consecuencia, no solo son



edificaciones comerciales, sino como rutas de conexión y tránsito peatonal.

Del mismo modo, los pasajes exhiben formas como las galerías y arcadas, las cuales gozaron de popularidad a inicios del siglo XX, debido a que siguieron tendencias como el art deco y se valieron de elementos modernos como el hierro y el vidrio. Así, los pasajes se convirtieron en obras de arte urbanísticas y comerciales, claro ejemplo son The Cleveland Arcade en Ohio, el New Trade Halls en Moscú, la Galerie de Saint Hubert en Bruselas, entre otros.

Pese a su popularidad a inicios del siglo pasado, a mitad de dicho periodo, los pasajes dejaron de construirse debido al aumento demográfico, lo que provocó la búsqueda de nuevas rutas, como las carreteras, que vincularon a la población con los primeros supermercados de los años cincuenta.

2.3. Construcción industrial

Las construcciones industriales son aquellas destinadas al soporte y desarrollo de las actividades industriales. Generalmente, estas estructuras están formadas con concreto o hierro, puesto que las actividades pesadas requieren de una edificación sólida y duradera. Entre las construcciones industriales se tienen las refinerías, las plantas de cemento, las centrales hidroeléctricas y las plantas de cal.

Dependiendo del tipo de financiación, las infraestructuras industriales pueden ser públicas o privadas. Las primeras se financian por medio del dinero del Estado a través de los distintos ministerios u organismos gubernamentales que intervienen en tal función; mientras que las privadas responden a capital extranjero y, por lo general, se encuentran bajo dominio de las transnacionales. Pese a la diferencia en la financiación, las construcciones industriales, en la mayoría de los países, son la base sobre la cual se genera la mayor cantidad de divisas.



Figura 2

Refinería de Talara



Nota: Tomado de Petroperú (2014).

Además, según Peralta y Serpell (1991), este tipo de edificaciones presenta una tendencia a grandes accidentes, los cuales son causados por agentes físicos o químicos, como estrechez del área laboral, suspensión de andamios o plataformas, mala distribución de maquinarias, instalaciones eléctricas en mal estado, radiación, soldadura, gases o humos metálicos.

Por otra parte, De la Cruz y Del caño (2001) mencionan que, desde mediados de 1980, las construcciones industriales muestran una preocupación por la preservación del medioambiente, puesto que los relaves mineros, los vertederos de aguas contaminadas y el arrojo de residuos de las plantas de cemento y cal representan más de la mitad de los daños hacia nuestro planeta Tierra.



A raíz de ello, la construcción de canales especializados, como las plantas de tratamiento de aguas residuales en los campamentos mineros, se ha convertido en una normativa para todo tipo de actividad industrial; su falta de implementación corresponde a una severa violación en la mayoría de los códigos laborales.

Asimismo, dentro de las construcciones industriales se suelen agregar los campos de recreación, estructura que obedece a la demanda del tiempo de ocio por los trabajadores. Así, se encuentran lozas deportivas o comedores con acceso a proyectores cinematográficos. Generalmente, la construcción de los campos de recreación está enfocada en lugares donde la jornada laboral es intensa, como los campamentos mineros, y se necesita de una cercana inspección de los procesos industriales llevados a cabo.

De la misma manera, para facilitar la conexión entre plantas o áreas de trabajo se observan los puentes industriales, cuya función es disminuir el tiempo de tránsito del personal calificado, además de que permite el desplazamiento de vehículos y materiales empleados en la infraestructura industrial. Comúnmente, estas estructuras suelen edificarse con varillas de hierro, debido a su resistencia y fácil transporte.

El conjunto de construcciones netamente industriales (fábricas, área de procesamiento y selección de materiales) unido a las zonas de recreación obrera son conocidos como parques industriales. Un parque industrial es definido por la Asociación Mexicana de Parques Industriales Privados (2010) como un espacio planeado que comprende sectores extraeconómicos e industriales que se encarga, mediante operaciones internas, de proveer bienes o servicios a una determinada empresa o comunidad. Un parque industrial es, pues, un conjunto dinámico que promueve el desarrollo socioeconómico de un país a través de la administración y posterior explotación de recursos naturales con técnicas industriales.



2.4. Construcción de obras públicas

La construcción de obras públicas responde a una terminología general que se aproxima a la proyección, preparación y a la entrega con su respectivo mantenimiento de cualquier estructura que está destinada para uso civil. Asimismo, Serebrisky et al. (2020) reconocen que existe una relación directa entre la construcción de obras públicas y la calidad de vida de las personas, ya que el levantamiento de edificios, casas u otros bienes inmobiliarios se traduce en una mayor inversión de capital tanto nacional o extranjero, lo que genera un aumento de puestos laborales y la movilidad de la economía.

Por otro lado, Giglio et al. (2018) incluyen a las represas, los puentes, las carreteras y los aeropuertos dentro de las obras públicas. En consecuencia, estas abarcarían la infraestructura de transporte, hidráulica y urbana. Aunque es preciso señalar que existen distintas clasificaciones respecto a las obras públicas, como la propuesta por Baskakova y Malafeev (2017), que divide a las edificaciones públicas en económicas (carreteras, puertos marítimos y aeropuertos) y sociales (redes eléctricas, gas, desagüe y agua).

Figura 3

Infraestructuras verdes



Nota: Tomado de García (2008).



Asimismo, es pertinente indicar que también existen las infraestructuras verdes, las cuales refieren a paisajes naturales como los bosques de pino, por ejemplo, y a los ambientes artificiales como los parques, donde hay una intervención directa del hombre en su constitución. Estas infraestructuras verdes generalmente se integran a proyectos urbanísticos como condominios o se ubican a lo largo de las carreteras. Además, las infraestructuras verdes permiten la oxigenación y ventilación natural, y también pueden utilizarse como ornato.

2.4.1. Infraestructura de transporte

Se define a la infraestructura de transporte como el proceso de elaboración de vías o rutas para todo tipo de transporte. Su función principal es conectar las principales actividades y puestos de desarrollo comercial e industrial; no obstante, Meijer et al. (2018) indican que las infraestructuras de transporte pueden, paradójicamente, desconectar o aislar a un grupo específico. Por ejemplo, las rutas estatales de provincia suponen una desconexión para los agricultores que no poseen vehículos terrestres.

Por esta razón, la infraestructura de transporte debe ser pensada previamente mediante un proyecto urbanístico, ya que su función principal de unir o aproximar los puntos comerciales puede convertirse en un aislamiento. Actualmente, las construcciones viales trabajan en conjunto con los softwares de localización, como los GPS, lo cual ha permitido un mayor conocimiento sobre las nuevas rutas de transporte por parte de los ciudadanos.

Dentro de la infraestructura de transporte se encuentran las carreteras, las cuales no solo incluyen las pistas para los automóviles, también los paraderos, las veredas y los puentes por donde transitan los peatones. Por tanto, de forma integral, una carretera es todo un sistema terrestre que permite la conexión y el tránsito de personas y vehículos.



El sistema moderno de carreteras aparece tras la Primera Guerra Mundial, debido al desarrollo de la industria bélica que supuso un aumento de la tecnología aplicada en los vehículos de guerra, como las camionetas militares. De esta manera, con la aparición de potentes motores y la producción en serie, los carros ya no eran vistos solo como transporte destinado para la guerra; estos fueron considerados como medio de transporte masivo para civiles.

Así, la necesidad de nuevas vías para el carro llevó a la construcción de carreteras a gran escala, las cuales fueron planificadas con el objetivo de unir los centros comerciales e industriales con los hogares. Sin embargo, los primeros proyectos de carreteras no advirtieron el fenómeno del tráfico, el cual comenzó a tomar importancia a partir de 1960 (Coronado y Garmendia, 2008).

Otra infraestructura de transporte son los puertos, que son empleados para el resguardo de barcos, además, es espacios donde se descargan y almacenan los productos que las naves marítimas transportan (Rúa, 2006). Asimismo, los puertos funcionan como puestos para los diversos flujos comerciales, por tanto, son vías de conexión, venta y de intercambio de productos.

Además de las funciones realizadas, los puertos sirven como medio de transporte de personas; son, pues, una vía alterna a las carreteras y aeropuertos. La normativa portuaria exige que los individuos transportados en barcos, buques o cualquier otro medio marítimo pasen rigurosamente por una prueba de sanidad, ya que los puertos tienden a ser lugares de contagio de enfermedades endémicas.

Por otra parte, los puertos no solo se configuran como lugares de descarga y almacén de productos, sino que también son centros industriales, pues se elaboran distintos tipos de productos, comúnmente, se relacionan con la pesca, por ejemplo, la fabricación de conservas de atún. También sirve como medio donde se suele finalizar el proceso de ensamblado de los au-



tomóviles, ya que ello ahorra en gran parte el transporte del vehículo por vía marítima, por ende, supone una reducción del flete.

Por tanto, los puertos pueden ser considerados como estructuras multifuncionales al configurarse como interfaces de transporte tanto de mercancías como de humanos, además de cumplir la función de resguardo de los barcos y buques, y funcionar como áreas de ensamblaje de automóviles u otros productos industriales, al igual que un centro de producción de alimentos, como las conservas de atún.

De similar manera, las plataformas militares marítimas también suponen una infraestructura de transporte, aunque su uso está delimitado solo para el Ejército, Fuerza Aérea y Marina de Guerra. Estas estructuras funcionan como centro de operaciones para prevenir el tráfico ilícito de drogas, la piratería y para realizar maniobras o ensayos bélicos. Asimismo, las bases navales también se emplean como centro de refacciones y ensamblajes de vehículos militares, y, ocasionalmente, cumplen el rol de transportar refugiados de países en conflicto, por ende, son un medio de transporte en caso de guerras.

Un tercer tipo de infraestructura de transporte son los aeropuertos, que se incluyen en esta clasificación de estructuras por las pistas de vuelo, las cuales se dividen según el tipo y el modo de vuelo, que puede ser controlado o incontrolado. El primero se realiza tanto en horas diurnas como nocturnas, sin importar que la visibilidad sea buena o mala, ya que los vuelos controlados se valen de reglas de instrumentos (Galíndez, 2016). Los vuelos controlados se apoyan en el tablero que posee el avión y en el análisis que realizan los equipos terrestres (trazado de ruta, altímetro, estudio meteorológico, etc.). Este tipo de vuelos se presenta en espacios aéreos controlados, que son divididos en alto, largo y ancho, los cuales permiten la clasificación vertical, por tiempos y por espacios, con la finalidad de que los aviones puedan ascender y descender con total seguridad.



En cuanto a los vuelos incontrolados, estos son aquellos que siguen reglas visuales y se ejecutan bajo responsabilidad del piloto. Al emplearse —casi en su totalidad— el sentido de la vista, este tipo de vuelos se realiza solamente en el día y con buen tiempo atmosférico (Galíndez, 2016). Generalmente, en los vuelos incontrolados se utiliza una velocidad baja y el piloto suele emplear estimaciones para poder ampliar el margen de seguridad.

Con base en los vuelos controlados e incontrolados, hay pistas de vuelo: visual y por instrumentos. Las primeras son utilizadas en procedimientos visuales que se basan en estimaciones matemáticas y solo cuando hay un buen tiempo. Por otra parte, la llamada pista de vuelo por instrumentos es la destinada para vuelos que se encuentran sujetos al instrumental terrestre.

2.4.2. Infraestructura hidráulica

La infraestructura hidráulica, según Melgarejo (2015), es un bien artificial asociado al agua. Debe cumplir dos objetivos: el aprovechamiento hídrico y la afectación de un bien natural vinculado al agua (obras de defensa ribereña, desvío de cauces y trasvases). Algunos ejemplos de este tipo de estructura son los canales de regadío y las bocatomas.

Asimismo, la infraestructura hidráulica se puede dividir en común o propia. En cuanto a la primera, su misión es satisfacer la necesidad de una comunidad que necesita el agua para fines agrícolas o para consumo directo. Generalmente, la infraestructura hidráulica común está administrada por una entidad privada o por el Gobierno, que se encargan de la regulación, derivación, distribución y almacenamiento del agua.

Respecto a la propia es aquella destinada a una sola persona y que cumple un fin específico. Podemos ilustrar ello con la proyección de las tuberías para una casa o departamento. Comúnmente, este tipo de instalaciones la realiza un ingeniero civil con apoyo de un especialista sanitario que previamente proyecta el plano de las cañerías para su posterior instalación.



Otro modo de clasificar a las infraestructuras hidráulicas es de acuerdo a su sujeción, pertenencia o administración. Así, se tiene a la infraestructura hidráulica pública; la cual está administrada por el Estado, que se ocupa de la regulación, el trasvase y la distribución del agua; a diferencia de la infraestructura hidráulica privada, que posee la titularidad de la infraestructura y da servicios al Estado, bajo previo contrato, o utiliza el recurso hídrico para un objetivo particular.

Una tercera forma de catalogar a las infraestructuras hidráulicas es a partir de sus dimensiones. De esta manera, se encuentran las mayores que comprenden una capacidad mayor a 180 millones de metros cúbicos (mmc) o también entre 20 y 180 millones mmc. Las menores sirven para distribuir y almacenar agua. Además, por su capacidad menor, se conectan con las edificaciones hidráulicas mayores. En cuanto a su medida, estas comprenden un rango menor a 20 millones mmc.

Otro criterio para clasificar a las obras hidráulicas es el tiempo, parámetro que divide a estas infraestructuras en permanentes y transitorias. Las primeras se relacionan con proyectos de largo plazo y mantienen un vínculo con las edificaciones mayores. Las transitorias responden a actividades específicas, como distribución o almacenamiento complementario, además, se encuentran anexadas a infraestructuras menores y trabajan por temporadas.

Tabla 4

Tipos de infraestructuras hidráulicas

Clasificación de las obras hidráulicas			
De acuerdo a la necesidad de los individuos	Según la administración o titularidad	De acuerdo a sus dimensiones	Según el tiempo de la edificación
Común	Pública	Mayor	Permanente
Propia	Privada	Menor	Transitoria

Nota: Adaptado de Melgarejo (2015).



Dentro de las infraestructuras hidráulicas, se hallan los embalses, también llamados pondajes o reservorios. Su función principal, de acuerdo con Pérez (2016), es acumular el agua de las lluvias para que, posteriormente, sean usadas en tiempo de estiaje. Una ventaja del sistema de embalses es el aumento de la superficie de riego, también contribuye con el progreso de la industria pesquera, controla la creciente de los ríos y evita el daño por las inundaciones.

Respecto a las desventajas de los embalses, se encuentran la alteración de los ecosistemas nativos, las emisiones de gases de efecto invernadero, la intromisión en los ciclos reproductivos de las especies marinas, la modificación de la flora local y el incremento de la actividad sísmica a causa del llenado de embalses.

Un segundo tipo de infraestructuras hidráulicas son las presas, que son paredes que se ubican en una parte del río para acopiar parte del agua. Otras de las funciones de las presas son la conservación de aguas para el periodo de sequía y el control de crecidas por medio de la liberación progresiva del agua.

La construcción de una buena presa requiere la ubicación —se suele usar el cuello de botella como área natural propicia para las presas—, además, la garganta —estructura por donde pasa el agua— debe ser estrecha, y el embalse, amplio. Además, a partir del empleo de los materiales de construcción se puede clasificar a las presas en rígidas, las cuales están estructuradas con materiales macizos como el hormigón, mampostería y acero; y de terraplén o relleno, este tipo de presas utilizan como base los enrocados y son las más abundantes, debido a su menor coste.

Un tercer tipo de infraestructura hidráulica son las bocatomas. De acuerdo con Pérez (2016), son las distintas obras que tienen por finalidad acumular un volumen de agua que está destinada a impulsar plantas energéticas, canales de irrigación o abastecimiento público. Para la instalación de una bocatoma, se necesita un estudio topográfico (tipo de suelo) y un análisis



hidrológico (tipo de cauce, pendiente de los ríos) y otro geotécnico (perforaciones con diamantina).

Por último, los desarenadores se encargan de decantar y remover el material sólido de una corriente. Separan las impurezas del agua para que esta pueda ser útil para los proyectos hidroeléctricos y los canales de irrigación. Asimismo, los desarenadores cuentan con un canal hidráulico que distribuye uniformemente el agua y un canal sedimentológico que se encarga del depósito por gravedad de las impurezas.

2.4.3. Infraestructura urbana

En términos generales, la infraestructura urbana se refiere al conjunto de obras que integran las ciudades y permiten su carácter funcional y estético. Comúnmente, la infraestructura urbana simboliza el avance o progreso de la sociedad, ya que las edificaciones más complejas suponen una conquista de la ruralidad y una primacía del medio artificial (Andrés, 2008).

Las estructuras paradigmáticas del urbanismo son los edificios y las casas, los cuales —según De Solminihac y Thenoux (2011)— se clasifican en tipos: las estructuras del tipo A son aquellas que tienen soporte de acero, perfiles del mismo material y losas de hormigón armado; las de tipo B son construcciones que tienen base de hormigón, los perfiles presentan una estructura mixta (acero y hormigón) y el suelo es de hormigón. Las del tipo C tienen muros de soporte de ladrillo, entrepisos de hormigón y madera, y presentan un máximo de tres pisos, los cuales no pueden pasar los 5 metros.

Además de estos tres tipos principales, De Solminihac y Thenoux agregan los siguientes tipos: la clase D, que consiste en aquellas estructuras que poseen muros de piedra, losas de hormigón y tienen un máximo de dos pisos que no pueden superar los 2.6 metros; la clase E, en donde se encuentran aquellas edificaciones que presentan soportes de madera, paneles de fibrocemento o yeso, y entrepisos de madera; la clase F, que refiere a las cons-



trucciones de adobe, cemento o materiales livianos, y cuyos entrepisos son de madera.

En cuanto a las tres últimas clases, estas se incluyen dentro del espectro de la pobreza. Así, la clase G refiere a las construcciones prefabricadas con estructura metálica, paneles de madera, yeso y cartón. Este tipo de construcciones no pueden exceder los dos pisos, que deberán tener una altura de 2.6 metros. En la clase H se hallan las viviendas prefabricadas de madera, cuyos paneles también son de este material; al igual que el anterior tipo, no puede exceder los dos pisos ni la altura de 2.6 metros. Por último, las estructuras de la clase I son prefabricadas con placa o poliestireno, reforzadas con mallas de acero, además, no deben tener más de dos pisos que superen las medidas de la clase H.

Respecto a los componentes de la infraestructura urbana, esta presenta cinco principales.

1. Fundición de la estructura del terreno, este componente pertenece al periodo de proyección;
2. Cuerpo, que sirve como base de la edificación;
3. Techumbre o cubierta, que también funge como componente estructural y funcional de la construcción;
4. Terminaciones, que se dividen en principales (pisos, puertas, ventanas, aislaciones) y detalladas (junquillos, guardapolvos y demás elementos estéticos).
5. Instalaciones, de agua, luz, gas y los ascensores.

Por otra parte, resulta importante destacar los grandes problemas de la infraestructura urbana, entre los que destaca la falta de planificación, comunicaciones (pistas, puentes, paraderos) e instalaciones (servicios de agua y luz, principalmente). La mayor parte de estos problemas se observa en Latinoamérica, región que, desde fines de los años noventa, inició una po-



lítica de reorganización de los asentamientos humanos, las barriadas y las favelas, la cual, apoyada por una política de control natal, pudo modificar ciertos espacios marginales y darles una funcionalidad; esto es, los espacios fueron adaptados para que sus habitantes gozaran de las instalaciones básicas, como el agua y la luz, por ejemplo.

No obstante, en dichos espacios todavía existe un gran reto para la infraestructura urbana: la comunicación y la segregación. Respecto a lo primero, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal, 2002) indica que, en la nueva era de la globalización, varias infraestructuras urbanas todavía no tienen acceso a internet, además, la pavimentación de pistas se encuentra cercana al 50 %. Existe aún, entonces, mucho trabajo para los Gobiernos locales con apoyo de las municipalidades.

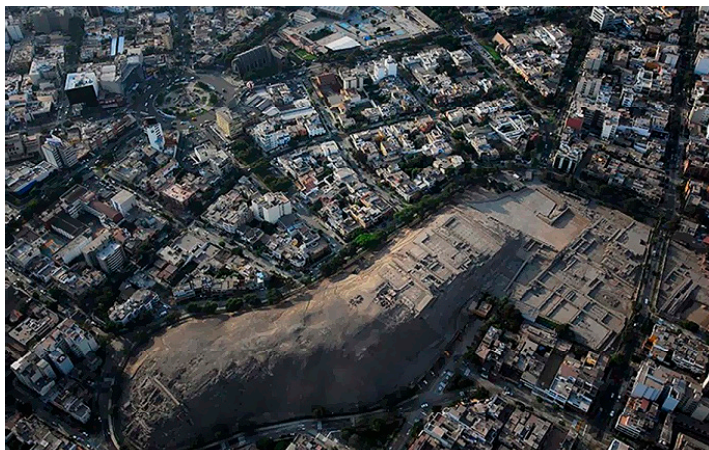
En cuanto a la segregación, esta refiere a la brecha entre ricos y pobres, la cual se ha incrementado en la primera década del siglo XXI en América Latina. En consecuencia, las infraestructuras urbanas en las zonas marginales siguen siendo deficientes. La falta de planificación urbana, así como el empleo de materiales precarios como calaminas, adobe, cartones y llantas de automóviles, todavía es una constante en estas edificaciones. Asimismo, si bien las condiciones de saneamiento han incrementado —por ejemplo, el alumbrado público y la red de cañerías—, permanece latente el problema de la masificación de estos servicios; de igual manera, el flujo eléctrico y la potencia del agua cumplen las condiciones mínimas.

Estos dos problemas (falta de comunicación y segregación) han ocasionado, según Sáez (2015), un aumento de la violencia. La falta de oportunidades, la carencia de infraestructuras urbanas —como colegios que incrementen la tasa de alfabetización— y la falta de comisarias —espacios que sirven para vigilar y proteger a los ciudadanos— agudizan el problema de la violencia en los márgenes de la ciudad.



Figura 4

Asentamiento humano Huaca Pucllana



Nota: Tomado de Sáez (2015).

Asimismo, la falta de elementos pertinentes para la construcción de casas origina un efecto psicológico de vandalismo, esto es, una incorrecta planificación, el uso de materiales no idóneos sumado a una deficiente comunicación promueve un aumento de la tasa delincuencia; de esta manera, se establece una relación directa entre persona e infraestructura urbana donde el mal aspecto de la segunda influye en la primera.

En conclusión, Sáez identifica el factor psicológico de las ciudades, las cuales, al ser edificadas con base en un proyecto de recuperación de una parte de la tradición de los habitantes —como proponían los urbanistas de los sesenta—, pueden humanizarse favorablemente, pero, si carecen de un plan urbanístico, estas mismas promueven una degeneración social que se traduce en violencia y delincuencia.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN VIAL

Cualquier edificación, de uso privado o del ciudadano, no puede construirse en un territorio sin la asistencia de un proyecto que, por medio de pasos continuos, se dirija a verificar la viabilidad y regulación de los planos, presupuestos y productos finales de la construcción. Este proyecto, en general, tiene el fin de manejar y organizar todo lo que encierra el proceso de elevación de una infraestructura como los puentes, los túneles, las autopistas, las carreteras, las obras de alcantarillado, los establecimientos salubres, las redes de electricidad y otros elementos más. De ese modo, la construcción vial también en proyectos para lograr el alzamiento eficiente de una infraestructura vial.

La construcción vial consiste en una serie de acciones encaminadas a producir nuevas obras viales, así como a restaurarlas para su conservación. Este proceso, en nuestros días, se ha desplegado como una preocupación, puesto que muchos proyectos se posponen y, por lo tanto, producen efectos negativos en la elaboración de un área vial. Por ello, las empresas del sector de transporte se han trazado como meta la puesta en práctica de



una oportuna cantidad de etapas, con técnicas actuales y procedimientos determinados, para erigir una durable y resistente subestructura vial. En tal sentido, las entidades deben adoptar medidas estratégicas, ventajosas e innovadoras que, además de incrementar la fuerza de carga de los pavimentos y carreteras, establezcan conexiones entre localidades y naciones con miras a un mejor desarrollo económico y social de todo un país.

En este capítulo, se estudian a fondo las etapas de toda la construcción de una infraestructura vial como las carreteras, por ello, se inicia brindando las implicaciones de dicho proceso. Luego, se detalla sobre las primeras actividades que demanda el levantamiento de una vía de transporte, eventos necesarios para desentrañar las labores que corresponden realizar durante la praxis constructora. Finalmente, se describen las tareas esenciales del proceso de construcción en sí, desde que se llega al lugar hasta el moldeamiento de las capas del pavimento de las carreteras.

3.1. Proceso constructivo

Un proceso constructivo o la construcción se configura como el conjunto de actividades que se desarrollan para edificar una infraestructura; es decir, es un proceso previo a la existencia de espacios en los que habitan, se albergan o se reúnen muchas personas. Se deriva de la planeación de un proyecto de construcción y de una determinada cantidad de estudios preliminares.

En líneas generales, el proceso constructivo se asienta como la realización de un proyecto. La calidad de este proceso impacta en la resistencia o blandura de la estructura de cualquier instalación o infraestructura (Aceros Arequipa, 2020). Por su parte, Hurtado (2018) apunta que, durante el periodo que dura todo proceso constructivo, se debe contar con un sistema de monitoreo y fiscalización del personal con la aspiración a aplicar modificaciones, en caso surjan inconvenientes o demoras durante las tareas del proceso.



Tal como se ha señalado, la construcción también alude al mismo proceso constructivo; es decir, funciona como sinónimo de construcción; entonces, se comprende que el proceso constructivo, tal como Pilsitz (2018) afirma, es un elemento que no se puede elidir del diseño ni del uso que una edificación adquiere.

Además, este proceso debe involucrar aspectos relacionados con el cambio climático y la sostenibilidad para que su impacto en el ambiente no sea de preocupación. Asimismo, se tiene la expectativa de que el proceso constructivo o proceso de construcción implique un cambio radical hacia una configuración avanzada al pasar de un enfoque en proyectos a un enfoque basado en productos (McKinsey and Company, 2020). Por tanto, la evolución del proceso constructivo debe experimentar un giro en la perspectiva que guía su camino con el fin de generar productos sostenibles para la humanidad y el planeta.

Por su parte, Douglas (2016) señala que todo proyecto de construcción debe realizarse a través de un contrato, en el caso de que existiera un contratista; asimismo, se deben tomar en cuenta los riesgos del proyecto como los retrasos y sobrecostos; por ello, es sustancial abordar temas sobre los equipos, los materiales y la mano de obra a necesitar.

En realidad, de acuerdo con varios autores, es indiscutible que el proceso constructivo siempre está relacionado con un proyecto de construcción y su gestión. En ese sentido, la gestión de la construcción se comprende —de acuerdo a lo indicado por *Ministry of Construction, the Republic of the Union of Myanmar* (2019)— como la forma en que se maneja el proyecto de construcción desde el principio hasta la finalización del trabajo realizado por entidades relacionadas o grupos asociativos.

El proceso constructivo sigue pasos agrupados en fases que incluyen todas las actividades, desde la preparación del sitio hasta el manejo de la construcción in situ, considerando los materiales y tecnologías usadas (Peretti y Druhmman, 2019). Por lo tanto, se entiende que las actividades y los



materiales que formen parte de la construcción deben adecuarse a las necesidades actuales.

Las actividades que se realizan en un proceso constructivo son distintas y generalmente son conocidas como operaciones. En relación con ello, Sheridan (2019) indica que las operaciones de construcción no solo abarcan alteraciones, reparaciones y mantenimiento, sino también otras, como la decoración y estética del producto final.

3.2. Construcción vial y sus primeras etapas

Considerando aspectos históricos de la construcción vial, se estima que esta construcción se inició junto con el automóvil, aproximadamente, en 1800; sin embargo, es posible que los caminos, en general, hayan sido usados desde la invención de la rueda, es decir, hace alrededor de 5500 años antes. Posteriormente, la construcción moderna de los caminos comenzó a desarrollarse en 1869, dentro de Estados Unidos; se empleaba una máquina de fácil uso y más eficaz que las máquinas de uso manual. Durante los últimos años, se han presentado avances en la construcción de estos caminos o vías (De Solminihac et al., 2018).

Los avances de construcción vial están tomando en cuenta nuevos criterios como el de sostenibilidad, dado que —tal como Balaguera et al. (2018) afirman— contribuyen al desarrollo de los países y proporcionan empleo y servicios a los ciudadanos. Asimismo, el criterio de sostenibilidad promueve la incorporación de materiales alternativos ecológicos, puesto que ayuda a aminorar el uso de los materiales tradicionales.

Por ejemplo, la construcción vial en China ha incrementado el producto bruto interno (PBI) del país, especialmente, en zonas rurales. Asimismo, las mejoras de carreteras en regiones urbanas han contribuido con la elevación del PBI de las industrias manufactureras y de los servicios de tal país (Ng et al., 2018). Esto es un excelente modelo que destaca la importancia de la construcción vial dentro de una nación.



La mayoría de los impactos ambientales, durante el proceso de construcción vial, se relaciona con la remoción de capas superficiales del suelo, la nivelación y separación de los suelos, modificación de los principios naturales de drenaje (proceso de reducción de los niveles excesivos de agua), variaciones en el agua subterránea, interferencias con la circulación de la fauna, erosiones, entre otros (Balaguera et al., 2018). Todos estos aspectos deben ser tomados en cuenta en cualquier construcción de carreteras.

El proceso de construcción de carreteras, al igual que cualquier otra edificación, requiere una gestión. De acuerdo con De Solminihac et al. (2018), esta gestión plantea como finalidad principal el manejo de todos los componentes que facilitan el óptimo funcionamiento de las carreteras, mediante una serie de actividades, de las cuales se admiten como acciones fundamentales las siguientes:

- Revisión de información sobre el tránsito
- Evaluación de redes y establecimiento de las prioridades con el fin de programar los trabajos
- Desarrollo de alternativas de diseño de acuerdo con la información de materiales, costos y tráfico
- La construcción, mantenimiento y evaluación de la infraestructura vial

Todas estas acciones son fundamentales para llevar a cabo una construcción o reconstrucción de una carretera. En cuanto al concepto de la construcción vial, esta es un proceso que consiste en la escarificación o nivelación de la superficie del suelo, humedeciendo, aireando y compactando las capas del suelo. Todas estas acciones propician que las capas sean capaces de soportar y distribuir uniformemente las cargas o pesos aplicados sobre el pavimento, que es el terreno que permite el tránsito de forma cómoda (Balaguera et al., 2018).

Por su parte, Soliminihac et al. (2018) sostienen que la construcción abarca actividades relacionadas con el contrato de trabajadores, la progra-

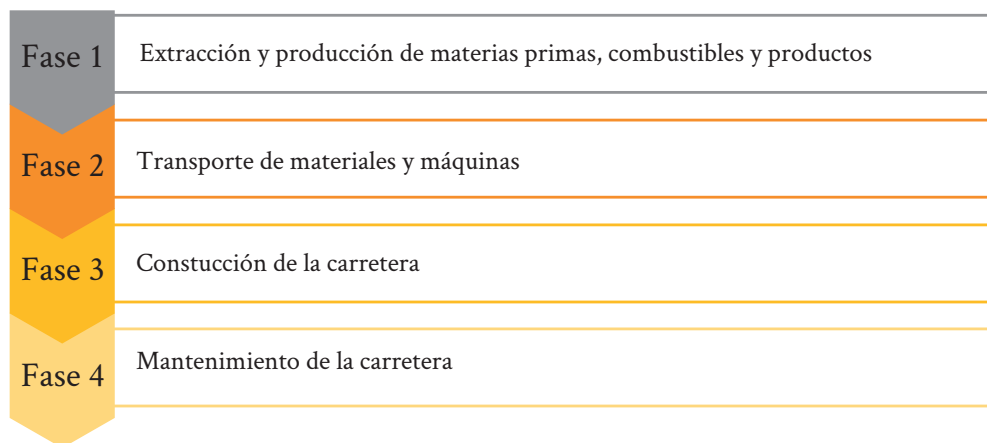


mación de tal trabajo y el desarrollo de actividades sobre construcción y mantenimiento de la calidad de las obras viales. La construcción vial, en tanto, además de abarcar acciones de cimentación y levantamiento de una vía o camino, incluye actividades referidas a proyectar la estructura y a proveerse de los recursos necesarios para comenzar con la elevación vial.

Asimismo, la construcción de una infraestructura conlleva una serie de pasos, aunque, en su mayoría, tales fases dependen del punto de vista de los ingenieros o de las personas dedicadas a la construcción. Particularmente, en el caso de la construcción de infraestructuras viales (carreteras), se desarrollan cuatro fases en un plano holístico, como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Fases generales de la construcción vial



Nota: Tomado de Trunzo et al. (2019).

1. Extracción y producción de materias primas, combustibles y productos. Se pueden reutilizar las materias primas y procesar los insumos para generar electricidad, vapor y calor, además de la extracción y la refinación.



2. Transporte de materiales y máquinas. En la segunda fase, se transportan los materiales y las máquinas al sitio donde la construcción tomará lugar.
3. Constucción de la carretera. En un tercer momento, se inicia la construcción in situ de las carreteras con el empleo de volquetes, iluminadores, y niveladoras en las operaciones constructivas.
4. Mantenimiento de la carretera. Por último, después del uso por parte de los usuarios, comienzan las prácticas de mantenimiento y alumbramiento.

Por otro lado, es preciso destacar que, después de ubicar y diseñar la vía, se planifica la obtención de permisos, fondos y terrenos con el fin de iniciar la estructuración del proyecto. En este proyecto, de acuerdo con Douglas (2016), se deben considerar principios ambientales como los siguientes:

- El impacto sobre el paisaje natural y la estética
- Los efectos en la composición de flora y fauna
- La repercusión generada en aguas extendidas, tanto en la superficie como en las profundidades del planeta
- La contaminación acústica y las emisiones de impurezas y polvo
- La trascendencia de espacios históricos y culturales
- Las problemáticas sociales
- La obstaculización de los parámetros de tránsito en carreteras

En resumen, la construcción de carreteras es plasmada como el conjunto de actividades que involucran la excavación, el levantamiento de capas y la creación de un pavimento óptimo con la finalidad de permitir el paso o el tránsito de medios de transportes y de personas que se trasladan de un lugar a otro. No obstante, este proceso adopta, en un primer momento, acciones encaminadas a rastrear la zona donde se creará la nueva vía.



3.2.1. Estudio del proyecto

De manera general, los proyectos de construcción han sido concebidos como un conjunto de actividades diseñadas para producir un producto, servicio o resultado único. Este proyecto es calificado como temporario en naturaleza, ya que tiene un inicio y final definido (Ramiah et al., 2018). Esto revela que tales proyectos deben fijar, oportunamente, un periodo respectivo para la creación de la estructura.

Por su parte, Albuja et al. (2018) añaden que un proyecto de construcción de cualquier obra precisa de toda la documentación pertinente antes de su inicio, así como del desarrollo de estudios concluidos sobre el diseño, planos y técnicas propias de la obra. Además, este proyecto debe focalizarse en encontrar los costos más provechosos para las operaciones.

En esa misma temática, los proyectos de construcción incluyen tres aspectos esenciales: edificación, infraestructura y construcción industrial. La edificación industrial, o únicamente edificación, se divide en comercial y residencial, mientras que la construcción industrial implica refinerías, plantas de energía, molinos y plantas de edificación. Todos estos proyectos se identifican por el proceso de plantas y varían en tamaño y complejidad (Storm, 2019). La variedad de proyectos existentes es producto de las múltiples infraestructuras a crear, lo que es sumamente esencial para el desarrollo global de un proceso constructivo.

Willar et al. (2019) consideran cuatro fases de infraestructura en tales proyectos: 3 el proceso de construcción y la entrega del producto de construcción:

1. Planeación. Se realiza la identificación de necesidades, programaciones y planes técnicos.
2. Selección de los proveedores de servicios. Se revisa, implementa y administra el plan de adquisiciones.



3. El proceso de construcción. Se desarrollan actividades de pre construcción, la propia construcción, control y monitoreo del progreso del trabajo.
4. La entrega del producto de construcción. En la última fase, se identifica y prepara la entrega del producto, se acepta el producto, se transfiere, además, se documenta y administra la entrega.

Por su parte, Politi et al. (2018) indican que los proyectos de un proceso constructivo consisten en cinco fases: la planeación, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento. La primera fase (planeación) permite la elaboración de un análisis y programación del proyecto, incluyendo los aspectos normativos como legislaciones. En lo que respecta a la etapa de diseño, se realiza un análisis del sitio, se coordina el diseño, se estiman los costos, se simula la energía y detectan algunas fallas. Cabe indicar que, dentro de este diseño, se pueden tomar en cuenta los diseños de presentación 3D. Respecto a la tercera fase (construcción), se desarrollan los diseños de sistemas de construcción, se simula un cronograma, se gestionan los recursos del sitio y se construye. Todo este proceso tiene la finalidad de cumplir las actividades planificadas en la primera etapa. Las dos últimas etapas (operación y mantenimiento) se refieren a la gestión del lugar del trabajo.

En síntesis, las fases del ciclo de vida de un proyecto pueden ser definidas de manera distinta, sin embargo, la naturaleza del proyecto de construcción puede ser reconocida desde el movimiento más pequeño hasta su inicio. En otras palabras, todo proyecto de construcción cuenta con fases, pero estas últimas pueden diferir de acuerdo con el alcance del proyecto y el patrón de las ejecuciones del proyecto (Willar et al., 2019).

Por otra parte, dentro de las fases de la ejecución de un proyecto de proceso constructivo, también se tiene en cuenta el ciclo de costos, el cual brinda el conocimiento de gastos que un proceso constructivo implica. Al respecto, Heralova (2019) indica que este ciclo trata de evaluar los costos de inversión, los gastos de las operaciones, del mantenimiento, de la



demolición y del valor residual de la construcción desarrollada; además, se analiza si un proyecto de construcción logra satisfacer los intereses del cliente.

Cabe indicar que, en la ejecución del proyecto del proceso constructivo, todos los costos están dirigidos a la empresa constructora o promotora. Por tanto, se tienen que considerar los costos de los materiales, de los transportes, de energía, de la mano de obra, así como de los costos de la tierra, dependiendo de las características de la zona de construcción (Cuéllar y Azapagic, 2015). Esto debe ser incluido dentro del estudio de proyecto con el propósito de comprobar su viabilidad.

Durante estas fases, es obligatorio considerar el modo de desarrollo de cada operación del proceso constructivo. Sheridan (2019) indica que, entre estas operaciones, se ejecutan construcciones, alteraciones, reparaciones, mantenimiento, ampliaciones, demoliciones o desmantelamiento de edificios o de cualquier infraestructura que forme parte de la zona de construcción (aunque sean permanentes). Además, es posible desarrollar actividades de pintado, decoración de superficies externas e internas de cualquier infraestructura. Estas actividades también pueden relacionarse con los sistemas de calefacción, iluminación, aire acondicionado, ventilación, suministro de energía, drenaje, suministro e, incluso, sistemas de seguridad.

Las operaciones a considerar dentro de un proyecto, sin duda, son diversas, y pueden ejecutarse por medio de fases, cuya cantidad depende de los clientes de la clase de infraestructura. En el caso de la construcción vial, se deben incluir en el proyecto los materiales, los costos, el estudio del lugar, la demanda de la vía, la resistencia de la carretera, los mecanismos de conservación, el modo de ejecución del proceso constructivo, las obras complementarias como el drenaje y la duración de todo el proceso. La consideración de todos estos aspectos es indispensable para verificar la efectividad de un proyecto.



3.2.2. Estudio de cartas topográficas

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018a), la construcción vial también implica estudios topográficos, es decir, el conjunto de indagaciones de corte topográfico que se han efectuado en conformidad con las empresas contratantes; por tanto, estos estudios también suministran datos georreferenciales y cartográficos a una escala deseada, como las coordenadas, los puntos de soporte y otros aspectos ineludibles, como los que se muestran a continuación:

- Descripción de la fracción geográfica a erigir, considerando la distancia y grosor de dicho espacio; luego, la modificación del trazo en caso sea conveniente
- La instauración de un sistema de posiciones, situadas a una distancia pactada con la empresa que contrata
- Instalación de marcas en los puntos de referencia, a una distancia normalizada en reglamentos como los del Instituto Geográfico del Perú (IGN) o, en otro caso, simplemente aceptada por la empresa contratante
- Rasgos de la planimetría y altimetría, cartas topográficas y cualquier otro dato suplementario, en función de lo que la empresa contratante solicite.

Lo primero que se desarrolla en una construcción vial y precisa de un proyecto es el trazado. Martínez (2015) señala que un proyecto de trazado es una actividad de la construcción que se refiere a todos los aspectos geométricos de la misma construcción y que comprende los bienes y derechos que se pueden ver afectados. Además, estos proyectos contienen documentos (memoria) sobre el trazado proyectado, datos relacionados con el trazado, los planos y los presupuestos.

Por otro lado, los aspectos geométricos de una construcción están ligados con el diseño geométrico, el cual tiene como rol fundamental definir el



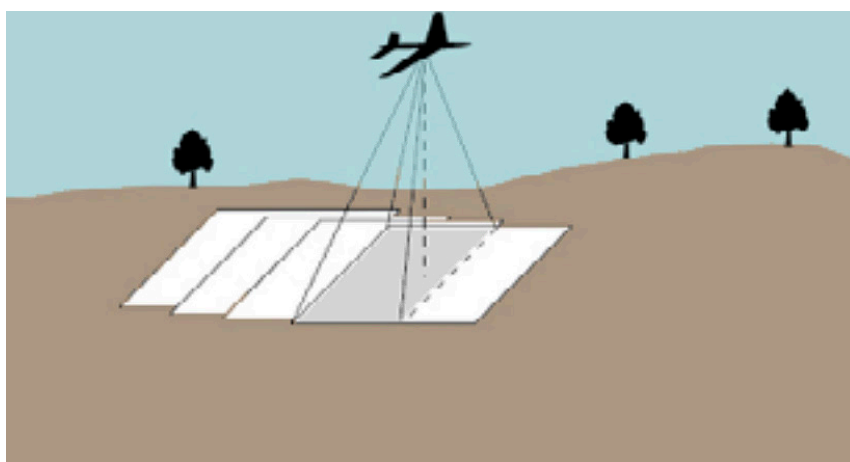
diseño, en este caso, de las vías terrestres, considerando temas como la topografía, drenaje, aspectos ambientales, entre otros (MTC, 2018b). El Ministerio de Economía y Finanzas (2015) indica que un trazado de la vía se produce tras la identificación de los cortes naturales y artificiales, la delimitación de las zonas con suelos similares y la identificación de las zonas de riesgo o perjudiciales para el trazo.

3.2.3. Restitución aerofotogramétrica

Para descifrar lo que entraña la restitución aerofotogramétrica, se debe tener en claro el concepto de fotogrametría. Según Santamaría y Sanz (2011), esta ciencia se desdobla como aquella que, con la utilización de fotografías del lugar de estudio, puede intuir su extensión y elevación; así, se elabora un plano topográfico de tal espacio. Esta ciencia tiene métodos y procedimientos para aplicarlos en las fotografías y cumplir su objetivo; por ejemplo, obtiene imágenes desde un plano aéreo o terrestre. Precisamente, cuando se capturan instantáneas desde un punto aéreo, estas denominan fotogrametrías aéreas o aerofotogrametrías. Este procedimiento se ejemplifica en la Figura 6.

Figura 6

Toma aerofotogramétrica para la restitución



Nota: Tomado de Quirós (2014).



En el campo de la ingeniería, la fotogrametría es una pieza elemental para las múltiples laboriosidades que exige la planificación de una nueva edificación: la inspección de un terreno, el proceso constructivo y otras más. Quirós (2014) destaca cuatro ámbitos que emplean ciertas operaciones de la fotogrametría:

- Las rutas de interconexión para elaborar trazados
- Las proyecciones territoriales para sistematizar una zona y contribuir con la urbanización
- La hidrografía para explorar cuencas y alteraciones presales
- El movimiento de tierras para calcular la cantidad retirada

En lo que concierne a la restitución fotogramétrica, Santamaría y Sanz (2011) anotan que esta se exhibe como el suceso en que se establece el escenario de una fotografía a través de la identificación de tres coordenadas básicas (X, Y y Z) de un punto preliminarmente registrado que asiste como modelo. Asimismo, las coordenadas identificadas tienden a corresponder a puntos plenamente delimitados del territorio investigado, los cuales usualmente son seis, comunes entre los fotogramas o las fotografías tratadas, y se designan como puntos de apoyo.

Tras establecer las coordenadas de cada punto de soporte, uno tiene la posibilidad de crear planos de un área determinada a cualquier escala, por medio del empleo de restituidores fotogramétricos que posibilitan el miramiento de un punto compartido entre instantáneas continuas; en consecuencia, la determinación de coordenadas es una acción favorable para trazar el plano y la altura de un lugar.

Por otro lado, en conformidad con Sisti y Soto (2018), existen diversos métodos para conseguir fotogramas como los modelos tradicionales y digitales de la fotogrametría, los cuales permiten simbolizar una zona geográfica. En tal sentido, se acostumbra a usar métodos habituales de la fotogrametría, que se sostienen de imágenes de antenas, cuando se estudian

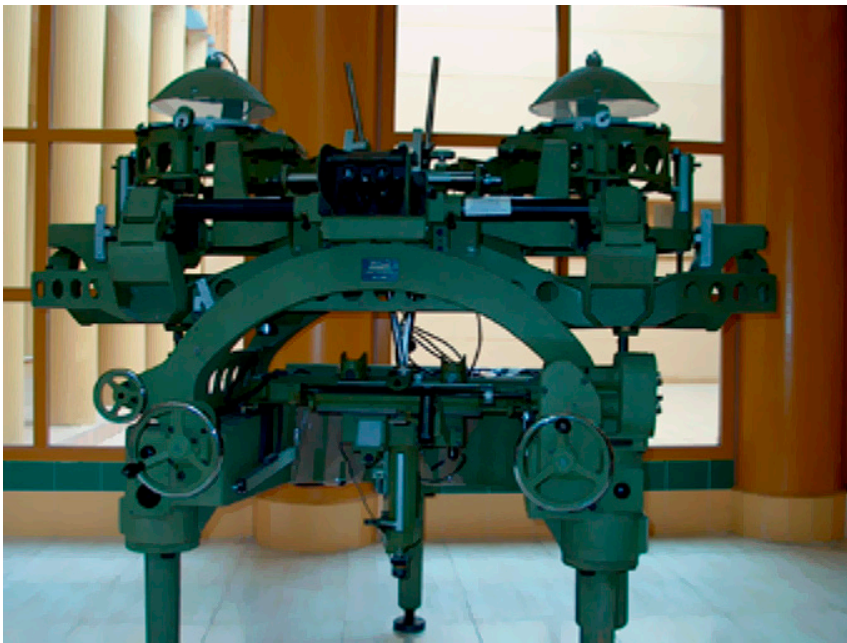


áreas de amplio tamaño. Por el contrario, en áreas reducidas, se aprovechan los métodos asistidos por drones con mecanismos de cámara que procesan datos de manera tridimensional como 2D o 3D. Estos métodos, en la actualidad, generan resultados confiables y con exactitud.

Así como existen modelos digitales para procesar las imágenes fotogramétricas, se cuenta con un modelo óptico-mecánico ideado para restituir tales fotos por medio de equipos de restitución, los cuales siguen una serie de pasos tanto a nivel del plano como a nivel de altura. La Figura 7 muestra un equipo restituidor analógico usado en tal actividad.

Figura 7

Equipo restituidor analógico para imágenes fotogramétricas



Nota: Tomado de Quirós (2014).

A modo de ejemplo, el Sketchmaster se posiciona como un restituidor que, además de transmitir datos informativos anticipadamente precisados sobre las láminas tomadas desde el espacio aéreo a la carta o plano inicial, convierte a la fotografía registrada en un mapa por medio de la supresión



de deslizamiento presenciado a partir de la desviación del tomavistas (Pacheco y Pozzobon, 2011). En síntesis, esto demuestra que, dentro de la aerofotogrametría, existen métodos mecánicos que demandan la utilidad de la mano de obra humana y de instrumentos determinados para procesar las fotografías tomadas desde el aire, también existen métodos digitales que se apoyan en aplicaciones virtuales a fin de lograr una mejor creación de mapas y planos.

3.3. Proceso de construcción

La construcción de las carreteras, al igual que de varias estructuras, ha presentado una evolución en torno a los materiales que se emplean, así como utensilios y técnicas que se utilizan para mover diversos elementos hallados en el terreno estudiado y para construir vías o caminos. Uno de los cambios más notorios de las carreteras es la forma en que se preparan y elaboran los pavimentos (parte esencial de una carretera), los cuales precisan de nuevos materiales que los convierten en estructuras más fuertes para soportar el peso de los objetos de transporte. Asimismo, en general, las actividades que engloba toda esta construcción inician desde la adaptabilidad del lugar hasta la elevación de la vía.

De acuerdo con Balaguera et al. (2018), durante el proceso de la construcción de vías, se pueden presentar diversos problemas ambientales vinculados con la elevación de compuestos dañinos al remover capas del suelo, alterar los drenajes naturales, degradar los relieves y las vistas paisajistas e, incluso, dañar el suelo por la utilización de combustibles o materiales con alto nivel de elementos tóxicos. Por ello, se debe dismantelar un proceso de construcción que considere normas ambientales, materiales ecológicos y operaciones que quebranten en menor proporción la salud humana y todo lo que rodea a la naturaleza.

Asimismo, las acciones más frecuentes en este proceso son el humedecimiento del suelo, la creación de capas del pavimento con materiales convenientes, la nivelación y el acabado de toda la superficie del pavimento.



Estas actividades no solo corresponden a la construcción de una nueva vía terrestre, sino también a su restauración. Esto pone de manifiesto que las actividades de construcción también contribuyen con la subsistencia de una estructura.

Por su parte, Trunzo et al. (2019) comentan que, durante el proceso de levantamiento de una estrenada vía o carretera, aparte de colocar los materiales en el lugar de edificación, se ejecutan operaciones in situ como la instalación de aparatos iluminadores y el procesamiento de restos. Todas estas actividades se concretan con la ayuda de herramientas como volquetes y motoniveladoras. Después de este proceso, la carretera, completamente pavimentada, entra en funcionamiento para la población.

El proceso de construcción, en este caso, no refiere más a estudios preliminares para alzar una nueva carretera, sino que se perfila como un conjunto de acciones que tienen el objetivo de crear una vía. Estas acciones, fundamentales para unir ciudades y países, ocurren en forma ordenada y requieren la participación de obreros, gerentes y de organismos estatales al tratarse de una infraestructura de uso público.

En síntesis, el proceso de construcción articula un pliego de tareas que tienen el propósito de crear una vía de interrelación. Estas tareas son previamente formuladas y planeadas con el fin de aplicarlas tanto en la restauración como en el alzamiento de carreteras, puentes y vías de conexión. Entre las más resaltantes, se encuentran las siguientes (MTC, 2018a):

- Investigaciones para explorar el lugar
- Movimiento de tierras
- Construcción del pavimento
- Obras de drenaje y de complemento
- Uso de medios que cuiden el ambiente



- Respeto de la seguridad vial a través de la señalización
- El traslado de productos y otros

3.3.1. Movimiento de tierras

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) y la Asociación Paraguaya de Carreteras (2019), el movimiento de las tierras es un proceso en el cual se realizan actividades de eliminación de los objetos que impiden la construcción, así como excavaciones, mejoramiento de suelos y elaboración de la base para la vía. El Ministerio de Economía y Finanzas (2015) describe este proceso como un corte y relleno de la construcción. Por otra parte, la eliminación de los objetos obstaculizadores consiste, generalmente, en el retiro y desecho de la vegetación existente en la zona (Asociación Paraguaya de Carreteras, 2019).

En cuanto a las excavaciones, estas tienen el fin de alcanzar la nivelación de las zonas destinadas a ser parte de la carretera, de cooperar con el drenaje y de conseguir materiales que sirvan para la construcción. En cuanto al mejoramiento de suelos y elaboración de las bases de la vía, se realizan procesos de terraplenes y pedraplenes. Los terraplenes se refieren a actividades que buscan nivelar y compactar las capas de la zona base, por ello, se suele llamar al producto de estas como terraplenes; mientras que los pedraplenes se basan en la preparación de la superficie base y el desarrollo del relleno de la base, usando material proveniente de las excavaciones (MTC, 2013). Entre otras actividades propicias durante el movimiento de tierras, se encuentran las siguientes:

- Demolición y remoción. Si en la zona donde se procede a construir una carretera se encuentran estructuras o edificaciones, lo apropiado es demoler total o parcialmente algunas de estas estructuras. En lo que concierne a la remoción, este es el proceso que se refiere al desecho de los residuos de la demolición en zonas establecidas (Asociación Paraguaya de Carreteras, 2019).



- Delimitación y señalización de seguridad vial. Dentro de la construcción de una carretera, se realizan actividades complementarias, pero una de las más resaltantes es la señalización de la seguridad vial. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) indica que se colocan señalizaciones verticales para prevenir, ordenar e informar a las personas que usen las vías. Asimismo, se desarrolla la señalización horizontal, que se establece encima del pavimento o superficie de rodadura, con la finalidad de delimitar los carriles y bordes de la carretera.

3.3.2. Construcción de subbase y base

En primer lugar, se deben tener en cuenta los conceptos en torno a estos dos términos. De acuerdo con la Asociación Paraguaya de Carreteras (2019), la base se muestra como una capa hecha de materiales específicos (como el asfalto), que se ubica en medio de la capa de rodadura (superficie del pavimento) y de la capa subbase, y forma parte un pavimento. La subbase también es una capa propia del pavimento, pero se diferencia por localizarse debajo de la base y sobre la capa de subrasante. Las principales actividades de esta etapa son las siguientes:

- Transporte: el transporte es otro punto de consideración en las fases de la construcción de una carretera, debido a que considera el traslado de todos los materiales usados en el proceso constructivo. Estos materiales pueden provenir de la excavación excesiva, de mezclas para terraplenes y de edificaciones en el terreno destinado a ser carretera (Asociación Paraguaya de Carreteras, 2019).
- Afirmados: este elemento se concibe como una capa tupida que puede surgir a partir de insumos granulares naturales o artificiales, con una gradación determinada, que cumple la función de tolerar los pesos y riesgos del desplazamiento de vehículos (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015). La construcción de un conjunto de afirmados logra formar capas que componen a la superficie de rodadura de la carretera, que soporta directamente el peso del tráfico (MTC, 2013).



- Obras de drenaje: en las obras de drenaje de la construcción se deben realizar excavaciones pertinentes que colaboren con la construcción de los cimientos de canales, alcantarillas, drenaje, desagüe (Asociación Paraguaya de Carreteras, 2019). Las obras de drenaje, usualmente, culminan con la elaboración de una capa filtrante con grava o piedra triturada (MTC, 2013). Esto implica la construcción de subbases y bases. Por otro lado, a estas obras de drenaje también se les considera obras de arte y un ejemplo claro es el subdrenaje, el cual tiene como objetivo reducir la napa freática (nivel del agua) que puede ser absorbida por la vía de la carretera (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015). Al reducir el nivel del agua, esta obra ayuda a la estabilidad de los deslizamientos.

En suma, para la construcción de la subbase y la base, sea de tipo granular, se requiere el desarrollo de la provisión, transferencia, colocación y compactación de materiales aprobados sobre una superficie ya preparada en una o más capas y en función de los planes de la construcción (Asociación Paraguaya de Carreteras, 2019).

3.3.3. Superficie de pavimento

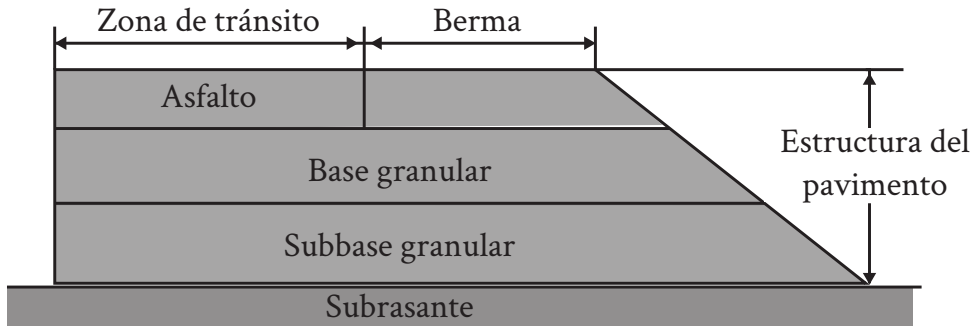
El pavimento se define como el conjunto de componentes que otorgan una estabilidad a la superficie de rodadura y que soportan cargas y descargas de tránsito vehicular, además de los efectos climáticos que pueden surgir en la zona de la carretera (De Solminihac et al., 2018). Tras lo indicado, es pertinente afirmar que los pavimentos son capas que, en conjunto, forman parte esencial de las carreteras y cooperan con el peso que ejerce el tránsito de los vehículos livianos y pesados; además, deben poseer propiedades para que sean resistente a los efectos naturales, como las precipitaciones.

De acuerdo con la Figura 8, el pavimento es una infraestructura de varias capas que se construye sobre la base de la carretera (después de excavaciones y rellenos) para que se produzca una resistencia y distribución de las cargas de los vehículos, para una adecuada seguridad vial.



Figura 8

Equipo restituidor analógico para imágenes fotogramétricas



Nota: Tomado de De Solminihac et al. (2018).

Estas capas son tres:

1. La capa de rodadura, es aquella que se encuentra en la parte superior del pavimento.
2. La base, se encuentra al inferior de la capa de rodadura y se encarga de distribuir las cargas vehiculares,
3. La subbase, es la capa hecha a base de material específico como material granular con asfalto o cemento, y, generalmente, se usa como drenaje (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015).

En cuanto a los tipos de pavimentos, el Ministerio de Economía y Finanzas (2015) sostiene que son tres, según el comportamiento mecánico: flexibles, semirrígidos y rígidos. Por su parte, De Solminihac et al. (2018), considerando el material de origen de los pavimentos, los clasifican en cinco tipos: de tierra, de ripio, de hormigón, de asfalto y adoquines. La descripción de estos tipos de pavimentos se observa en la Tabla 5.



Tabla 5

Tipos de pavimentos

Clasificación según su comportamiento mecánico		Clasificación según su material	
Tipo	Descripción	Tipo	Descripción
Flexible	Contiene capas granulares y una capa de rodadura a base de compuestos bituminosos.	De tierra	La capa de rodadura se compone de tierra, generalmente mezclada con elementos arcillosos
		De ripio	La capa de rodadura se compone de agregados pétreos y elementos granulosos extendidos, es posible que en la parte superior contenga un material más fino
Semirrígido	Contiene capas asfálticas con un espesor bituminoso	De hormigón	Su capa superior se compone de losa de hormigón y las capas inferiores, de elementos granulares.
Rígido	Contiene una capa granular como subbase y su capa base puede ser granular, de cemento o cal. Su capa de rodadura es hecha a base de losa de concreto.	De asfalto	Su capa superior se compone de concreto asfáltico, mientras que sus capas inferiores son granulares o tratadas.

Nota: Adaptado de De Solminihac et al. (2018) y Ministerio de Economía y Finanzas (2015).



Para la construcción del pavimento, también se siguen pasos que se relacionan con la creación y el moldeo de las capas. En ese sentido, el MTC (2013) indica que, para la construcción de subbases y bases, al igual que otras estructuras, se usan insumos granulares de origen natural (hallados en la perforación de zanjas o en yacimientos), materia metálica que sea admitida por el inspector de la obra, partículas de rocas y piedras, o combinaciones de elementos de diferente fuente. Además, estos materiales también pueden operar como anticontaminantes toda vez que no contengan materia orgánica o desintegrable ni compuestos perjudiciales; por el contrario, estos tienen que adquirir una limpieza, la cual es dependiente de la finalidad de su uso.

Asimismo, este material debe ser humedecido antes de ser movido con la intención de reducir las probabilidades de dispersión de partículas lo suficientemente pequeñas para penetrar el cuerpo humano y vulnerar la salud de los obreros y de comunidades contiguas a la zona de construcción. Por ello, se suele impregnarlos de líquidos y revestirlos con lona. En el caso de los insumos que persisten en la instalación empresarial o en yacimientos de minerales, estos también merecen ser revestidos de lona impenetrable a fin de que se impida el traslado de partículas al campo atmosférico por medio del aire, y a recipientes con agua; además, se deben proteger los materiales durante los periodos con alta precipitación.

Cabe precisar que el agua usada en el remojo de los materiales tiene que contar con propiedades propias de un líquido limpio y no debe presentar agentes mortíferos; por ello, el pH y la proporción de sulfatos deben tener una medida permisible dentro de las normas en torno a la calidad de agua. El agua potable, desde luego, dispone de rasgos de agua purificada, por lo que no existe la urgencia de evaluarla antes de su aplicación.

CAPÍTULO IV

TIPOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

La importancia de las carreteras reside en que son una estructura que apoya al crecimiento y sostenibilidad de un país; en consecuencia, su construcción es un asunto fundamental que no se puede obviar en los planes de un Gobierno. Asimismo, estas estructuras son una de las preocupaciones más frecuentes de las empresas del sector de construcción. Aquello se percibe en la actualidad, por ejemplo, en las últimas décadas, se ha producido un aumento de interés en las agencias de transporte en cuanto a proyectos de construcción o mantenimiento de diversas clases de vías o carreteras.

Precisamente, las vías o caminos están desplegados por todo un país en forma de red, con el objetivo de enlazar localidades, ciudades e, incluso, países dentro de un mismo continente, lo que fomenta el desarrollo de la nación. No obstante, no todas estas vías ostentan la misma estructura, extensión y anchura; por el contrario, presentan peculiaridades propias del lugar en donde se ubican y la función que cumplen para las personas. Esta variación de las vías configura una tipología que agrupa los distintos



modelos de infraestructura vial, tales como los espacios destinados a permitir el paso de vehículos pesados, la calle como sistema que distribuye las carreteras y ordena la urbanización y, evidentemente, las carreteras. Estas últimas, por su lado, se dividen en distintos tipos en función de la estructura y capacidad con la que la vía cuenta.

En este capítulo, se repasa profundamente los tipos de estructuras, cuya función consiste en unir ciudades y localidades. Para tal fin, en primer lugar, se tratan las concepciones de la infraestructura vial. Posteriormente, se abordan las implicaciones de las calles, un sistema relevante para el movimiento de una nación y un diseño sistemático ideado para ordenar la movilización de las comunidades. Por último, se describen las formas de carreteras que se pueden localizar en un territorio, de acuerdo con las funciones que cumplen dentro de la zona y las particularidades de su estructura.

4.1. Definición de infraestructura vial

Para aproximarse a la definición de infraestructura, es primordial tratar los rasgos más esenciales de lo que implica infraestructura. Este término, de acuerdo con Cavallo et al. (2020), cuenta con varias acepciones, aunque, ampliamente, se asocia con la forma o estructura de aeropuertos, carreteras, alcantarillado, entre otras construcciones humanas. En otras palabras, refiere a un conjunto de edificaciones producidas por la mano del hombre.

Precisamente, este término se interpreta de distintas formas de acuerdo con aspectos sociales, profesionales y financieros. Por ejemplo, hace aproximadamente 50 años, infraestructura no refería a la descripción de posesiones activas entre el ámbito de construcción; sin embargo, en la actualidad, este uso está muy difundido. Por su parte, Damonte et al. (2020) señalan que la infraestructura no solo comprende máquinas y ensambladuras sino elementos propios de la naturaleza como el agua, ideas de la naturaleza y, también, las políticas de las personas.



Baskakova y Malafeev (2017) sostienen que este elemento presentó cuatro fundamentales etapas.

1. La primera de ellas se relaciona con la naturaleza económica de la infraestructura de los siglos XVIII y XIX.
2. La segunda comprende a la infraestructura como parte de gastos generales sociales.
3. En la tercera etapa, la infraestructura adquiere relevancia para las teorías de crecimiento y desarrollo económico.
4. Finalmente, en la cuarta etapa, se contrarresta el monopolio de los gobiernos, al fortalecer el uso del internet.

Sobre el mismo tema, Aliu (2018) expone que, en la actualidad, la infraestructura es un aspecto esencial para el desarrollo económico.

En cuanto a la etimología de infraestructura, este término proviene de la unión de las palabras infra y estructura. Infra brinda el significado de abajo, mientras que estructura (de origen latino, *struere*) refiere a un ensamblaje. Al respecto, la estructura, de manera general, es considerada como la organización de los componentes de un sistema complejo de forma coherente y permanente. Por tanto, la infraestructura es definida como los medios y esfuerzos necesarios para fomentar el desarrollo social (Proag, 2021).

En relación con ello, Sheng (2018) considera que la definición anterior es la más básica, puesto que se han desarrollado otras propuestas para infraestructura. Entre ellas, se propone que la infraestructura es el conjunto de construcciones, equipos e instalaciones permanentes y los servicios que estos proveen para la vida de las personas y la producción social. Desde una perspectiva económica, la infraestructura incluye utilidades públicas urbanas, instalaciones de transporte (carreteras, aeropuertos entre otros), construcciones públicas y otros.



Tras exponer un recorrido conceptual del término infraestructura, se reflexiona sobre las definiciones de la infraestructura vial. De Solminihac et al. (2018) manifiestan que este tipo de infraestructura consiste en un acopio de unidades sustanciales que habilitan el paso de autos, buses y otras formas de transporte, desde un sitio de partida hasta uno de arribo de forma estable y confiable. Tales unidades refieren a los pavimentos, túneles, viaductos, mecanismos de seguridad, la demarcación de signos para el tránsito, los drenajes, alisos, aplanes, rampas y otros objetos que embellezcan la infraestructura como las áreas verdes.

Por lo tanto, la infraestructura vial es todo aquel medio por el cual una persona se desplaza de un lugar a otro. Ante ello, si uno se enfoca en las vías terrestres, se puede afirmar —tal como señalan Montaña et al. (2015)— que las carreteras terrestres se integran como una necesidad social básica, puesto que se configuran como patrimonios nacionales por la calidad de infraestructura de tales vías o carreteras. Por otro lado, las carreteras se definen como el espacio por el que transitan vehículos (MTC, 2018a). Asimismo, las carreteras no solo comprenden la vía por donde transitan vehículos, sino toda su extensión construida, lo cual implica la franja destinada al tránsito de los peatones o de dominio de la ciudadanía (Asociación Paraguaya de Carreteras, 2019). A grandes rasgos, los espacios de construcción vial destinados a los ciudadanos se conforman por los paraderos, las bancas e, incluso, las líneas peatonales.

Por tanto, la infraestructura vial es comprendida como el espacio público destinado al tránsito de todo tipo de medios de transporte y al tránsito de personas que buscan usar tales vías; por ende, el mantenimiento y renovación de estas vías debe ser constante con el fin de mejorar su calidad. Por otra parte, Ng et al. (2019) sostienen que la infraestructura vial reduce la barrera física al impulsar los desplazamientos de personas, bienes y servicios; además, mejora el acceso al mercado, servicios sociales y oportunidades de empleo, al reducir los tiempos y costos generales de transporte.



Como parte de la infraestructura vial, el desarrollo de distintas carreteras, específicamente las de alta movilidad, incrementa la velocidad, lo cual reduce los tiempos y costos de viaje, y eleva la eficiencia de los intercambios a nivel nacional e internacional. Por otro lado, este tipo de infraestructura también es de alta accesibilidad como las carreteras locales, estas últimas facilitan el acceso a la tierra e impulsan las actividades comerciales y sociales a nivel local (Ng et al., 2019).

Todos estos rasgos de la infraestructura vial, evidentemente, se relacionan con el sector de transporte; puesto que implican carreteras, transporte de agua por tuberías, ferrocarriles, entre otras modalidades. Además, dentro de este tipo de infraestructura, se debe considerar las condiciones del ambiente, como los desastres, las obstrucciones vehiculares y el clima, con el fin de que las vías funcionen adecuadamente, a pesar de los diversos problemas que el ambiente puede presentar (Zuofa, 2021).

Tabla 5

Tipos de infraestructura vial

Tipo	Descripción
Ferrocarriles	Transportan bienes pesados por largas distancias. Al ser un medio rápido, su uso es conveniente en el tránsito interurbano. Una ventaja de los ferrocarriles es que permite el desplazamiento entre los suburbios y centros urbanos cercanos.
Carreteras	Permite conexiones entre los mercados, hospitales y colegios. Además, establece vínculos entre las estaciones de ferrocarriles, puertos y aeropuertos. Esta infraestructura es importante, ya que conecta áreas remotas y rurales con el resto del país.
Puertos	Los puertos brindan refugio y sostenimiento a los barcos a través de recursos como combustibles y reparaciones. Esta infraestructura es eficaz para el transporte de cargas entre el puerto y los sistemas de transporte del interior de un país. Además, desarrolla instalaciones de almacenamiento y transferencia de carga de forma rápida, eficiente y a buen costo.



Tipo	Descripción
Aeropuertos	Las instalaciones de los aeropuertos son esenciales para los viajes aéreos. Estos últimos están adquiriendo mayor atención, dado que los pasajeros no solo lo usan para el traslado entre distancias largas, sino también para trayectos cortos. Aquello permite la relación entre los mercados de una nación con el extranjero.
Transporte por agua	Este transporte brinda distintos beneficios como el traslado por viaje acuático a través de un ferri para distancias cortas. También, es posible el desplazamiento a través de ríos y canales, aunque su uso es reducido. En cuanto al transporte por mar, adquirió mayor interés, debido al transporte de cargas a largas distancias. Cabe señalar que los avances en construcciones de puentes y de túneles repercutió en el desuso de los transbordadores o ferries.

Nota: Adaptado de Proag (2021).

De acuerdo con la Tabla 6, existen cinco tipos de infraestructura vial: ferrocarriles, carreteras, puertos, aeropuertos y los puertos que son focos del transporte por agua. Proag (2021) agrega que la infraestructura del transporte por agua también se incluye dentro de esta clasificación y se relaciona estrechamente con los desplazamientos de cargas y personas entre distintos continentes. Asimismo, este autor añade que los puentes y túneles son ejemplos palpables de infraestructura vial.

4.2. Calles

Las calles se exteriorizan como el cimiento de cualquier estructura sistemática de dinamismo urbano, así como la columna vertebral del crecimiento y desarrollo económico; puesto que tiene la función de impulsar el movimiento humano, la interacción social y otras operaciones del hombre. Por ello, las personas implicadas en un proyecto de organización de las calles o de sus enlaces tienen por propósito elaborar un plano que, en realidad, utilice el espacio de forma responsable a fin de que las ciudades



presenten un nivel más alto de seguridad, sostenibilidad, inclusión y superación (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2019).

Por otro lado, las calles, las infraestructuras ferroviarias, los caminos, las pistas y las fusiones intermodales de transporte se pueden convertir en estructuras que, en conjunto, permiten una disposición de red en el que todos sus elementos creen vínculos. Esta disposición o topología, a su vez, permite visualizar el estado de interrelación y los ejes de acceso entre diferentes espacios (Bautista, 2018). Con base en ello, las calles, al conformar una red que relaciona distintos lugares específicos, se consideran como un punto esencial para conectar poblaciones e instalaciones humanas.

Precisamente, las calles, al igual que las carreteras y los caminos, pertenecen a una red de vías. Sin embargo, a diferencia de las carreteras, que se encuentran revestidas por superficies pavimentadas de asfalto u otro material, y de los caminos, que presentan veredas o simplemente se privan de alguna clase de cubrimiento, las calles se posicionan como vías internas de los centros de comunidades que pueden o no cubrirse de algún material (Ramírez et al., 2005).

En relación con ello, de acuerdo con De Solminihac et al. (2018), las calles urbanas y las vías interurbanas se incluyen dentro de las infraestructuras, componente del sistema de transporte al igual que los vehículos y las operaciones. Estas calles, en conjunto con los puertos, ferrocarriles y aeropuertos, funcionan como instalaciones para el paso de vehículos, los cuales movilizan a la población y las mercancías a un destino determinado.

En consecuencia, las calles son relevantes, debido a que permiten el desplazamiento humano, el cual es indispensable para establecer conexiones de negocio o sociales beneficiosas para el crecimiento económico de una familia. Sin duda, la estructuración, diseño y organización de las calles deben ser ejecutadas de una forma eficaz para posibilitar un óptimo movimiento de las personas y sus medios de transporte.



En esa misma línea, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2019) argumenta que, gracias a las calles, se instituye el trazado de urbanidad; mientras que su moldeamiento, misión y utilidad se conecta con el lugar de localización de las mismas. Por ello, para realizar el diseño de una calle, es preciso determinar su localización y si esta se efectúa en un punto estratégico para la circulación de los elementos que posibilitan el traslado de un lugar a otro.

Además, la disposición de la calle, relación formada entre su misión, moldeamiento y utilidad, sirve para fijar la pretensión que se intenta obtener con el alzamiento de una nueva vía, el cual debe ir acorde con criterios que conlleven a una excelente proyección gráfica vial. Por tanto, se intuye que, en ciertas situaciones, existe la premura de transformar la misión, estructura y utilidad de una calle a través de la ejecución de un rediseño para obtener un enfoque que, por medio de soluciones, incluya a todas las partes anexadas a la vía.

Ciertamente, en el rediseño de los pasajes o calles, se requiere decidir sobre los elementos que la población emplea sobre el camino o vía; por tanto, se debe descifrar cada elemento a fin de identificar a la población usuaria y responder a los problemas que giran alrededor del diseño vial de lo urbano. Asimismo, estas unidades conforman la sección transversal propia de una calle, es decir, se encuentran distribuidos a lo largo de los tramos de una calle, los cuales desempeñan una función en la calle y demandan condiciones de diseño variadas. Entre los elementos más resaltantes, se señalan los sucesivos:

- Los transeúntes
- Personas que se trasladan en bicicletas (las ciclovías)
- Los vehículos públicos
- Los medios de transporte privado



- Los sitios de estacionamiento vehicular
- Áreas para los paraderos de buses (subida y bajada de pasajeros)
- Áreas para la carga y descarga de elementos pesados

La distribución de estos elementos debe ser satisfactoria para promover un movimiento ordenado de transportes y personas, en el cual los accidentes de tránsito tengan una menor frecuencia; por ello, los diseños de las calles no solo deben focalizarse en la producción de espacios recreativos y estéticos, como los parques y jardines, sino también en la esquematización de avenidas, intersecciones, óvalos, jirones y otras estructuras que permiten el paso vial.

Por su parte, Marshall (2005) apunta que una calle es definida a partir de dos perspectivas. En ese sentido, desde el punto de vista de un ingeniero o planificador, una calle se concibe como una carretera que exhibe una condición urbana, dado que los ingenieros tienden a considerar que un diseño de calle es un medio vinculado con el diseño eficaz de las carreteras. Por el contrario, desde la visión de un diseñador urbano, la calle refiere al conjunto de franjas territoriales que pueden funcionar como servidumbre de tránsito, puesto que estos profesionales se preocupan, en mayor proporción, por la secuencia de edificios y otros espacios que permiten el movimiento humano e intervienen en el diseño de una óptima zona.

Asimismo, el tipo de calle que se construye de manera sistemática debe ser incluido dentro de los diseños; puesto que se puede alterar el orden de una vía urbana durante el diseño de la calle, si no se discierne a cabalidad su tipología. En otras palabras, la función que las personas le otorgan a una calle puede ser suprimida, cuando se trata de estructurar una calle por medio de un diseño legal; por ejemplo, varias calles de Lima no presentan el uso inicial que, probablemente, se planificó en la década de 1960. Asimismo, las calles también ostentan una gama de particularidades que se exteriorizan de manera sincrónica; por ejemplo, una calle puede servir



como un punto de embarque de pasajeros, un acceso a edificios, una ruta solo para autobuses, entre otras. Aquello demuestra la versatilidad que las calles pueden representar.

4.3. Carreteras

De acuerdo con la Asociación Paraguaya de Carreteras (2019), una carretera se define como una construcción de vías públicas que tiene como objetivo permitir el tránsito de los medios de transporte. Por su parte, el MTC (2018) la define como un camino para el desplazamiento de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes que presentan características geométricas, tales como sección transversal, pendiente transversal, entre otros.

Por otro lado, el uso de las carreteras no siempre fue demandante, dado que, en un primer momento, el ferrocarril era el medio primordial para los viajes de distancias largas. En la actualidad, el transporte por carretera está creciendo y, a su vez, se están desarrollando más investigaciones y proponiendo nuevas innovaciones tecnológicas en su construcción (Proag, 2021). Este auge se refleja en el panorama actual, donde cada vez más personas emplean un medio de transporte para reducir la duración de un viaje a un punto específico y relacionarse con otros sujetos.

Según Espinoza (2019), las carreteras, dispuestas en un plano horizontal, aparte de ser unos de los activos con mayor valor para el patrimonio nacional, se constituyen como un mecanismo impulsador del desarrollo económico. Por tanto, los estudios enfocados en estos elementos deben ser atendidos acertadamente y ejecutados conforme a una perspectiva que integre los ámbitos ambiental, económico y social con el objetivo de afianzar su rentabilidad y rendimiento.

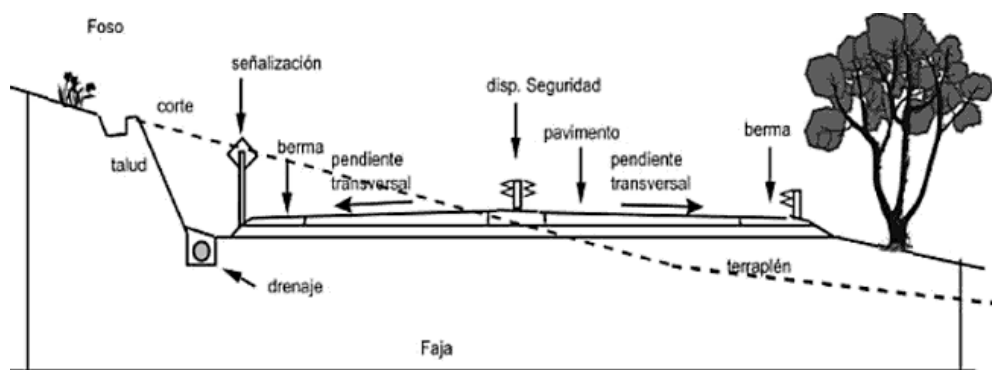
Por otro lado, es pertinente destacar información esencial de los elementos que componen una carretera. Al respecto, una carretera está conformada por una sección transversal, pendiente transversal, bermas, seña-



lizaciones de seguridad vial, taludes, entre otros. El MTC (2018a) indica que la sección transversal es una representación perpendicular al eje y a distancias determinadas; además, puede ser de tipo general (conformada por calzadas o grosor de carretera, bermas, taludes, entre otros) o especial (conformado por tramos que necesitan soluciones inmediatas como zonas de comercio, multitud, tránsito vehicular, entre otros). Para una mejor comprensión de los componentes de la carretera, se presenta la Figura 9.

Figura 9

Elementos principales de una carretera



Nota: Tomado de De Solminihac et al. (2018).

En la Figura 9, la carretera presenta más elementos en su estructura. En cuanto a la pendiente, es una parte de la carretera que se constituye como una inclinación del eje longitudinal; mientras que la pendiente transversal, denominada también como peralte, es una inclinación en los espacios de curva de una carretera que tiene por finalidad resistir las cargas del vehículo. Respecto a la berma, es una franja longitudinal que, generalmente, se utiliza como estacionamiento de vehículos. En lo que corresponde al talud, es una superficie inclinada que delimita con un terraplén. La calzada, por su parte, es el plano superficial por donde transitan los vehículos; además, se divide en carriles por medio de una línea central (MTC, 2018b).



Asimismo, las carreteras se agrupan según ciertos criterios, tales como rasgos geométricos, operaciones y su respectiva gestión. En relación, dicho criterio debe ser definido con antelación al inicio de una inspección o construcción de la carretera; por ejemplo, se catalogan en función de sus propiedades físicas y funcionales, antes de comenzar la elaboración de diseños geométricos, operaciones de mantenimiento y control (Cadengo et al., 2020). A grandes rasgos, las carreteras se archivan como convencionales, autonómicas, pertenecientes a las redes un país, autovías y autopistas siempre y cuando se atiendan los rasgos estructurales y funcionales de cada una.

4.3.1. Carreteras convencionales

De acuerdo con la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín (s. f.), de manera general, las carreteras convencionales no presentan rasgos propios de una autopista o autovía. Estas carreteras se componen de más de solo una unidad de carril para cada dirección e, incluso, tienen un carril más para que un medio de transporte puede adelantarse a otro. Asimismo, poseen una berma asfaltada o con afirmado, cuyo ancho puede rebasar la altura de 1.50 m.

Las maniobras para adelantar a otro vehículo sirven para mitigar los problemas de desplazamiento y evitar contratiempos en momentos de enorme congestión vehicular; no obstante, esta acción solo es aceptada y practicada en determinados espacios, en los cuales la señalización y la estructura es idónea para este propósito (Llorca, 2015). Aquello implica que las carreteras convencionales están prediseñadas el aceleramiento de los vehículos que circulan por su pavimento.

El Gobierno de España (2016) refiere que las carreteras convencionales se clasifican como aquellas que solo disponen de una sola calzada y son planificadas para posibilitar el desplazamiento y el acceso dentro de zonas, tanto urbanas como interurbanas y periurbanas. Además, a diferencia de las autopistas y autovías, estos proyectos no buscan un colosal movimiento.



Es decir, las carreteras convencionales surgen con el objetivo de fomentar un movimiento y accesibilidad de similar nivel.

En Perú, las carreteras convencionales se presentan en distintas tipologías, ya sea en función de la cantidad de medios de transporte que recorren las pistas por día, el tamaño de grosor y la extensión; por ende, es posible destacar a más de un tipo de carretera convencional, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

Tipos de infraestructura vial según MTC

Tipo	Descripción
1. ^a clase	Circulación de 4000 a 2001 vehículos por día, cuyas calzadas poseen carriles de un grosor mínimo de 3.60 m
2. ^a clase	Circulación de 2000 y 400 vehículos por día, cuyas calzadas presentan carriles de 3.30 m como mínimo
3. ^a clase	Circulación menor a 400 vehículos por día, sus calzadas poseen carriles de 3 a 2.50 m de grosor. Tales carreteras, generalmente, son fabricadas con materiales de bajo costo..

Nota: Tomado de MTC (2018a).

Respecto de la seguridad de estas carreteras, Gutiérrez (2018) postula que, a pesar de la reducida circulación vehicular, presentan un alto grado de inseguridad; puesto que sus cruces, vías de entrada e incorporaciones suelen edificarse al mismo ras, sus trazados suelen tener varios años de antigüedad, sus caminos son montañosos y presentan curvas. En síntesis, el tener un solo carril facilita el empleo de técnicas de adelantamiento por parte de los conductores.



4.3.2. Carreteras autonómicas

Las carreteras son controladas y mantenidas por el Gobierno central; no obstante, existen carreteras que, a pesar de formar una red extensa, son dependientes del mandato de una comunidad independiente, al hallarse dentro de su jurisdicción. Por ello, se les denomina carreteras autonómicas, es decir, carreteras bajo el control de una sociedad autónoma. En varias ocasiones, estas carreteras no se registran dentro de la lista del Gobierno central, puesto que su origen puede ser permitido por la misma comunidad de una provincia, departamento o región.

Las carreteras autonómicas se sistematizan en función de una categoría de red con la finalidad de realizar la distinción entre autovías, carreteras locales, entre otras (Jiménez et al., 2015). En otras palabras, su identificación se realiza gracias a la ayuda de señales o simbolizaciones que demuestran el tipo de carretera que se presenta; por ejemplo, en España, es común visualizar etiquetas de un color específico que simboliza el tipo de carretera.

Las carreteras autonómicas, si bien pueden tolerar un alto flujo de transportes y personas, no se consideran de tan amplia capacidad como las autovías y autopistas; dado que tienen una estructura diferente que puede incluir dos carriles y una berma para la estación de vehículos. Este rasgo permite que, en ciertas ocasiones, funcione como una autovía; no obstante, su configuración aún es el de una carretera autonómica.

De acuerdo con el Gobierno de España (2016), estas carreteras se catalogan como de primer y segundo orden. Por ejemplo, las primeras se caracterizan por ser vías con mayor presencia de tráfico y, por ende, tener una relevancia en la comunidad autónoma o departamento. En otras palabras, conforman un sistema vial principal o básico para la población en general de una ciudad con autoridad independiente.

En suma, las carreteras autonómicas conforman un sistema vial que presenta rasgos tanto de una carretera convencional como de una autopista,



por lo que su tratamiento puede ser confuso para los gerentes o ingenieros. Sin embargo, la presencia de bermas, los periodos de tránsito reducido y la posibilidad de no ser consignada dentro de las leyes de una nación son aspectos que la identifican como este tipo de carretera.

4.3.3. Carreteras de la red provincial

Una red vial, de manera amplia, se define como una concatenación de piezas o, mejor dicho, nodos y vínculos que al unirse originan una obra de ingeniería. Todos estos vínculos, al igual que los componentes y articulaciones estructurales de un edificio, están delineados para resistir cargas pesadas durante el cumplimiento de su función (Marshall, 2005). En ese sentido, las redes viales tienen el objetivo de unir territorios por medio de caminos, cruces y puentes ubicados alrededor de toda una nación.

Precisamente, el MTC (2018b) define la red vial como una serie de carreteras que tienen la misma función a nivel nacional, regional y local. Así como existen carreteras de la red provincial, también se presentan carreteras nacionales, departamentales, distritales, municipales y vecinales.

- **Red Nacional.** Al respecto, Cárdenas (2013) explica que las de alcance nacional, en conjunto, construyen la red elemental de las carreteras de un país y, además, se administran bajo instituciones estatales. Por ejemplo, en Perú, estas carreteras son monitoreadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) o por la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI).
- **Red Departamental.** En cuanto a las carreteras departamentales, son parte de la red vial secundaria y, consecuentemente, su dependencia recae en los gobiernos departamentales.
- **Red Provincial.** Con base en esta definición, las carreteras de la red provincial son un conglomerado de vías o rutas que unen calles provinciales y, por ende, forman un sistema interconectado, el cual es gestionado por las autoridades provinciales con ayuda del Gobierno central.



- Red Vecinal. En el caso de los caminos vecinales, son tratados por INVIAS y los municipios correspondientes.
- Red Distrital. Por último, las carreteras distritales, aunadas con las municipales, se sitúan en los espacios urbanos, suburbanos y rurales; asimismo, son estudiadas por el municipio respectivo.

Por su parte, Bautista (2018) garantiza que una red vial es un punto medular en las políticas destinadas a promover el desarrollo siempre que produzcan una verdadera transformación en las zonas de una nación. Asimismo, estos lineamientos políticos se constituyen como sistemas estratégicos que, aparte de buscar el movimiento de personas y objetos, tratan de dinamizar las áreas urbanas como regionales con el objetivo de impulsar la unificación y conexión de localidades.

En esa misma línea, las carreteras provinciales también son gestionadas por las localidades o comunidades autónomas que rigen a las carreteras autonómicas, puesto que el conjunto de estas vías también integra a una comunidad autónoma; por ejemplo, en las ciudades peruanas, este sistema de vías varía de acuerdo con los procesos de gestión de los departamentos y, simultáneamente, también varía su forma y extensión.

4.3.4. Autovías y autopistas

Las autovías son una cadena de carreteras que soportan una elevada cantidad de personas y vehículos; además, se asientan como una extensa red vial de focos importantes de una ciudad, a pesar de que, en ciertas oportunidades, se extienden por zonas rurales. Por tanto, estas carreteras funcionan como enlaces que posibilitan la interrelación entre los sitios más resaltantes tanto de un país como un continente (Pérez et al., 2016). Asimismo, se diferencian de las autopistas, ya que permiten el acceso a las partes contiguas, aunque este sea limitado.

Por su parte, acorde con la Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín (s. f.), la autopista dispone de señalización que



permite identificar su clase y orientar el desplazamiento de vehículos que rebasan una velocidad de 60 km/h en un trazo recto. A pesar de tales características, este tipo de construcción vial puede aparecer en territorios urbanos. En general, dichas carreteras ofrecen las siguientes ventajas:

- No existe accesibilidad entre las carreteras y las partes colindantes.
- No es permisible atravesar a nivel otras vías ni líneas ferroviarias, puesto que todas las intersecciones y avances se perpetran a un nivel desigual.
- La presencia de múltiples calzadas para cada orientación de desplazamiento. Asimismo, estas calzadas deben mostrar separaciones, a excepción de focos específicos o en situaciones temporales que no requieren tal división. Las calzadas deben ser disociadas a través de una franja territorial (mediana), en la cual no exista ningún tipo de tránsito.

Tabla 8

Tipos de autopistas según MTC

Tipo	Descripción
Autopistas de 1.a clase	Carreteras con un índice medio anual de mayor a 6000 vehículos por día, cuyas calzadas son de 6 m de grosor como mínimo. Estas carreteras generalmente se encuentran en zonas urbanas y no presentan cruce peatonal por la existencia de puentes peatonales.
Autopistas de 2.a clase	Carreteras con un índice medio anual de entre 6000 y 4001 de vehículos por día. Estas presentan medidas a las autopistas de primera clase, cruces peatonales y, también, puentes peatonales en zonas urbanas.

Nota: Tomado de MTC (2018a).



Figura 9

La Vía Expresa como ejemplo de autopista



Nota: Tomado de Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín (s. f.)

- El recorrido por la autopista suele ser gratuito, pero, en ciertos casos, es un requisito abonar un monto como concepto de peaje.

En Perú, un ejemplo de este tipo de carreteras es la Vía Expresa, una autopista amplia para la circulación acelerada. En la actualidad, esta autopista es de uso exclusivo para el paso de autos u otros transportes en direcciones opuestas o iguales, por lo que carece de atajos de acceso y de cruces o cortes, tal como se visualiza en la Figura 9, donde las líneas fijadas en el pavimento detallan la dirección de los vehículos en las distintas vías.

Por otro lado, según la Tabla 8, las autopistas manifiestan ciertos rasgos particulares, por lo que existe la posibilidad de encuadrarlos en distintos



tipos, en función de la cantidad de transportes que transitan en ellas y la existencia de puentes peatonales. Precisamente, en Perú, se visualizan autopistas de primera y segunda clase, según esta entidad.

En términos generales, las autopistas y autovías se posicionan como carreteras de alta proyección que deben tener no menos de una calzada con dos carriles, aparte de calzadas aisladas en la mayoría de veces. No obstante, estos elementos se diferencian, puesto que las autopistas no poseen puntos de acceso entre las partes contiguas, tramos de servicio y la vía principal; en cambio, las autovías sí admiten un acceso de carácter limitado (Gobierno de España, 2016).

CAPÍTULO V

VALORIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

La valoración de la construcción de carreteras es el mecanismo que permite la tasación de la infraestructura total, actividad que posibilita una proyección de los tipos y calidad de material, la cantidad de trabajadores y el tipo de maquinaria a emplear. Todos estos factores dependen del tiempo que durará la construcción; en consecuencia, la valoración de la construcción de carreteras se centra en la previsión del gasto y la disminución de los imprevistos o riesgos que puedan alterar la tasación final.

Para tratar las fluctuaciones del precio o coste de la construcción, primero, se define qué es el presupuesto vial y se explicita su importancia. Además, se exponen los métodos para calcular el presupuesto de las carreteras; por otro lado, se presenta el diseño de carreteras, ya sean rutas o autopistas, sus características y diferencias entre ellas. Asimismo, se ilustra al lector sobre las disciplinas auxiliares como la hidrografía, topografía y geotecnia, cuyos aportes son considerados en la construcción de carreteras. De este modo, se realiza un resumen de los tipos de suelos y rocas para que se



contemple la diferencia en cuanto a los materiales empleados en la elaboración de las rutas de desplazamiento.

Por otro lado, se explica sobre los tipos de maquinaria, sus características y funciones específicas al interior de la construcción de carreteras o autopistas. De esta manera, se muestra como un todo integrado la forma de actuar de las disciplinas auxiliares y las maquinarias, las cuales en conjunto contribuyen a cimentar las carreteras. Asimismo, se aborda el mantenimiento de las máquinas y la importancia de su labor en la ingeniería civil. Finalmente, se detallan los tipos de materiales empleados en la construcción de carreteras, ya sean los clásicos (hormigón, cemento, asfalto, entre otros) o los nuevos elementos (geomallas o geotextiles), considerados como alternativas amigables con el medioambiente, cuyas funciones consisten en servir como medio impermeable de rutas o carreteras.

5.1. ¿Qué es el presupuesto vial?

El presupuesto vial es el coste total o parcial de la obra. Existen distintos métodos para calcular el presupuesto vial; por ejemplo, se presentan los estudios de factibilidad que permiten obtener un cálculo de la inversión a realizar. Para tal fin, se ejecuta una aproximación de los costos de materiales (\$/m²) y el tamaño de la obra (Solminihac y Thenoux, 2011).

Otra forma de calcular el coste total es mediante la estimación inicial, es decir, el presupuesto formal de la obra. Para prever ello, se ejecuta un presupuesto del contratista (precio unitario de la partida) y se va midiendo esta expectativa con base en los presupuestos de avance que posibilitan determinar si se ha cumplido lo previsto o se sobrepasaron los cálculos de la partida asignada. Por último, el mandante y el contratista realizan la evaluación final, esto es, la comparación del presupuesto inicial con los montos gastados.



Por otra parte, como paso previo a estos cálculos, se debe realizar una proyección de presupuestos con base en los planos. De este manera, se logra un estudio de factibilidad, el cual no solo se apoya en planos, sino en estudios geológicos, informes hidrográficos, normas técnicas y administrativas, estudios de impacto ambiental, reglamento y bases del contrato (Solminihac y Thenoux, 2011). Asimismo, se debe considerar el cálculo de gasto de mano de obra; para ello, se requiere información sobre el mercado obrero, el cual varía según el grado de especialización de los trabajadores.

De esta manera, se necesita profesionales, personal técnico, maestros, ayudantes, jornaleros, personal administrativo, entre otros. Al respecto, la selección de este personal no es imparcial, ya que está determinada por criterios subjetivos que afectan una evaluación cualitativa. Entre los factores que intervienen en la estimación de la mano de obra, se presentan el conocimiento o posesión de habilidades, la demanda de la mano de obra en el mercado y, por último, la condición física de los empleados.

Además, para tasar la mano de obra, se considera el rendimiento del trabajador, el cual puede ser utilizado al máximo, si se divide en trabajo productivo y se identifican las labores que brindan un aporte directo a la producción, tales como el alzaprimado, la colocación de moldajes y el hormigonado. Otro tipo de trabajo es el contributivo, el cual apoya en la ejecución del trabajo productivo, aquello se ilustra en la limpieza de superficies del hormigonado y el traslado del moldaje. Por último, se presenta el trabajo no contributivo, es decir, los tiempos desaprovechados, tales como los diálogos entre trabajadores y la espera por nuevo material o recursos faltantes.

Otro factor que interviene en el cálculo de presupuesto de una obra es el coste de los materiales, el cual varía por la calidad, la cantidad o volumen de la compra, las ofertas disponibles, la capacidad negociadora, entre otros factores. Asimismo, al realizar la tasación de los materiales, se incluye el gasto por pérdidas en la utilización, el mal almacenaje, los errores en el



Figura 11

Fases de estimación de costos en el proceso constructivo



Nota: Tomado de Adrián (1982).



transporte del material, etc.; por este motivo, los ingenieros elaboran una matriz de cubicaciones que contiene el volumen de los distintos materiales que se utilizarán en la construcción. La Tabla 9 muestra un ejemplo de cómo estos factores intervienen en la determinación del coste total de una obra:

Tabla 9

Modelo de criterios a considerar en un presupuesto

Presupuesto resumen	Monto en euros
Demolición y desbroce	€ 392 550.00
Movimiento de tierras	€ 3 956 546.89
Drenaje	€ 13 346 248.61
Firmes	€ 2 358 062.78
Estructuras de paso y túnel	€ 34 114 250.00
Restauración paisajística	€ 253 006.26
Equipamiento varios y seguridad	€ 471 612.56
Obras complementarias	€ 366 553.92
Varios seguridad y salud	€ 8 288 824.65
Presupuesto de ejecución material	€ 63 547 655.67
Gastos generales (13 %)	€ 8 261 195.24
Beneficios industriales (6 %)	€ 3 812 859.34
PEC	€ 75 621 710.24
IVA (21 %)	€ 15 880 559.15
PEC con IVA	€ 91 502 269.39

Nota: Tomado de Amador y Velarde (2019).

Por último, el coste de la obra también es alterado por el gasto de los equipos o maquinarias. Básicamente este gasto, se divide en cuatro tipos: cargos fijos, cargos por consumo, cargos por operación y cargos por transporte.



1. Cargos fijos. Se basan en el costo por hora del equipo sin considerar si la máquina se encuentra en funcionamiento o no. Dentro de este cargo, intervienen factores como la inversión, la depreciación, los seguros, el almacenaje y el mantenimiento.
 - **Inversión.** En cuanto a la inversión, es el cargo por los intereses del capital que se ha invertido en la máquina (Fonseca y López, 2011).
 - **Depreciación.** La depreciación, por su parte, es la reducción del valor de una máquina, debido a su uso.
 - **Seguros.** Respecto a los seguros, son el servicio de la devolución total o parcial del gasto por la máquina, cuando esta se destruye.
 - **Almacenaje,** abarca la renta o amortización y el resguardo de bodegas donde se conservan los equipos.
 - **Mantenimiento,** incluye todas las reparaciones o repuestos solicitados.
2. Cargo por consumo. definido como la consumición por los vehículos o máquinas en funcionamiento; por ende, dentro de la tasación, se incluye el gasto por lubricantes, combustible y llantas.
3. Cargos por operación, es aquel que se efectúa por el personal que opera las máquinas y, además, se calcula por las horas de funcionamiento de la máquina.
4. Cargo por transporte, representa el importe por el traslado de los equipos; según Fonseca y López (2011), se mide por la división del costo total del flete entre las horas de utilización de la máquina.

Otra modo de dividir el gasto por la maquinaria es la clasificación de los equipos en arrendados, con *leasing* y propios.



- Equipos arrendados. Los primeros son aquellos que presentan una tasa de arriendo; por ello, al momento de adquirir una máquina, se debe considerar el tiempo y la inclusión o no del personal operario, el mantenimiento y los accesorios.
- Equipo con *leasing*, se basa en un arriendo de compromiso con la compra. Comúnmente, resulta más costoso adquirir un equipo bajo este sistema; sin embargo, al finalizar el contrato, se ofrece beneficios tributarios. Asimismo, si la empresa desea adquirir el mismo equipo u otro, se le otorga mayores garantías e inclusive la reducción de su coste anterior.

Según la Sociedad de Comercio Exterior del Perú (2020), el cálculo del presupuesto vial es fundamental; puesto que estima los beneficios de la obra, es decir, determinar si es rentable o no. Aquello permite que la empresa reduzca el riesgo de inversión; asimismo, ComexPerú informa que la construcción de puentes, carreteras y caminos posibilita la aproximación de mercados, así como reduce el tiempo de desplazamiento de los usuarios y los costos del transporte.

De manera similar, el presupuesto vial permite reducir el coste de otros servicios, como salud o educación, ya que la construcción de carreteras acerca estos servicios a las comunidades. Por ende, se disminuyen los costes por desplazamiento que antes correspondían al rubro de salud o educación.

Por otra parte, la previsión del presupuesto vial a nivel nacional permite conocer la competitividad global del país. Su posicionamiento en los rankings de mayor asfaltado por metro cuadrado es un indicador del desarrollo nacional en infraestructura vial y también del progreso de la conexión de servicios básicos para los ciudadanos.

Además, el cálculo del presupuesto vial permite medir el gasto que se destina a este rubro y priorizar otros o reforzar el mismo sector. De esta manera, según el reporte de ComexPerú (2020), se incrementó el pavimen-



tado a nivel de la red vial nacional, cuya competencia es del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; pero, por otro lado, existe una reducción en el ámbito de la red vial departamental que solo alcanzó un 13.2 %, un crecimiento ínfimo en los últimos años.

Por último, el presupuesto vial es importante, ya que posibilita aproximarse a los gastos totales y, con ello, reducir los costos por materiales, mano de obra y maquinarias. En otras palabras, el planeamiento y la posterior organización permiten que, durante la ejecución, el presupuesto de avance coincida con la estimación inicial y se efectúe una obra de calidad con bajo costo o que, mínimamente, se ajuste a lo proyectado.

5.2. Diseño de carreteras

El diseño geométrico es el encargado de gestionar las dimensiones y el trazado de los rasgos observables de la carretera como la alineación, la distancia visual, la sección transversal y las intersecciones.

Este diseño de las carreteras es un aspecto fundamental de la ingeniería de una carretera, dado que contribuye con la reducción de accidentes y su gravedad. Por lo tanto, tal diseño fomenta una eficacia óptima en las operaciones de tránsito y seguridad máxima a un costo razonable y accesible (Bajpai et al., 2019).

Este diseño, de acuerdo con Bajpai et al. (2019), es lo más importante de la ingeniería de una carretera, además, se centra en la dimensión y diseño de las características visibles del terreno de la futura carretera. Asimismo, según el diseño geométrico de las carreteras, estas se clasifican en las siguientes:

- **Proyectos de nuevo trazo:** son las nuevas carreteras que se integran a una red vial. Aquello se ilustra en el diseño de una carretera que no existe todavía. Dentro de esta clase, se incluyen a las rutas de evitamiento y las variaciones longitudinales. Además, es importante remarcar que



los nuevos puentes y túneles se adscriben a los nuevos emplazamientos y no a los nuevos trazos; por ende, los puentes y túneles se incorporan a vías ya existentes.

- Proyectos de mejoramiento puntual de trazo: son aquellos que solo corrigen una parte del trazo general mediante la eliminación o agregación de puntos o sectores en la geometría de la carretera. Estos cambios se ejecutan para mejorar la seguridad vial y, en consecuencia, evitar accidentes automovilísticos.
- Proyectos de mejoramiento de trazo: a diferencia de los proyectos de nuevo trazo, modifican el eje del diseño geométrico o rediseñan en su totalidad la carretera existente. Comúnmente, se realiza este tipo de proyectos a causa de un nuevo servicio de transporte o porque su ubicación ha quedado desactualizada. Asimismo, los mejoramientos de trazo se efectúan alrededor del eje principal llegando a reconfigurarlo totalmente.

Por otra parte, el diseño geométrico en las carreteras debe considerar la distancia de visibilidad, la cual, según el MTC (2008), se clasifica en visibilidad parada, visibilidad de adelantamiento y visibilidad para cruzar una carretera.

- Visibilidad parada. El primer tipo es definido como la distancia mínima que se necesita para que se detenga un vehículo antes de que alcance su objetivo.
- Visibilidad de adelantamiento. Respecto a la segunda, refiere a la mínima distancia que debe ser visible para que el conductor sobrepase a otro vehículo sin ocasionar sobresaltos al conductor de un tercer vehículo que viaje en la misma ruta.
- La visibilidad para cruzar una carretera, es la distancia mínima que necesita un vehículo para cruzar una vía sin que ocasione accidentes con otro que se encuentra en la dirección contraria.



Asimismo, es importante que el diseño geométrico emplee diversas disciplinas auxiliares como la hidrología, la cual por medio del drenaje aísla el agua de las carreteras. Esto evita daños en la carretera por la humedad y favorece el tránsito de vehículos. Además, el diseño del drenaje se vale de cálculos hidráulicos que se apoyan en las registros pluviométricos de cada lugar (Gil, 1982).

Específicamente, el agua sobre el pavimento se elimina por medio del bombeo y el peralte en las zonas curvas. De esta manera, el agua se direcciona hacia las cunetas, las cuales finalmente desechan el agua de las lluvias a través de las alcantarillas, estas últimas se deben instalar en función de las condiciones topográficas, la capacidad hidráulica de la cuneta y el régimen pluviométrico de la zona.

Además del procedimiento de aislamiento del agua, las carreteras pasan por un tratamiento de impermeabilización que evita la erosión progresiva de las pistas. Asimismo, al momento de planear los drenajes, se debe considerar la localización de la ruta que debe alejarse de zonas pantanosas o húmedas. Al respecto, según el MTC (2008), se deben evitar los lugares con grandes torrentes, que posean aguas subterráneas y taludes pronunciados; ya que afecta el diseño de la carretera. Del mismo modo, esta entidad estatal peruana recomienda no construir carreteras cercanas a reservorios y ríos, puesto que la erosión es mayor y es un área de formación de huaycos o aluviones.

Por otro lado, los drenajes se pueden clasificar según el riesgo de obstrucción de sus canales; así, se presentan los de riesgo alto, medio y bajo. En cuanto a los primeros, la probabilidad de arrastrar árboles, rocas u objetos de gran tamaño es bastante elevada; respecto a los segundos, existe una posibilidad intermedia de remolcar arbustos o ramas; por último, los terceros, los de riesgo bajo, poseen una probabilidad baja de arrastre, además, solo se depositan pequeñas rocas y hojas en sus canales.



Otra disciplina que se emplea en el diseño geométrico de carreteras es la topografía, ciencia que aborda los principios y métodos para estudiar la superficie terrestre a través de estudios de distancia y elevación de los terrenos (Reyes, 2019). En consecuencia, la topografía analiza el detalle de la superficie terrestre y las formas cómo se puede representar este elemento incluyendo sus accidentes naturales y los creados por el hombre.

Algunas de las disciplinas propias de la topografía son la planimetría, altimetría y la agrimensura. La planimetría se ocupa del estudio de los instrumentos y métodos con la finalidad de representar la posición exacta de la zona; con referencia a la altimetría, es aquella disciplina que estudia los distintos puntos de altura con respecto a un punto de referencia que generalmente es el nivel del mar; en cuanto a la agrimensura, es el estudio de los medios que se utilizan para medir los terrenos que serán fraccionados.

Estas ramas de la topografía apoyan al diseño geométrico de carreteras en la etapa de proyección o planificación, ya que el estudio detallado del terreno permite calcular el riesgo de construir en una determinada zona. Asimismo, la topografía calcula la medida o grado de intervención humana en el área, esto es, qué tipo de modificaciones deben ejecutarse en el terreno para iniciar el diseño de la carretera.

Otra ciencia que ayuda en la construcción de carreteras es la geotecnia, la cual se define como la disciplina o actividades que se encargan del estudio del subsuelo y análisis en conjunto con la ingeniería para el diseño y construcción de obras terrestres (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2014). En consecuencia, la geotecnia garantiza la calidad de las estructuras y subestructuras para construir puentes, edificaciones, torres y silos que aseguren la vida humana, así como el respeto o alteración mínima del medioambiente.

Su principal función es el estudio del subsuelo (si estos son arcillosos, arenosos o rocosos) y, a partir de ello, se posibilita que el ingeniero civil calcule los materiales para la construcción del diseño geométrico, así como



los elementos o adherentes impermeables que este necesita. Con relación a los suelos arcillosos y rocosos, según Masabanda et al. (2018), se clasifican en las siguientes:

- Arcilla muy blanda: las manos o puños atraviesan varios centímetros.
- Arcilla débil: el dedo penetra con facilidad varios centímetros.
- Arcilla firme: una cantidad baja de presión en los dedos puede penetrarla.
- Arcilla rígida: requiere de una fuerte presión en los dedos para atravesarla.
- Arcilla muy rígida: si se aplica una fuerza sobre esta, solo se marca la arcilla.
- Arcilla dura: se necesita de una gran fuerza para marcar la arcilla.

De similar manera, los geotécnicos estudian las propiedades de la roca, como la resistencia al corte, la porosidad, absorción de agua y permeabilidad, con el propósito de saber con exactitud qué tipo de materiales se emplearán en el diseño geométrico y, sobre todo, garantizar su seguridad. A partir del análisis de estas propiedades, las rocas se dividen de la siguiente manera:

- Roca extremadamente blanda: se marca al contacto con la uña.
- Roca muy blanda: se puede deshacer con golpes de martillo y rayarse fácilmente con una navaja.
- Roca blanda: difícilmente se raya con una navaja.
- Roca moderadamente dura: no se puede rayar con una navaja. Para romperse, necesita de un golpe firme con el martillo que aproximadamente penetra 5 mm.
- Roca dura: para romperse requiere varios golpes con el martillo.



- Roca muy dura: si se aplica muchos golpes con el martillo, se rompe.
- Roca extremadamente dura: los golpes con el martillo solo descarrillan la roca, asimismo al golpearla produce un sonido metálico.

Por otro lado, la geotecnia colabora con el análisis de la cantidad de material que se utiliza para la cimentación de las alcantarillas, la socavación, las medidas antierosivas de pistas, la tubificación de los terraplenes de acceso y la compactación del colchón de tierra sobre las alcantarillas. Además, la geotecnia evalúa las siguientes posibles fallas y deformaciones terrestres:

- Juntas: grietas que se unen a las fisuras.
- Fisuras: aberturas incontrolables que afectan una superficie terrestre determinada.
- Diaclasas: fractura o fisura de un elemento rocoso donde no se observa un gran desplazamiento transversal.
- Planos de estratificación: superficies que limitan el nivel de sedimentación de una roca estratificada.
- Planos de foliación: superficies integradas por minerales que tienen varias capas paralelas de origen tectónico.
- Fallas: son roturas en las rocas, causadas por un movimiento o desplazamiento.

Asimismo, dentro de la proyección del diseño geométrico, se realizan dos estudios geotécnicos: preliminar y definitivo.

Estudio preliminar, conjunto de actividades que analizan el terreno, básicamente, el estudio preliminar cuenta con los análisis geológico y geomorfológico; esto es, la zonificación del área, las amenazas geológicas, los criterios de cimentación y las obras de adecuación del terreno.

Estudio definitivo, abarcan los análisis geomecánicos del subsuelo; para tal fin, se requieren ensayos de campo y ensayos de laboratorio, estos úl-



timos obtienen muestras representativas de los suelos (Masabanda et al., 2018) para determinar el grado humedad natural y el peso unitario.

5.3. Maquinaria

En líneas generales, la maquinaria moderna apareció alrededor de 1880 en Estados Unidos y adquirió grosso modo su forma y funcionamiento actual después de la Primera Guerra Mundial (1914-1918). La innovación de las maquinarias, como refieren Fonseca y López (2011), se debe a los grandes costos de alimentación de los equipos de tracción animal, así como al límite de animales que podían movilizar un vehículo.

La aparición del motor supuso la compactación de la fuerza animal y la exploración de nuevos umbrales de impulso de las máquinas. Así, esta nueva tecnología se usó primeramente para el campo (agricultura), pero rápidamente se adaptó para la construcción de casas y pistas, estas últimas a través de los años han sido elaboradas con maquinaria específica como el *bulldozer*, máquina que tiene su origen alrededor de la década de 1930.

1. *Bulldozer*. Básicamente, es un tractor con orugas que tiene una cuchilla frontal unida a él que se emplea para excavar y empujar rocas, tierra o árboles en terrenos compactos o para realizar limpiezas vegetales. En la elaboración de pistas o rutas, el *bulldozer* se utiliza para realizar zanjas a cielo abierto, transportar lo excavado a otras zonas, extensión de materiales, aproximar terraplenes, brindar mantenimiento a las vías de acceso, recolectar materiales fragmentados por la construcción y la mejora de la subrasante, mediante el transporte de rocas.
2. La excavadora hidráulica o retroexcavadora, la cual según Gómez (2011) es un aparato compuesto por un chasis que se mueve por medio de orugas o neumáticos y posee un brazo cuchara —que se activa por cables o controles hidráulicos— diseñado para realizar excavaciones profundas.



Asimismo, las excavadoras hidráulicas pueden alternar los cucharones, lo que le permite una mayor versatilidad al momento de excavar. Por ejemplo, las retroexcavadoras emplean una cuchara pequeña al momento de realizar zanjas donde exista rocas pequeñas; por el contrario, si el suelo presenta rocas grandes y duras, usa una cuchara grande con una mayor capacidad de arrastre.

Además, esta máquina no solo puede cambiar cucharas de diferentes tamaños, sino que también se le puede incorporar un martillo que triture un suelo con rocas duras; en consecuencia, la retroexcavadora está posibilitada para ejecutar tareas de fragmentación. En la construcción de carreteras, Gómez (2011) manifiesta que sus funciones son la selección de material con una mínima altura de carga y la menor cantidad de movimientos, así como la nivelación de las áreas de trabajo mediante el transporte y posterior descarga de la tierra en el espacio de trabajo.

3. La motoniveladora, que se usa para excavaciones que requieren de precisión; asimismo, la motoniveladora realiza acabados y forma las pendientes de bancos o cunetas (Fonseca y López, 2011). Otras de sus funciones son mezclar, esparcir, desplegar las bases y subbases de la obra.

Al momento de cortar materiales muy duros, las motoniveladoras se restringen a tajos laterales, también se desplazan pequeñas cantidades de tierra, pero no igualan a la capacidad de un tractor; ya que las motoniveladoras son más livianas y no soportarían una gran carga. Por otro lado, está facultada para realizar trabajos de apoyo como esparcir la tierra o ayudar en la pavimentación; no obstante, su principal labor es cortar los elementos y nivelar la zona (subrasante). Específicamente, al momento de construir pistas, esta máquina se encarga de formar el peralte, extender la tierra y brindar mantenimiento a la carretera mediante la dispersión del asfalto.

4. El compactador, cuya función es aplanar el suelo después de que los materiales hayan sido echados. De este modo, los compactadores brin-



dan una capa con la densidad necesaria para resistir el pase de vehículos. En el mercado, existen distintos tipos de compactadores que se clasifican generalmente, según la forma de cómo aplican la fuerza al suelo, tal como se observa a continuación:

- **Compactadora de rodillos vibratorios:** es la maquinaria más económica y la que mejor aplana el material granulado, el cual se reduce y se distribuye uniformemente a través de la vibración. Los mejores resultados del rodillo vibratorio se observan en suelos no cohesivos.
 - **Rodillos patecabra:** este tipo se usa comúnmente en suelos cohesivos, debido a que el funcionamiento por patecabra amasa y compacta un mayor volumen de tierra. Tal proceso se logra por la presión que ejercen los vástagos sobre el material extendido en el suelo; concretamente, los rodillos ejecutan una serie de golpes, en las cuales los gránulos giran y vibran. Aquello produce una primera reducción del tamaño del material que posteriormente es sometido a una mayor presión por la patecabra y, finalmente, sale una masa compacta y uniforme.
 - **Rodillos neumáticos:** el modo de funcionamiento de este compactador es mediante las llantas que por su fuerza otorgada por el aire que las infla ejecuta una presión grande, lo que posibilita un recubrimiento rugoso, pero que posee la capacidad suficiente para ser una capa compacta.
5. La terminadora de asfalto o pavimentadora, también llamada finisher. Esta máquina automotriz sirve para verter el asfalto en la pista, alineamientos, pendientes y anchos (Bohórquez, 2011). Está compuesto por una tolva frontal que toma el material y lo mezcla mediante un túnel que vierte la mezcla a través de varios tornillos que lo distribuyen en la superficie deseada. La precisión o cantidad de la mezcla está regulada por unos brazos posteriores que jalan por la parte posterior a la pavimentadora.



6. Las volquetas, maquinarias que cumplen exclusivamente el rol de transportar la carga. Generalmente, la caja donde se trasladan los elementos (grava, arena y mezclas asfálticas) es de forma rectangular. Por lo general, según Fonseca y López (2011), las volquetas realizan cuatro recorridos: el primero parte desde las zonas de excavación hasta los terraplenes o botaderos; el segundo tramo corresponde a la ruta que va desde las canteras hasta las plantas de procesamiento; el tercero es el desplazamiento desde los prestamos hacia los terraplenes; y por último se encuentra el transporte desde la planta de procesamiento hasta las rutas de construcción.

5.3.1. Mantenimiento de maquinaria vial

El mantenimiento es el conjunto de labores que se realizan en algún equipo o centro con el objetivo de conservar la maquinaria en óptimas condiciones y se asegure su correcto funcionamiento (Hernández, 2010). A grandes rasgos, el mantenimiento se realiza debido a que el coste de la compra de nuevos equipos resulta elevado, aunque la renovación periódica es necesaria, la adquisición en plazos muy cortos supone una pérdida en la inversión de la empresa.

Por otro lado, es necesario precisar que el propósito del mantenimiento no es reparar ni conservar la máquina, sino el servicio que brinda. La ineficacia de una máquina específica se traduce en una demora en la entrega de la obra, así como el aumento de personal para suplir la función que esta antes realizaba. Dentro del proceso de mantenimiento de máquinas, se distinguen los siguientes tipos:

- **Mantenimiento por avería:** este tipo de mantenimiento se ejecuta en el momento que la máquina ya no funciona. Además, posibilita aumentar la vida útil del equipo; respecto al proceso de reparación, inicia con la identificación de la falla y, a partir del diagnóstico, se propone una serie de soluciones como la búsqueda de repuestos o lubricantes, por ejemplo.



- **Mantenimiento predictivo:** es aquel que percibe los primeros desperfectos del equipo y se anticipa a una falla mayor o general que lo inutilice por completo. Este diagnóstico se realiza a través de análisis no destructivos, tales como pruebas de aceite, análisis de desgaste de partículas, medición de temperaturas, media de vibraciones, entre otros.
- **Mantenimiento preventivo:** se refiere al conocimiento sistemático o diagnóstico general del estado de las máquinas. A diferencia del predictivo, el mantenimiento preventivo no espera que la máquina falle, sino que ejecuta el análisis en un momento determinado, el cual se calcula por las especificaciones del manual. Su principal función no solo es conservar el buen estado del equipo, sino preservar la seguridad laboral y la producción.
- **Mantenimiento correctivo:** es el tipo de mantenimiento que realiza correcciones menores al equipo con la finalidad de adaptarla a un medio específico. Esta acción es ejecutada por expertos, tales como los ingenieros, y se basa en el manual de la máquina, con la finalidad de no perjudicar el funcionamiento del equipo.
- **Mantenimiento proactivo:** es similar al predictivo, pero se realiza un análisis de mayor profundidad. Aquello se ilustra en el empleo de rayos X y el uso de material electrónico para detectar fisuras, procedimientos que, a simple vista, no se pueden observar completamente. Este tipo de mantenimiento es muy costoso por lo que solo las empresas grandes lo realizan.

Un programa de mantenimiento permite conservar a las máquinas en un perfecto estado, lo que a largo plazo abarata costes a la empresa; ya que no tiene que invertir en material nuevo constantemente. Asimismo, un buen programa de mantenimiento debe contar con manuales para sus diferentes equipos.



5.4. Materiales

Los ingenieros son responsables de la selección, especificación y control de calidad de los materiales que se usan en un trabajo. Estos materiales deben adecuarse a ciertas clases de criterios o propiedades de materiales, tales como los factores económicos, propiedades mecánicas, propiedades no mecánicas, aspectos de producción y construcción, así como propiedades estéticas (Mamlouk y Zaniewski, 2018). En otras palabras, los materiales deben contener características específicas que contribuyan a una adecuada construcción de infraestructura; en relación con ello, este conocimiento forma parte de las competencias que un ingeniero especializado en materiales o en ingeniería civil debe tener.

Los materiales usados en la construcción de carretera se componen de una mezcla de suelo y un agente estabilizador (cemento, cal o asfalto) con la finalidad de mejorar las calidades mecánicas y de soporte tanto para la carga como el diseño del pavimento, el cual debe ser un complejo de capas resistentes. De manera histórica, por ejemplo, durante el siglo XX, se distingue entre materiales tradicionales (asfalto y hormigón) y agregados naturales, en la construcción de carreteras. A partir del siglo XXI, varios investigadores apuntaron que era propicio utilizar nuevos materiales alternativos como la ceniza, incineración y residuos provenientes del vidrio, asfalto reciclado, caucho, entre otros. Estos materiales también eran factibles para las necesidades de tráfico y población (Balaguera et al., 2018).

Las diversas situaciones problemáticas en el ámbito ambiental, económico y técnico fomentaron investigaciones acerca del reciclaje de residuos sólidos en la construcción de la infraestructura vial o de carreteras. En ese sentido, en varios estudios se experimentaron con materiales de desechos, como áridos de hormigón reciclado y polietileno de desecho de envases de leche en mezclas bituminosas, y se obtuvieron resultados favorables.

En ese sentido, en la actualidad, los materiales usados (como el concreto reciclado) en la construcción buscan contribuir con el cuidado del



medioambiente. Además, estos materiales también se adecuan a las exigencias de las personas y los diseños de las carreteras, por lo que su uso debe ser promovido.

Por otro lado, es importante destacar los problemas que enfrentan las carreteras. Alerovera et al. (2020) sostienen que uno de ellos es la humedad, factor que destruye las bases de la estructura de una carretera; por tal motivo, durante la construcción, se considera el nivel de agua subterránea de la zona. Por ejemplo, es posible construir carreteras en zonas pantanosas siempre y cuando se cuente con los materiales especiales y tecnología adecuada. En contraste, el uso de materiales como arena polvorienta, elemento arenoso fino y polvoriento no es factible en construcciones viales que se encuentran en zonas con alta humedad como los pantanos.

Además, al emplear los materiales destinados a la construcción de carreteras, se debe considerar que las carreteras están conformadas por una aglomeración de capas, cada una con una tarea específica. La capa más profunda es la capa del suelo, la cual es la base de toda la infraestructura por su fiabilidad y estabilidad. En ese sentido, los suelos más propicios para el establecimiento de una construcción de carretera son el de tipo marga (variedad de arcilla), arenosa grande, arena drenante, grava, suelos gruesos y rocosos, marga arenosa ligera, suelos no drenantes y arcilla.

Njideka y Ben (2018) establecen que los suelos con gran cantidad de arcilla tienden a inflarse o crecer exageradamente, sobre todo, cuando su nivel de humedad aumenta. Por ello, para los trabajos de pavimentación, se requiere usar el cemento y cal, los cuales ayudan a la estabilización del suelo. También existen materiales de piedras que son usados en la construcción, estos incluyen a las rocas (en forma libre o triturada). Por ejemplo, en el caso de las rocas libres, se presentan la materia prima de arena y grava, material de grava de pozo e, incluso, materiales de arena y grava con granos de arena. Asimismo, también se usan aglutinantes hidráulicos como el cemento Portland y la cal hidráulica (Alerovera et al., 2020).



Además, es posible encontrar el uso de soluciones bituminosas en el proceso constructivo de las carreteras. Salam y Netula (2016) indican que estas soluciones y las de tipo temporarias se emplean en aquellos tipos de construcción que se adecuan al uso de muy poco tránsito, a través de tarifas de los pasajeros. Entre estas soluciones, se comprenden las técnicas de sellado de viruta (fragmento residual con forma de lámina) y el sellado en sí. Alerovera et al. (2020) añaden que las modificaciones del betún pueden producirse con ciertas migas de caucho o algún modificador del caucho asfáltico. En suma, lo importante de este proceso es que tal material genere mayor resistencia en la calzada o el pavimento.

Otros materiales que se utilizan en las modernas tendencias de construcción son los sintéticos y geotextiles. Akhmetshin y Kovalenko (2019) indican que los sintéticos están hechos a base de polímeros, tales como los materiales geotextiles. Estos últimos se fabrican a partir de polipropileno y son resistentes a las influencias de los organismos biológicos, la humedad y compuestos químicos. Además, este elemento no solo es usado en la construcción vial, sino también en los procesos de drenaje.

En la actualidad, en los distintos países, el uso de geotextiles y geosintéticos poliméricos está en constante crecimiento, entre ellos, se tienen a los geotextiles tejidos y no tejidos, geomallas, fibras provenientes del vidrio, geomembranas, geocompuestos de drenaje y otros materiales geosintéticos. Cabe indicar que estos últimos son un tipo de material de construcción diseñado para mejorar las propiedades del suelo; de tal modo, se garantiza el funcionamiento de las pistas, carreteras y, en general, cualquier vía de transporte (Alerovera et al., 2020).

En síntesis, los materiales que se emplean buscan el cuidado del medioambiente y una reducción en los costos de transporte y construcción. Por ejemplo, Popescu y Burlacu (2017) indican que, según estudios, se identificó que el uso de asfalto reciclado generó una reducción en el calentamiento global; por tanto, se debe fomentar su uso.

CAPÍTULO VI

GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

La gestión de la construcción es una parte fundamental en la elaboración de las carreteras, ya que vincula los aspectos económicos con los parámetros de seguridad y salud laboral. Por esta razón, en la gestión, se observa qué aspectos se deben planear y, posteriormente, ejecutar para reducir al mínimo los riesgos imprevistos, los cuales generan mayores costos para la empresa o el Estado a cargo de la infraestructura.

Del mismo modo, la gestión de carreteras abarca los aspectos legales, es decir, la normativa vigente de la ley sobre vías para garantizar un trabajo ordenado que cumpla con las disposiciones señaladas por el Gobierno. Así, se infiere que, en la gestión de carreteras, intervienen entidades nacionales como el Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Sin embargo, los organismos gubernamentales no son los únicos que participan en este proceso, sino que las empresas privadas por medio de las concesiones también se involucran en el planeamiento, organización y ejecución de la obra, cuya fiscalización —generalmente— está a cargo del Estado.



Al respecto, el sector público permite que los capitales privados participen en las obras de infraestructura vial por medio de concursos públicos. En consecuencia, se presenta un sistema mixto: tanto el Gobierno como las compañías particulares se organizan y delegan funciones, con la misión de construir pistas, carreteras o vías que posibiliten la aproximación de los recursos a la población. Como consecuencia, se fomenta el progreso económico mediante la intensificación de actividades como la exportación que se vale de autopistas específicas.

Por último, se debe considerar que la construcción de carreteras se vale de personal profesional y no calificado, los cuales son administrados por la gerencia o director a cargo que debe evaluar previamente los materiales, las maquinarias y el tiempo que se empleará en la obra, ya que a partir de dicha evaluación se puede establecer una política de seguridad y salud en el trabajo. El cual tiene como objetivo salvaguardar la integridad de los empleados y mediante ello reducir los costos o tasación final de la construcción; mas todos estos aspectos serán vistos con detenimiento en el presente capítulo.

6.1. Entidades que intervienen en la construcción

El rubro de la construcción es uno de los que genera más divisas para la economía peruana; de similar manera, en muchos países latinoamericanos como Chile, México y Argentina es uno de los rubros más rentables. Generalmente, el cliente es el Gobierno por lo que es necesario cumplir con la reglamentación del país en materia de construcción. Por esta razón, es fundamental consultar con los órganos legales que intervienen en este proceso; el cual en el caso peruano está a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Entidad que se encuentra conformada tanto por el Despacho Viceministerial de Transportes y el Despacho Viceministerial de Comunicaciones, los cuales a través de sus distintas oficinas se encargan de planear, organizar, ejecutar y fiscalizar las infraestructuras viales.



Por otra parte, no solo las instituciones públicas intervienen en la construcción de carreteras, sino que también las empresas privadas son parte de este proceso. Específicamente, el sistema de concesiones viales permite a los capitales privados participar en los concursos públicos donde cada una de estas oferta su mejor proyecto con la finalidad de ganar la buena pro del estado. De esta manera, se crea un sistema donde tanto estado y privados se articulan con el objetivo de percibir ganancias y desarrollar un espacio determinado.

6.1.1. Entidades públicas

La principal entidad pública dedicada al rubro de la construcción de carreteras es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el cual a través del Despacho Viceministerial de Transportes se encarga de la normatividad en asuntos de infraestructuras y servicios de transportes a nivel internacional, nacional, regional y local (MTC, 2020). Asimismo, el Despacho Viceministerial de Transportes con apoyo de otras entidades como el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, las municipalidades y Gobiernos regionales se ocupan de establecer los planes de trabajo para la construcción de rutas viales y actualizar las políticas de transporte vigente. En relación con ello, el Despacho Viceministerial de Transportes está conformado por las siguientes dependencias:

- a. La Dirección General de Políticas y Regulación en Transporte Multimodal. Es la autoridad encargada del diseño, supervisión, formulación y evaluación de las regulaciones competentes a los servicios de transporte terrestre, acuático, ferroviario y multimodal. Dentro de esta oficina, se presentan los siguientes despachos:
 - Dirección y Normas en Transporte Vial: su misión es proponer normas para el transporte terrestre, así como velar por la seguridad de la infraestructura vial.



- Dirección de Políticas y Normas del Transporte Ferroviario: se encarga de propugnar normas en materia ferroviaria.
 - Dirección de Políticas y Normas en Transporte Acuático: responde al ordenamiento jurídico de puertos y barcos.
 - Dirección de Seguridad Vial: impulsa planes para la seguridad vial acorde a la normativa de transporte vigente.
- b. La Dirección General de Aeronáutica Civil. Este organismo se encarga de normar, fiscalizar, sancionar e implementar estrategias para los campos de la aeronáutica civil y la navegación aérea civil. En esta dirección, se incluyen las siguientes unidades:
- Dirección de Regulación, Promoción y Desarrollo Aeronáutico: su objetivo es observar las disposiciones legales de la aeronáutica civil y las construcciones aeroportuarias. Asimismo, fomenta la aviación civil en el Perú y promueve el mercado aerocomercial en el territorio nacional.
 - Dirección de Certificaciones y Autorizaciones: se ocupa de administrar las operaciones de las aeronaves en el país. Además, tramita y supervisa el cumplimiento de los derechos de tráfico, promueve políticas aerocomerciales y certifica aeródromos.
 - Dirección de Seguridad Aeronáutica: fiscaliza el cumplimiento del estándar de seguridad. Además, convalida, renueva y entrega los certificados técnicos y documentos aeronáuticos a los distintos operarios. Asimismo, se encarga de investigar los accidentes de aviación civil.
- c. La Dirección General de Programas y Proyectos de Transportes. Tiene por objetivo coordinar, brindar seguimiento y concretizar las inversiones en asuntos de construcción y servicios de transportes. Asi-



mismo, realiza proyectos de plataformas logísticas y rutas navegables, a excepción de las vías aéreas (MTC, 2020). Además, esta autoridad otorga maquinaria y tecnología para la ejecución de obras de calidad, por ejemplo, carreteras interprovinciales.

- d. La Dirección General de Autorizaciones en Transportes. Se encarga de brindar licencias a los transportes terrestres por carretera, ferroviarios, vehículos acuáticos y transporte multimodal. Del mismo modo, organiza evaluaciones y reconoce los derechos en infraestructura y servicios de transporte. En cuanto a su estructura, está conformada por la Dirección de Servicios de Transporte Terrestre, la Dirección de Circulación Vial y la Dirección de Autorizaciones del Transporte Acuático.
- e. La Dirección General de Asuntos Ambientales. Actúa como autoridad ambiental en materia de transportes; en consecuencia, dicta normas e implementa proyectos ambientales en asuntos de infraestructura vehicular. Su principal misión es el desarrollo sostenible del transporte; para ello, se apoya en el Ministerio del Ambiente, entidad con la cual acuerda las medidas de la política general. Al interior de esta dirección, se localiza la Dirección de Gestión Ambiental y la Dirección de Evaluación Ambiental.
- f. La Dirección General de Fiscalizaciones y Sanciones en Transportes. Su objetivo es canalizar y atender los actos de fiscalización de la infraestructura de transporte. Asimismo, vela por el cumplimiento de la asistencia de servicios en transporte multimodal, acuático y ferroviario; además, sancionan los malos procedimientos en la construcción de carreteras y vías en base a las reglas vigentes. Esta entidad está constituida por la Dirección de Fiscalizaciones en Transportes y Dirección de Sanciones en Transportes.

Otra institución que actúa en conjunto con el Despacho Viceministerial de Transportes es el Despacho Viceministerial de Comunicaciones, el cual se encarga de diseñar, formular, coordinar y evaluar el plan nacional en



materia de infraestructura y servicio de comunicaciones que tiene como objetivo masificar estos servicios a nivel nacional a través de una política sostenible. Este despacho se encuentra conformado por la Dirección General de Políticas y Regulación en Comunicaciones, la Dirección General de Programas y Proyectos de Comunicaciones, la Dirección General de Autorizaciones en Telecomunicaciones y la Dirección General de Fiscalizaciones y Sanciones en Comunicaciones.

Por otro lado, dentro del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, también se halla la Secretaría General, la mayor estancia administrativa de esta entidad (MTC, 2020). Esta dependencia se encarga de actualizar el portal de transparencia del Ministerio con la finalidad de que los concursos públicos para las obras mantengan un ambiente de competencia justa.

En el mismo orden, el secretario general dirige la gestión de riesgos de desastres, diálogo y gestión social. Asimismo, se ocupa de la imagen institucional, comunicación y lucha contra la corrupción al interior del Ministerio. La Secretaría General se encuentra conformada por la Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional, la Oficina de Defensa Nacional y Gestión de del Riesgo de Desastres, la Oficina de Atención al Ciudadano y Gestión Documental, Oficina de Integridad y Lucha Contra la Corrupción, Oficina de Diálogo y Gestión Social.

Además de la Secretaría General, también se presenta la Oficina General de Articulación, Monitoreo y Evaluación del Impacto (OGAME), la cual dirige la unidad técnica y administrativa del sector transporte y comunicaciones con injerencia exclusiva en los Gobiernos regionales y locales (MTC, 2020). La OGAME está integrada por la Oficina de Articulación Intergubernamental (OAI) y la Oficina de Monitoreo y Evaluación de Impacto (OMEI).

Otra entidad que conforma el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) es el Órgano de Control Institucional que fomenta la gestión transparente. Por ende, resguarda la legalidad de las operaciones del MTC.



En cuanto a su estructura, está constituida por la Jefatura del Órgano de Control, la Oficina de Auditoría del Sector Transportes y la Oficina de Auditoría del Sector Comunicaciones.

Por último, se halla la Procuraduría Pública, la cual representa y defiende los derechos e intereses del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en los momentos de conciliación y arbitraje judicial. Básicamente, es un dependencia del MTC que vela por la resolución legal de los proyectos, fondos y organismos de este ente.

6.1.2. Entidades privadas

La construcción y gestión de carreteras por parte de las entidades privadas se realiza bajo el marco de las concesiones viales. Este procedimiento es definido como la licencia que otorga el Estado a empresas privadas para el aprovechamiento de la infraestructura vial por un tiempo específico (Chucos y Paucar, 2015). Dicha explotación de la obra puede ser parcial o total, asimismo, compete al concesionario las labores de mantenimiento y las actividades presentes en su contrato.

La concesión es uno de los métodos legales más extendidos en la construcción de carreteras, ya que posibilita al concedente la realización de edificaciones sin la necesidad de disponer de un capital. De esta manera, el margen de riesgos financieros de este actor se reduce al mínimo, aunque se debe encargar tanto de las labores de administración de la obra como la revisión de tarifas, precios y peajes con la finalidad de que el concesionario obtenga ganancias o, por lo menos, recupere su inversión.

Asimismo, es importante resaltar que el concesionario no goza de derecho real sobre la instalación o construcción, pero sí tiene la facultad de explotar o aprovechar el terreno y los recursos contenidos en él hasta el tiempo estipulado en el convenio. En caso el plazo venza, la obra pasa nuevamente al concedente hasta que este decida renovar el contrato al concesionario o buscar otro que satisfaga sus intereses.

Tabla 10

Concesión de carreteras en 2017

Concesión	Total de km			
	Comprometidos			
	Concesionados	para construcción	para ser intervenidos	para construcción y ser intervenidos
Autopista del Sol: tramo Trujillo-Sullana	475.0	276.0	0.0	276.0
IIRSA Norte: Paita-Yurimaguas	955.1	200.7	806.4	1007.1
Empalme 1B-Buenos Aires-Canchaque	78.1	55.0	22.0	76.9
Tramo vial: Mocupe- Cayalti-Oyotún	46.8	32.6	14.2	46.8
Longitudinal de la Sierra- tramo 2	874.1	90.1	460.6	550.7
Red vial N.º 4: Pativilca - Puerto Salaverry	356.2	356.2	0.0	356.2
Óvalo Chancay /Dv. Variante Pasamayo - Huaral - Acos	76.5	52.2	24.3	76.5
Red vial N.º 5: Ancón - Huacho - Pativilca	182.7	91.2	91.5	182.7
IIRSA Centro - tramo 2	377.0	0.0	377.0	377.0
TOTAL	6693.2	2485.4	4031.4	6517.0

Nota: Tomado de Chang y Ubillús (2018).



En Perú, las concesiones se caracterizan por ser complejas y constitutivas, ya que ambas partes tienen derechos y obligaciones que deben cumplirse de acuerdo con un estricto marco jurídico. La incorporación de cláusulas no exime al Estado peruano del cumplimiento de sus labores administrativas ni supone una entrega total del terreno a la empresa; por esta razón, en teoría, la organización de lucro no es dueña ni mucho menos posee soberanía sobre el área destinada de trabajo. Además, las diferencias legales se resuelven en tribunales nacionales o a través de la mediación de un tercero que garantice la imparcialidad del juicio; en el caso del Estado peruano, es representado por la Procuraduría Pública, mientras que la empresa contrata a un servicio particular para su defensa.

Por otro lado, dentro de la concesión, intervienen una serie de participantes como la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (Pro Inversión), cuya labor es elaborar y difundir los proyectos de inversión que el Estado peruano propone a las empresas. Asimismo, se presenta el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), entidad que, en el contrato de concesión, personifica al Estado peruano; por ende, es garante de los servicios e intereses del país.

Un tercer participante es el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositran), el cual se encarga de fiscalizar y administrar las funciones de los concesionarios durante la construcción y operación de la obra (Chucos y Paucar, 2015). Por último, un cuarto participante es el concesionario o la empresa particular, encargado de explotar o construir en el área indicada en el contrato celebrado por el Estado peruano. Su ganancia, básicamente, se debe a la contraprestación del servicio que realizan los usuarios durante un plazo fijo, es decir, una determinada tarifa.

Asimismo, Chucos y Paucar (2015) indican que, durante las concesiones, el factor para determinar a la empresa ganadora es la competencia, la cual se integra por la mayor retribución al Estado, el mayor monto de inversión en las edificaciones, menor pago anual por avance de obras (PAO),



menor pago anual por mantenimiento y operación (PAMO), menor pago anual por servicios (PAS) y mayor número de kilómetros construidos. Si hay un propuestas casi iguales (empate), el ganador se escoge con base a métodos complementarios como el conjunto de obras adicionales o la retribución total al estado.

Por otra parte, las concesiones se pueden clasificar en autosostenibles y cofinanciadas. Las primeras se denominan así porque son rentables; en consecuencia, la recaudación por las tarifas o peajes durante el tiempo de la concesión permite la obtención de ganancias. Por otro lado, las concesiones autosostenibles no necesitan de financiación por parte del Estado, ya que los gastos por construcción y mantenimiento son adjudicados al concesionario. Asimismo, es importante resaltar que este tipo de concesión no motiva a que la empresa invierta más en la infraestructura; en el caso peruano, este tipo de contrato se llama BOT (*Build, Operate and Transfer*), en el cual se señala explícitamente que el concesionario no es dueño de los activos.

El segundo tipo de concesión es el cofinanciado, el cual se emplea para proyectos sociales productivos; a diferencia del anterior, requiere de apoyo estatal para ser rentable. Según el contrato, el Gobierno puede costear parcialmente los gastos por operación y mantenimiento. Además, en el acuerdo entre el Estado y la empresa, generalmente, se establecen garantías a favor de este último como los conceptos del PAO y PAMO.

6.2. ¿Por qué es importante la gestión?

Según Gutiérrez (2018), la importancia de la gestión de carreteras presenta dos perspectivas: social y estratégico. La importancia del enfoque social radica en asegurar los recursos y oportunidades a las comunidades más distantes del país. Respecto del interés estratégico, permite el aumento de la conexión de rutas de desplazamiento, evacuación y soporte en todo el territorio; por ende, facilita la instalación de futuras industrias a lo largo del país.



Asimismo, la gestión es importante porque reduce el riesgo de la inversión en la infraestructura vial a través de la elaboración de un proyecto (planeamiento), su organización, dirección, control y ajuste de variables (Rodríguez, 2011). Además, la gestión de carreteras permite la entrega de una construcción de calidad que se haya definido por los parámetros de ahorro, durabilidad, estética, entre otros.

Por otra parte, la gestión de carreteras de calidad se vincula estrechamente con la instrucción del personal obrero, el estado de las maquinarias, la calidad y volumen de los materiales, y el cumplimiento de la normativa legal de trabajo que anticipa los factores de un clima adverso. En el mismo orden, este tipo de gestión considera un diseño armonioso que administre correctamente el uso del cemento, hormigón y demás materiales de construcción de carreteras.

Asimismo, Rodríguez (2011) reconoce que, en la actualidad, todavía existen muchas construcciones viales que no son planificadas; por ende, presentan un alto riesgo económico y, sobre todo, altas probabilidades de que sean canceladas, al no cumplir con los estándares de la normativa vigente. Además, este investigador asevera que, con el objetivo de sortear las inspecciones ministeriales, la mayoría de los especialistas realizan un control de calidad aislado, el cual es una prueba de los materiales por separado para “evaluar” el estado de la obra. Aquello representa un falso análisis que pone en peligro la seguridad de todos los trabajadores.

Por su parte, el proceso de aseguramiento de calidad, respaldo de la gestión, se ejecuta con el propósito de evitar gastos innecesarios y, en casos más extremos, la clausura de la obra. Este procedimiento se realiza mediante la revisión de maquinarias, elementos de construcción y las pruebas de capacitación del personal obrero con el fin de conocer su grado de instrucción; asimismo, si en caso se requiera reemplazar alguna maquinaria, este hecho debe ser constatado en el acta de aseguramiento de calidad.



De manera similar, si algún personal no cumple con los regímenes o requisitos estipulados es reemplazado por otro apto. El proceso de aseguramiento de calidad comprende también un algoritmo de precios variables a pagar; este conjunto de instrucciones depende, a su vez, de la calidad de la infraestructura propuesta en el proyecto vial, la cual se asocia con el presupuesto general (Rodríguez, 2011). Generalmente, al cumplir todos estos requisitos, la empresa a cargo de la construcción brinda un incentivo o bono extra a su personal.

Figura 12

Pasos de la gestión de calidad de carreteras y rutas



Nota: Tomado de Rodríguez (2011).

En resumen, la importancia de la gestión de carreteras reside en la reducción de costos, la disminución de los accidentes en el trabajo (seguridad laboral), el evitamiento de confrontaciones legales que puedan clausurar o multar a la empresa que ejecuta la obra, y la función social que cumple, al comunicar a distintas comunidades que se encuentran más cercanas o



próximas de disfrutar los recursos y bienes otorgados tanto por el Estado como por el sector privado.

6.3. Gestión de construcción de carreteras

La gestión de construcción de carreteras presenta cuatro pasos generales: planeamiento, organización, ejecución y control. Estas actividades posibilitan disminuir el gasto total, así como un ordenamiento tanto a nivel de la construcción como jurídico, al estar conforme con todas las disposiciones solicitadas.

- El planeamiento. Es imprescindible que los materiales se sometan al control de laboratorio, tal como el muestreo ejecutado a través de máquinas y el personal especializado que ayuda a determinar la calidad de estos elementos.
- La organización. Si los materiales son de buena calidad y cumplen a cabalidad el proceso de aseguramiento de calidad, se pasa al proceso de organización, etapa en que se distribuyen todas las labores y se realiza un avance por temporadas de las partes de la obra.
- La ejecución, es la construcción propiamente de la obra; asimismo, abarca los nuevos trazados o redireccionamientos que se realizan durante la etapa de la edificación de las rutas. Aquello se ejemplifica en los cambios del material para pavimentar o la inclusión de aislantes impermeables que refuercen la pista en una zona pantanosa.
- El control, es el muestreo final de la obra que se efectúa por medio de la comparación entre la proyección o planteamiento con el resultado final. En caso existan elementos que no correspondan con el plano inicial en la etapa de control, estos desperfectos se ajustan con la finalidad de cumplir con el estándar de calidad (Rodríguez, 2011).



6.3.1. Gestión de conservación vial

El mantenimiento de las carreteras es fundamental, puesto que posibilita el incremento del índice de las exportaciones y, a partir de ello, se garantiza la competitividad del país; en consecuencia, se generan mayores divisas y un aumento de la calidad de vida de los ciudadanos (Corporación Andina de Fomento [CAF], 2010). Por otro lado, las carreteras presentan una relación indirecta respecto a su uso, esto es, a mayor utilización de estas vías, se disminuye su calidad.

Por este motivo, se requiere de un mantenimiento que prolongue la vida útil de las vías; ya que la falta de una estrategia o política de conservación vial no solo supone un declive de las exportaciones, sino que también dificulta el acercamiento de la población a los recursos, incluyendo los de primera necesidad. Al respecto, un claro ejemplo es el transporte de tubérculos y vegetales por la carretera Huancayo-Lima.

Además, un correcto mantenimiento de las pistas representa un abaratamiento o reducción de los precios finales de un determinado producto, puesto que en su coste final se incluye o recarga los gastos por transporte. En relación con ello, no solo se debe reparar las rutas principales, sino también las vías secundarias y terciarias que brindan un soporte a la red troncal de carreteras mediante el transporte de mercancías y el traslado del flujo de personas.

En términos generales, el mantenimiento de carreteras, mediante la implementación de políticas dedicadas exclusivamente a ellas, supone beneficios técnicos, tales como la conservación preventiva de rutas; y beneficios económicos, como la reducción de los aranceles de exportación y la disminución del costo de cuidado de los vehículos (CAF, 2010).

Por otro lado, la conservación de carreteras, como política estatal, también afecta directamente el estado de los vehículos que transitan por ella, ya que un mayor deterioro de las pistas ocasiona una mayor inversión



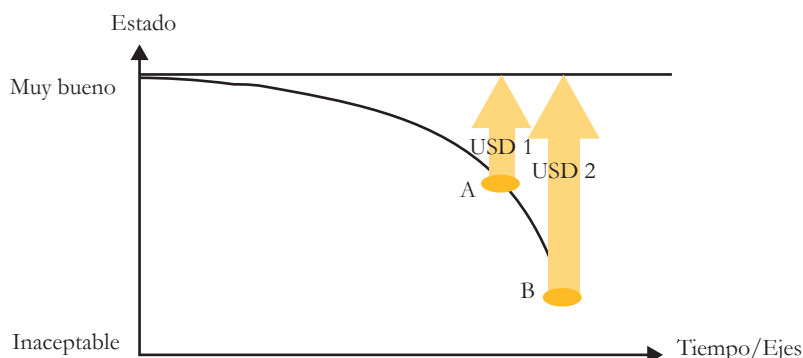
en los gastos por reparación vehicular. De esta forma, para realizar un correcto mantenimiento de las redes y, con ello, prolongar su vida útil, se debe conocer los elementos que conforman la pista, el volumen o clasificación de cargas de los vehículos, así como las curvas de deterioro que posibilitan calcular el comportamiento de la autopista y el clima.

Según estos factores, es necesario ejecutar un inventario, donde se detallen los relevos de mantenimiento, la cantidad de carga vehicular por meses, entre otros factores; puesto que una anticipación de la conservación de carreteras, cuando su estado aún es regular, permite una considerable reducción de gastos, en contraste cuando el mantenimiento se ejecuta en el momento en el que el estado de la pista es inaceptable.

En consecuencia, el mantenimiento de autopistas requiere de una visión gerencial de mediano y largo plazo, en el que se proyecte el costo y el financiamiento de la obra, lo que permite asegurar la constante calidad de las vías. Por el contrario, sin esta visión gerencial, se incrementa el costo de la obra, ya que su rehabilitación es más costosa. En consecuencia, los servicios que dependen de estas vías, como el transporte de alimentos, también son afectados; puesto que se aumenta la tarifa o el arancel.

Figura 13

Relación de costos con el mantenimiento de las carreteras



Nota: Tomado de CAF (2010).



Por otra parte, los proyectos de largo plazo se encargan de prever y realizar las inversiones, así como redactar los documentos de licitación (CAF, 2010), con el objetivo de incrementar la rentabilidad. En cuanto a los proyectos de mediano plazo, abarcan las planeaciones anuales, la limpieza de desagües, la construcción de rutas complementarias, los parchados o las refacciones menores a las carreteras, entre otros.

De este modo, existe una relación entre los proyectos de mediano y largo plazo. Los primeros, al encargarse de los asuntos legales como la licitación, permiten el desarrollo de las actividades de mediano plazo; mientras que estas últimas posibilitan la proyección a mayor escala de las labores de largo plazo, por ende, se minimizan los riesgos de inversión.

Asimismo, se recomienda que los proyectos sean flexibles, es decir, que permitan la alteración de rutas secundarias o complementarias (desvíos), así como el cambio de algunos materiales de construcción. De la misma manera, un plan flexible incluye el aumento o la disminución del personal laboral y las maquinarias, en función de los posibles cambios de la legislación (factores políticos) o las fluctuaciones económicas en el campo internacional que afecten la partida destinada y, con ello, se dificulte el proyecto inicial.

Además, al culminar totalmente la obra, se necesita de una red estacionaria, esto es, una cantidad fija de costo que permita la compra de materiales y máquinas, así como la contratación de trabajadores para la conservación de la ruta. Dicha red estacionaria debe incluir los gastos en la moneda local y los costes finales en la divisa extranjera, ya que ello permite anticiparse a las fluctuaciones del mercado como la depreciación de la moneda local o el incremento del valor del dólar, por ejemplo.

Básicamente, una red estacionaria comprende tres fases o etapas: la primera es la etapa inicial, que indica el estado de la autopista en el momento antes de la rehabilitación. La segunda etapa es la intermedia que es la puesta en marcha del plan de reparación de las vías. Por último, la etapa



final es la presentación final de la carretera, o sea, la concreción del plan inicial.

6.3.2. *Gestión de la salud y seguridad de los trabajadores (ISO)*

La gestión de la salud y seguridad en el trabajo, según Dedios-Córdova (2014), se define como el sistema de procesos interrelacionados que permite generar acciones para evitar los accidentes en el trabajo que mermen o afecten la integridad de los trabajadores. En consecuencia, por ser un sistema, la gestión de salud y seguridad laboral presenta métodos planificados, verificables y mejorables que posibilitan administrar los riesgos en la gestión de la compañía.

Respecto al término *salud*, se entiende como el estado de normalidad de la persona tanto a nivel físico, psicológico y social.

Por ende, la *gestión de salud laboral* debe comprender la disminución de daños físicos mediante la entrega de protección o equipo adecuados, así como la revisión y mantenimiento constante de los centros, las infraestructuras y la maquinaria laboral.

Del mismo modo, la gestión de salud debe incluir el aspecto psicológico de las personas, sobre todo, centrada en la relación de las condiciones laborales con el grado de estrés que pueden generar. Asimismo, los profesionales en psicología deben evaluar el nivel de ansiedad que ocasionan las tareas o actividades al interior de la empresa, así como procurar que estas afecciones se reduzcan al mínimo con el objetivo de aumentar la productividad laboral y preservar la salud de los trabajadores.

En cuanto a la *salud social*, en el ámbito laboral, refiere a la comprensión de la empresa como un conjunto vivo o sistema integrado, cuyo funcionamiento debe cumplir con los estándares de producción económica. Por ende, este tipo de salud depende tanto de factores físicos como psicológicos, y cómo estos repercuten en el funcionamiento de una empresa. Un



ejemplo de disfuncionalidad social a nivel empresarial se presenta en las constantes huelgas en la compañía.

Por otra parte, la gestión de la salud y seguridad de los trabajadores presenta distintas etapas, las cuales se basan en el ciclo de Deming o ciclo Shewhart. Este proceso es un mecanismo que permite mejorar el rendimiento de una empresa a través de cuatro pasos: planificar, hacer, verificar y actuar (Dedios-Córdova, 2014). Su implementación garantiza un aumento de la calidad de los productos, asimismo es cíclico; ya que al término del cuarto paso se vuelve al primero con la finalidad de reforzar los puntos débiles o flojos del producto o servicio.

Particularmente, el ciclo de Deming disminuye los fallos, prevé los riesgos potenciales y los elimina; de esta manera, aumenta la eficacia y eficiencia de la empresa en general. Los primeros resultados de este mecanismo se observan en Japón durante la década de 1950, cuando el estadista William Deming implementó esta herramienta de gestión en las industrias niponas postguerra. Después de este éxito, en el incremento de la productividad, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) recomendó su uso en las distintas compañías. Para ello, se describió cada paso:

1. En la primera fase, *planificar*, se reúnen los datos para conocer qué plan o proyecto se debe seguir. Asimismo, en esta fase, se ejecuta un diagnóstico de la situación actual para saber en qué estado se encuentra la compañía; con base a ello, se identifican los procesos que se continuarán para conseguir los objetivos planteados.

En el área de seguridad y salud en el trabajo, la planificación se circunscribe a la disminución de accidentes y enfermedades laborales. Para tal fin, se determinan los factores o las áreas que son propensas a estos accidentes y se trazan estrategias para evitar que esto suceda. La prevención de estos acontecimientos no solo cumple con salvaguardar la integridad del trabajador, sino que también representa la reducción de



costes que la empresa debe asumir por la compensación de los daños que le puedan suceder al empleado durante su jornada.

Asimismo, dentro de la fase de planificación, también se establece la política de la seguridad y salud del trabajo. Estos lineamientos conforman el marco legal laboral, donde se señalan las responsabilidades del empleador, quien por medio de manuales o capacitaciones debe informar a sus trabajadores sobre el correcto uso de los equipos y protección.

Además, corresponde a la planificación, el inventariado sobre los elementos que se destinan a la obra, aquello se ilustra en la cubicación del volumen y calidad de los materiales. En este proceso, también se registra el capital humano que se emplea en la obra, el cual debe estar dividido en profesional y no calificado. Por último, también se notifica el capital financiero que se dispone para la infraestructura.

2. El segundo paso, *Hacer*, esto es, el segundo paso del ciclo de Deming, la realización de lo planificado en la primera etapa. En consecuencia, se realizan las medidas señaladas en los manuales o planos de la empresa. Respecto a la seguridad y salud en el trabajo, es la aplicación del plan de salud y laboral que se ejecuta mediante mecanismos de comunicación, parámetros físicos o químicos de resguardo, vestimenta apropiada y el empleo de medicinas u otro instrumental médico con la finalidad de socorrer a los heridos.
3. La tercera fase, *verificar*, es definida como la comparación de los resultados obtenidos con los planificados para comprobar si se cumplió con lo detallado en la fase uno (Dedios-Córdova, 2014). Para la verificación, se requiere establecer previamente un parámetro que mida las acciones de los trabajadores de forma detallada; después de la jornada, se introducen las mediciones de desempeño de salud y seguridad que se aúnan al reglamento legal con la finalidad de medir la productividad total.



4. El último paso del ciclo de Deming *actuar*, la fase donde el director o encargado de la obra se pregunta cómo mejorar la siguiente vez. Para ello, se examina de forma general el proceso y se cambian algunas variables para aumentar la producción final. Particularmente, en la seguridad y salud en el trabajo, se ajustan los puntos encargados de la disminución de riesgos y la eficacia (velocidad) en la atención de accidentes laborales. Por ende, esta fase comprende el análisis, retroalimentación y puesta en práctica de los reajustes en el siguiente ciclo para que se mejore la calidad de los productos e integridad del empleado.

CAPÍTULO VII

GESTION Y OPERACIONES DE INFRAESTRUCTURA CIVILES

7.1. Analisis de las alternativas

7.1.1. Alternativa 1

Está compuesta por dos viaductos (Puentes) y un túnel en un tramo de carretera de 02 carriles en ambas direcciones de aproximadamente de 5+548.38 KM de longitud total.

Donde la longitud total de los viaductos es de 400 m y 500 m respectivamente, haciendo un total de 900 metros lineales del mismo con un ancho de 25.50 metros sin considerar obras de drenaje y de un túnel es de 800 metros de longitud con 150 m² de sección transversal. Por las características de la ortofoto se puede deducir que se encuentra en una zona de vegetación al 80%, 60% y 5% para efectos de aproximarnos a las mediciones adecuadas.



No se aprecia cruces con otros viaductos tampoco poblados intermedios por lo que se entiende que el proyecto está en zona natural del bosque que debería estar protegido por Ley y se debería de gestionar, valorar, medir tomando en consideración el criterio de zona de alta protección medioambiental. Además, aquí está considerado la ejecución del túnel, lo que evidentemente va a alterar de forma considerable la estabilidad de los ecosistemas circundantes debido a los procesos constructivos que se necesitan para su ejecución, tales como voladuras, excavación en rocas y otros.

7.1.2. Alternativa 2

Está compuesta por tres viaductos (Puentes) en un tramo de carretera de 02 carriles en ambas direcciones de aproximadamente de 5+656.721 KM de longitud.

Donde la longitud total de los viaductos es de 800 m, 300 m y 700 m respectivamente, haciendo un total de 1800 metros lineales del mismo. Con un ancho de 25.50 metros sin considerar obra de drenaje. Por las características de la ortofoto se puede deducir que se encuentra en una zona de vegetación al 80%, 60% y 5% para efectos de aproximarnos a las mediciones adecuadas, tal y como hemos analizado para la alternativa 1.

No se aprecia cruces con otros viaductos tampoco poblados intermedios por lo que se entiende que el proyecto está en zona natural del bosque y que se han de tomar las consideraciones del caso para intervenir en dichas áreas por la naturaleza de los trabajos y la incorporación de maquinaria especializada, propias para la ejecución de las mismas.

7.2. Memoria del proyecto

7.2.1. Alternativa 1

Para esta alternativa, como se ha comentado en el punto anterior se han considerado algunos ítems y partidas que respondan a la naturaleza de la



ejecución de dichas obras. Se muestra además las mediciones correspondientes.

Para el proceso constructivo de esta alternativa, se ha considerado los siguientes criterios de medición para aproximarnos aun coste total en función de los planos proporcionados, los cuales mencionare a continuación:

- Demolición y Desbroce
- Movimiento de Tierras
- Drenajes
- Firmes y Pavimentos
- Estructura de Paso y Túnel
- Restauración Paisajista
- Obras Complementarias
- Varios, Seguridad y Salud

En esta alternativa reconocemos tres infraestructuras (Firmes, Viaducto y Túnel), los cuales tienes diferentes procesos constructivos, en consecuencia, diferentes recursos, tiempos y costes. Los recursos que mayor inciden el coste total se muestran en la Tabla 11.

7.2.2. Alternativa 2

Para esta alternativa, como se ha comentado en el punto anterior, se han considerado algunos ítems y partidas que respondan a la naturaleza de la ejecución de dichas obras. Se muestra además las mediciones orrespondientes.

Para el proceso constructivo de esta alternativa, se ha considerado los siguientes criterios de medición para aproximarnos a un coste total en función de los planos proporcionados, los cuales mencionare a continuación:

**Tabla 11***Costes para alternativa 1*

Ítem	Descripción	Coste (%)
Para Firms		
Mano de obra	Peón	27 %
Maquinarias	Motoniveladora, cisternas, tractor, compactador, imprimador, camión hormigonero	35 %
Materiales	Gravas, asfaltos	25 %
Costes	Gastos generales y costes indirectos	13 %
Para Viaducto		
Mano de obra	Peón, capataz, operario	15 %
Maquinaria	Grúas, tractor, camiones y lanzadera	50 %
Material	Hormigón, cemento, acero, encofrados	22 %
Costes	Gastos generales y costes indirectos	13 %
Para Túnel		
Mano de obra	Ayudante y capataz de túnel	22 %
Maquinaria	Camiones, grúas, perforadores, cargadores	45 %
Material	Mortero, hormigón, cemento, dinamita, maderas	20 %
Costes	Gastos generales y costes indirectos	13 %

Nota: Adaptado de Recursos y Porcentajes deducidos de precios ADIF y TRAGSA. (s.f.).

- Demolición y Desbroce
- Movimiento de Tierras
- Drenajes
- Firms y Pavimentos



- Estructura de Paso
- Restauración Paisajista
- Obras Complementarias
- Varios, Seguridad y Salud

En esta alternativa reconocemos dos infraestructuras (Firmes, Viaducto), los cuales tienen diferentes procesos constructivos, en consecuencia, diferentes recursos, tiempos y costes. Los recursos que mayor inciden en el coste total se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12

Costes para alternativa 2

Ítem	Descripción	Coste (%)
Para Firmes		
Mano de obra	Peón	27 %
Maquinarias	Motoniveladora, cisternas, tractor, compactador, imprimador, camión hormigonero	35 %
Materiales	Gravas, asfaltos	25 %
Costes	Gastos generales y costes indirectos	13 %
Para Viaducto		
Mano de obra	Peón, capataz, operario	15 %
Maquinaria	Grúas, tractor, camiones y lanzadera	50 %
Material	Hormigón, cemento, acero, encofrados	22 %
Costes	Gastos generales y costes indirectos	13 %

Nota: Adaptado de Recursos y Porcentajes deducidos de precios ADIF y TRAGSA. (s.f.).



7.3. Valoración de las alternativas

7.3.1. Alternativa 1

Macroprecios

Tabla 13

Cuadro de macroprecios - Alternativa 1

Nro	und	Descripción	Resumen	Precio euros
1. Demolición y desbroce				
1.1.	m ²	Despeje y desbroce del terreno	Desbroce y acondicionamiento del terreno con cargio de material	€ 0.25
2. Movimiento de tierras				
2.1	m ³	Excavación de tierra vegetal	Excavación de tierra vegetal incluida la carga y transporte	€ 1.65
2.2	m ³	Excavación de desmonte en suelos	Excavación de suelos incluida carga y transporte	€ 3.00
2.3	m ³	Excavación de desmonte en roca	Excavación, voladura. Incluye transporte y desmonte de roca	€ 4.80
2.4	m ³	Relleno del terraplén con material procedente del trazado	Relleno de terreno en forma de terraplén totalmente terminado	€ 1.80



Nro	und	Descripción	Resumen	Precio euros
3. Drenaje				
3.1	ml	Drenaje longitudinal del vial	Colocación y habilitación de obras de drenaje para descargas de agua	€ 540.00
3.2	ml	Obras de drenaje transversal (5 veces el longitudinal)	Colocación y habilitación de obras de drenaje (alcantarillas)	€ 540.00
4. Firmes				
4.1	ml	Carretera de doble calzada (terraplenes, desmontes, túneles)	Formación de terraplenes y cortes. Conformación de bases y subbases	€ 425.00
5. Estructuras de paso y túnel				
5.1	ml	Túnel	Túnel via doble incluye la excavación, sostenimiento, revestimiento y la contrabóveda	€ 25.000.00
5.2	m ²	Viaducto	Tablero y pilar de viaducto para via doble	€ 615.00
6. Restauración paisajista				
6.1	ml	Paso fauna, extendido de tierra vegetal, plantaciones y otros	Restauración de la flora y fauna	€ 45.60
7. Equipamiento: varios y seguridad				
7.1	ml	Señalización, balizamiento y defensa vial	Señalización transversal y horizontal para transportes, señaléticas y guardavías	€ 85.00



Nro	und	Descripción	Resumen	Precio euros
8. Obras complementarias				
8.1	ml	Reposición de caminos (50% de la carretera)	Restauración de carreteras afectadas en construcción	€ 32.12
8.2	ml	Reposición de servicios	Reposición de servicios afectados	€ 50.00
9. Varios: seguridad y salud				
9.1	glb	Medidas compensatorias (15% suma -capítulo 1 al 8-)	Seguros y beneficios laborales	

Mediciones

Tabla 14

Mediciones - Alternativa 1

Nro	und	Descripción	Medición (ud)
1. Demolición y desbroce			
1.1.	m ²	Despeje y desbroce del terreno	1570200
2. Movimiento de tierras			
2.1	m ³	Excavación de tierra vegetal	1004.51
2.2	m ³	Excavación de desmonte en suelos	162989.16
2.3	m ³	Excavación de desmonte en roca	528802.54
2.4	m ³	Relleno del terraplén con material procedente del trazado	515400
3. Drenaje			
3.1	ml	Drenaje longitudinal del vial	4413.442
3.2	ml	Obras de drenaje transversal (5 veces el longitudinal)	22067.21
4. Firmes			
4.1	ml	Carretera de doble calzada (terraplenes, desmontes, túneles)	5548.383



Nro	und	Descripción	Medición (ud)
5. Estructuras de paso y túnel			
5.1	ml	Túnel	800
5.2	m ²	Viaducto	22950
6. Restauración paisajista			
6.1	ml	Paso fauna, extendido de tierra vegetal, plantaciones y otros	5548.383
7. Equipamiento: varios y seguridad			
7.1	ml	Señalización, balizamiento y defensa vial	5548.383
8. Obras complementarias			
8.1	ml	Reposición de caminos (50% de la carretera)	2774.1915
8.2	ml	Reposición de servicios	5548.383
9. Varios: seguridad y salud			
9.1	glb	Medidas compensatorias (15% suma -capítulo 1 al 8-)	1

Presupuesto parcial

Tabla 15

Presupuesto parcial - Alternativa 1

Nro	und	Descripción	Precio euros	Medición	Importe
1. Demolición y desbroce					
1.1.	m ²	Despeje y desbroce del terreno	€ 0.25	1570200	€ 392,550.00
2. Movimiento de tierras					
2.1	m ³	Excavación de tierra vegetal	€ 1.65	1004.51	€ 1,607.22
2.2	m ³	Excavación de desmonte en suelos	€ 3.00	162989.16	€ 488,967.48
2.3	m ³	Excavación de desmonte en roca	€ 4.80	528802.54	€ 2,538,252.19



Nro	und	Descripción	Precio euros	Medición	Importe
2.4	m ³	Relleno del terraplén con material procedente del trazado	€ 1.80	515400	€ 927,720.00
3. Drenaje					
3.1	ml	Drenaje longitudinal del vial	€ 540.00	4413.442	€ 2,224,374.77
3.2	ml	Obras de drenaje transversal (5 veces el longitudinal)	€ 540.00	22067.21	€ 11,121,873.84
4. Firmes					
4.1	ml	Carretera de doble calzada (terraplenes, desmontes, túneles)	€ 425.00	5548.383	€ 2,358,062.78
5. Estructuras de paso y túnel					
5.1	ml	Túnel	€ 25.000.00	800	€ 20,000,000.00
5.2	m ²	Viaducto	€ 615.00	22950	€ 14,114,250.00
6. Restauración paisajista					
6.1	ml	Paso fauna, extendido de tierra vegetal, plantaciones y otros	€ 45.60	5548.383	€ 253,006.26
7. Equipamiento: varios y seguridad					
7.1	ml	Señalización, balizamiento y defensa vial	€ 85.00	5548.383	€ 471,612.56



Nro	und	Descripción	Precio euros	Medición	Importe
8. Obras complementarias					
8.1	ml	Reposición de caminos (50% de la carretera)	€ 32.12	2774.1915	€ 89,134.77
8.2	ml	Reposición de servicios	€ 50.00	5548.383	€ 277,419.15
					€ 55,258,831.01
9. Varios: seguridad y salud					
9.1	glb	Medidas compensatorias (15% suma -capítulo 1 al 8-)			€ 8,288,824.65
PEM					€ 63,547,655.67

Resumen

Tabla 16

Presupuesto resumen - Alternativa 1

Presupuesto resumen	Euros
1. Demolición y desbroce	€ 392,550.00
2. Movimiento de tierras	€ 3,956,546.89
3. Drenaje	€ 13,346,248.61
4. Firmes	€ 2,358,062.78
5. Estructuras de paso y túnel	€ 34,114,250.00
6. Restauración paisajista	€ 253,006.26
7. Equipamiento: varios y seguridad	€ 471,612.56
8. Obras complementarias	€ 366,553.92
9. Varios: seguridad y salud	€ 8,288,824.65
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	€ 63,547,655.67



Presupuesto resumen	Euros
GASTOS GENERALES 13%	€ 8,261,195.24
BENEFICIOS INDUSTRIALES 6%	€ 3,812,859.34
PEC	€ 75,621,710.24
IVA (21%)	€ 15,880,559.15
PEC CON IVA	€ 91,502,269.39

7.3.2. Alternativa 2

Macroprecios

Tabla 17

Cuadro de macroprecios - Alternativa 2

Nro	und	Descripción	Resumen	Precio euros
1. Demolición y desbroce				
1.1.	m ²	Despeje y desbroce del terreno	Desbroce y acondicionamiento del terreno con cargio de material	€ 0.25
2. Movimiento de tierras				
2.1	m ³	Excavación de tierra vegetal	Excavación de tierra vegetal incluida la carga y transporte	€ 1.65
2.2	m ³	Excavación de desmonte en suelos	Excavación de suelos incluída carga y transporte	€ 3.00
2.3	m ³	Excavación de desmonte en roca	Excavación, voladura. Incluye transporte y desmonte de roca	€ 4.80



Nro	und	Descripción	Resumen	Precio euros
2.4	m ³	Relleno del terraplén con material procedente del trazado	Relleno de terreno en forma de terraplén totalmente terminado	€ 1.80
3. Drenaje				
3.1	ml	Drenaje longitudinal del vial	Colocación y habilitación de obras de drenaje para descargas de agua	€ 540.00
3.2	ml	Obras de drenaje transversal (5 veces el longitudinal)	Colocación y habilitación de obras de drenaje (alcantarillas)	€ 540.00
4. Firmes				
4.1	ml	Carretera de doble calzada (terraplenes, desmontes, túneles)	Formación de terraplenes y cortes. Conformación de bases y subbases	€ 425.00
5. Estructuras de paso y túnel				
5.1	ml	Túnel	Túnel via doble incluye la excavación, sostenimiento, revestimiento y la contrabóveda	€ 25.000.00
5.2	m ²	Viaducto	Tablero y pilar de viaducto para via doble	€ 615.00
6. Restauración paisajista				
6.1	ml	Paso fauna, extendido de tierra vegetal, plantaciones y otros	Restauración de la flora y fauna	€ 45.60



Nro	und	Descripción	Resumen	Precio euros
7. Equipamiento: varios y seguridad				
7.1	ml	Señalización, balizamiento y defensa vial	Señalización transversal y horizontal para transportes, señaléticas y guardavías	€ 85.00
8. Obras complementarias				
8.1	ml	Reposición de caminos (50% de la carretera)	Restauración de carreteras afectadas en construcción	€ 32.12
8.2	ml	Reposición de servicios	Reposición de servicios afectados	€ 50.00
9. Varios: seguridad y salud				
9.1	glb	Medidas compensatorias (15% suma -capítulo 1 al 8-)	Seguros y beneficios laborales	



Mediciones

Tabla 18

Mediciones - Alternativa 2

Nro	und	Descripción	Medición (ud)
1. Demolición y desbroce			
1.1.	m ²	Despeje y desbroce del terreno	1570200
2. Movimiento de tierras			
2.1	m ³	Excavación de tierra vegetal	1004.51
2.2	m ³	Excavación de desmonte en suelos	162989.16
2.3	m ³	Excavación de desmonte en roca	528802.54
2.4	m ³	Relleno del terraplén con material procedente del trazado	515400
3. Drenaje			
3.1	ml	Drenaje longitudinal del vial	3856.721
3.2	ml	Obras de drenaje transversal (5 veces el longitudinal)	19283.605
4. Firmes			
4.1	ml	Carretera de doble calzada (terraplenes, desmontes, túneles)	5656.721
5. Estructuras de paso y túnel			
5.2	m ²	Viaducto	45900
6. Restauración paisajista			
6.1	ml	Paso fauna, extendido de tierra vegetal, plantaciones y otros	5656.721
7. Equipamiento: varios y seguridad			
7.1	ml	Señalización, balizamiento y defensa vial	5656.721
8. Obras complementarias			
8.1	ml	Reposición de caminos (50% de la carretera)	2828.3605
8.2	ml	Reposición de servicios	5656.721
9. Varios: seguridad y salud			
9.1	glb	Medidas compensatorias (15% suma -capítulo 1 al 8-)	1



Presupuesto parcial

Tabla 19

Presupuesto parcial - Alternativa 2

Nro	und	Descripción	Precio euros	Medición	Importe
1. Demolición y desbroce					
1.1.	m ²	Despeje y desbroce del terreno	€ 0.25	1570200	€ 392,550.00
2. Movimiento de tierras					
2.1	m ³	Excavación de tierra vegetal	€ 1.65	1004.51	€ 1,607.22
2.2	m ³	Excavación de desmonte en suelos	€ 3.00	162989.16	€ 488,967.48
2.3	m ³	Excavación de desmonte en roca	€ 4.80	528802.54	€ 2,538,252.19
2.4	m ³	Relleno del terraplén con material procedente del trazado	€ 1.80	515400	€ 927,720.00
3. Drenaje					
3.1	ml	Drenaje longitudinal del vial	€ 540.00	3856.721	€ 1,943,787.38
3.2	ml	Obras de drenaje transversal (5 veces el longitudinal)	€ 540.00	19283.605	€ 9,718,936.92



Nro	und	Descripción	Precio euros	Medición	Importe
4. Firmes					
4.1	ml	Carretera de doble calzada (terraplenes, desmontes, túneles)	€ 425.00	5656.721	€ 2,404,106.43
5. Estructuras de paso y túnel					
5.2	m²	Viaducto	€ 615.00	45900	€ 28,228,500.00
6. Restauración paisajista					
6.1	ml	Paso fauna, extendido de tierra vegetal, plantaciones y otros	€ 45.60	5656.721	€ 257,946.48
7. Equipamiento: varios y seguridad					
7.1	ml	Señalización, balizamiento y defensa vial	€ 85.00	5656.721	€ 480,821.29
8. Obras complementarias					
8.1	ml	Reposición de caminos (50% de la carretera)	€ 32.12	2828.3605	€ 90,875.22
8.2	ml	Reposición de servicios	€ 50.00	5656.721	€ 282,836.05
					€ 47,756,906.65
9. Varios: seguridad y salud					
9.1	glb	Medidas compensatorias (15% suma -capítulo 1 al 8-)	€ 7,163,536.00		
PEM					€ 454,920,442.65



Resumen

Tabla 20

Presupuesto resumen - Alternativa 2

Presupuesto resumen	Euros
1. Demolición y desbroce	€ 392,550.00
2. Movimiento de tierras	€ 3,956,546.89
3. Drenaje	€ 11,662,724.30
4. Firmes	€ 2,404,106.43
5. Estructuras de paso y túnel	€ 28,228,500.00
6. Restauración paisajista	€ 257,946.48
7. Equipamiento: varios y seguridad	€ 480,821.29
8. Obras complementarias	€ 373,711.27
9. Varios: seguridad y salud	€ 7,163,536.00
PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL	€ 54,920,442.65
GASTOS GENERALES 13%	€ 7,139,657.54
BENEFICIOS INDUSTRIALES 6%	€ 3,295,226.56
PEC	€ 65,355,326.75
IVA (21%)	€ 13,724,618.62
PEC CON IVA	€ 79,079,945.37

7.4. Plan de obra detallado

7.4.1. Alternativa 1 y 2

Al dar inicio a las obras propuestas vamos a empezar situándonos ya en el terreno propiamente dicho, vale decir dentro de la circunscripción indicada en el kilometraje. Si comenzamos con los firmes el proceso constructivo sería el siguiente: el desbroce, el replanteo y la conformación de desmontes y terraplenes, para luego colocar las sub bases y bases que siendo



niveladas se procede a su compactación quedando expeditas para recibir la carpeta de hormigón MBC AC22 bin BC50/70 y sobre ella MBC AC22 bin BC50/70 DISC 11B, dejando para el final los trabajos de obras de arte, drenajes, señalética y pintura, entre otros.

Para los viaductos, primeramente, se comienza los trabajos con el desbroce y limpieza del terreno para permitir hacer los trazos y replanteos de las obras a ejecutarse. Seguidamente, se procede con el trazo para los elementos estructurales, la excavación para los cimientos correspondientes, en este caso son zapatas aisladas, luego del emparrillado, encofrado y colocado del hormigón mediante camiones hormigoneros debido a los volúmenes a utilizar. Luego se procede al enfierrado o ferrallado de los pilares, que pueden ser uno por uno o simultáneamente más de uno a la vez dependiendo del programa de obra propuesto.

Ahora bien, luego de alzar los pilares se comienza con la construcción de los estribos, que uno se debió de construir primero y luego el otro, correspondientes al inicio y salida de los puentes. Luego se procede con la ejecución del tablero mediante la colocación de las artesanas prefabricadas que dan forma al tablero del viaducto según el método y proceso constructivo establecido.

Para el túnel, se nos recomienda El Nuevo Método Austriaco – [*New Austrian Tunneling Method*] – (N.A.T.M.) que es un método de construcción para túneles en el que se aplica todo lo relacionado con los métodos mecánicos, perforación y voladura. Entonces, se comienza con la construcción del sombrero en la parte inicial del túnel para luego comenzar con las voladuras correspondientes al método, seguidamente se procede con los sostenimientos en sus diferentes formas para estabilizar al mismo conforme avanza con las detonaciones. Este procedimiento se sigue durante toda la ejecución del túnel, para que finalmente se ejecute el firme del mismo y se culmine con las consecuentes obras de arte y señalización.



Se presentan los planes de obra detallado y los costes trimestrales de cada una de las alternativas, descritos en el Anexo 1 (Diagramas de Gantt) correspondientes, donde se muestra además la Ruta Crítica y la curva S (Anexo 2). En esos mismos planes de obra vemos que la Alternativa 1 considera 21 meses de plazo de ejecución y por otro lado la Alternativa 2 considera 18 meses de plazo de ejecución.

7.4.2. Coste trimestral de la obra - Alternativa 1

Ver Tabla 21

7.4.3. Coste trimestral de la obra - Alternativa 2

Ver Tabla 22

7.5. Pliego de especificaciones técnicas

7.5.1. Para Alternativas 1 y 2

Las especificaciones técnicas que se presentan en el Anexo 3, corresponden a las partidas, unidades y actividades análogas en el Perú aprobadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Manual de Carreteras, Manual de Puentes y Túneles, Documentación pertinente refrendados por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) y el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

7.6. Conclusiones

7.6.1. Primera

Realizadas las mediciones y elaboradas los costes se han obtenido los siguientes presupuestos: La alternativa 1 asciende a € 91'502,269.39 y la alternativa 2 asciende a € 79'079,945.37. Los costes corresponden a los indicados en los documentos de ADIF y TRAGSA.

Tabla 22*Coste trimestral de la obra - Alternativa 1*

Presupuesto resumen	Euros	Días				
		90	+90	+90	+90	+90
1. Demolición y desbroce	€ 392,550.00	€ 392,550.00				
2. Movimiento de tierras	€ 3,956,546.89	€ 1,978,273.44	€ 989,136.72			
3. Drenaje	€ 13,346,248.61			€ 4,003,874.58	€ 4,003,874.58	€ 1,334,624.86
4. Firmes	€ 2,358,062.78		€ 589,515.69	€ 589,515.69	€ 589,515.69	
5. Estructuras de paso y túnel	€ 34,114,250.00		€ 6,140,565.00	€ 6,140,565.00	€ 6,140,565.00	€ 3,411,425.00
6. Restauración paisajista	€ 253,006.26					€ 253,006.26
7. Equipamiento: varios y seguridad	€ 471,612.56					€ 471,612.56
8. Obras complementarias	€ 366,553.92				€ 183,276.96	€ 183,276.96
9. Varios: seguridad y salud	€ 8,288,824.65	€ 1,184,117.81	€ 1,184,117.81	€ 1,184,117.81	€ 1,184,117.81	€ 1,184,117.81
		€ 3,554,941.25	€ 8,313,819.53	€ 7,914,198.50	€ 12,907,209.81	€ 11,918,073.08
		5.59 %	13.08 %	12.45 %	20.31 %	18.75 %
						19.04 %
						10.76 %
		% DE GASTO TRIMESTRAL				
Presupuesto de ejecucion material	€ 63,547,655.67					
Gastos generales 13%	€ 8,261,195.24					
Beneficios industriales 6%	€ 3,812,859.34					



Presupuesto resumen	Euros	Días					
		90	+90	+90	+90	+90	+90
PEC	€ 75,621,710.24						
IVA (21%)	€ 15,880,559.15						
PEC con IVA	€ 91,502,269.39						

Coste trimestral de la obra - Alternativa 1

166



Presupuesto resumen	Euros	Días				
		90	+90	+90	+90	+90
PEC	€ 65,355,326.75					
IVA (21%)	€ 13,724,618.62					
PEC con IVA	€ 79,079,945.37					



7.6.2. Segunda

Para que puedan ser viables las alternativas propuestas se han establecidos los siguientes plazos de ejecución: la alternativa 1, 21 meses y la alternativa 2, 18 meses. Estos plazos responden a las mediciones y rendimientos estipulados para el Perú y que se describen en los documentos anteriormente mencionados (CAPECO, RNE, MTC).

7.6.3. Tercera

Se ha determinado que por coste y plazo de ejecución la Alternativa más conveniente ha desarrollar es la Alternativa 2.

7.6.4. Cuarta

La alternativa 2, además, es la más ventajosa teniendo en cuenta el criterio de los recursos a emplear, básicamente por la utilización de maquinarias especializadas.

7.6.5. Quinta

La protección medioambiental ha sido otros de los criterios considerados para elegir la alternativa 2, ya que genera menor impacto ambiental porque no se ejecuta el túnel toda vez que encuentra en zona de bosque natural

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aceros Arequipa. (2018). *Manual de construcción para maestros de obra*. Corporación Aceros Arequipa S. A. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/pdf/manual-de-construccion-para-maestros-de-obra.pdf>
- Adrián, J. (1982). *Construction Estimating*. Reston Publishing.
- Akhmetshin, E. & Kovalenko, K. (2019). The introduction of new technologies in the development and production of roads. *Matec Web Of Conferences*, 265. https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2019/14/mateconf_gccets2018_02015/mateconf_gccets2018_02015.html
- Albuja, V., Villaces, G. y Dávila, P. (2018). Modelo de gestión para proyectos de construcción, administrados por residentes de obra en construcción civil. *Yura: relaciones internacionales*, 16, 203-220. <https://bit.ly/2T2EKzi>
- Aliu, M. (2018). Infrastructure classification revisited. *Journal of Social Science Research*, 12(1), 2642-2652. <https://bit.ly/3jXWo2g>
- AMPIP. (2020). *Towards a new generation of smart and sustainable industrial parks*. https://irp.cdn-website.com/55677075/files/uploaded/Roadmap%20Towards%20a%20New%20Generation_of_Smart_and_Sustainable_Industrial_Parks.pdf



- Andrés, G. (2008). ¿Las infraestructuras como proyecto de ciudad? Algunas reflexiones sobre Burgos, ciudad intermedia de Castilla y León. *Ciudades*, (11), 105-132. <https://revistas.uva.es/index.php/ciudades/article/view/1270/1078>
- Arthur, A. (2022). *Construction Risk Management Decision Making: Understanding Current Practices*. Wiley Blackwell. <https://bit.ly/3N0aITL>
- Aslam, M., Baffoe, E. & Saleem, F. (2019). Design changes in construction projects - Causes and impact in the cost. *Civil Engineering Journal*, 5(7), 1647-1655. <https://bit.ly/3xzwN3I>
- Asociación Mexicana de Parques Industriales Privados (2010). *Ventaja de los parques industriales privados en México* [presentación de diapositivas]. Slideshare. <https://es.slideshare.net/bemaguali/parques-industriales-en-mexico>
- Asociación Paraguaya de Carreteras. (2019). *Manual de carreteras del Paraguay*. <https://bit.ly/3zge8Ks>
- Ávila, E., Vivanco, A. y Rosario, A. (2020). La estrategia de enseñanza y aprendizaje en la formación de profesionales de la Construcción Civil. *Horizonte de la Ciencia*, 10(18), 1-8. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/59/59952016/59952016.pdf>
- Bademosi, F. & Issa, R. (2022). Automation and Robotics Technologies. Deployment Trends in Construction. En H. Jebelli, M. Habibnezhad, S. Shayeesteh, S. Asadi y S. Lee (Eds.), *Automation and Robotics in the Architecture, Engineering, and Construction Industry*. (1-30). <https://bit.ly/3MYm4I6>



- Bajpai, Y., Atul, E. & Pandey, S. (2019). A study to the geometric design of road Project using civil 3D. *International Journal of Technical Innovation in Modern Engineering & Science (IJTIMES)*, 5(8), 82-87. <https://bit.ly/3wWxFOH>
- Balaguera, A., Carvajal, G., Albertí, J. & Palmer, P. (2018). Life cycle assessment of road construction alternative materials: a literatura review. *Resources, conservation & recycling*, 132, 37-48. <https://bit.ly/3hKBIsY>
- Ballester, F., Castro, D. y Gil, M. (2000). Definición, función y clasificación de los geotextiles. *Arte y Cemento*, 122-130. <https://www.giteco.unican.es/pdf/publicaciones/AYC30-X-2000.pdf>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Manual para la construcción y mantenimiento de la vivienda en barrios populares de Tegucigalpa*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manual_de_construcci%C3%B3n_y_mantenimiento_de_vivienda_en_barrios_populares_de_Tegucigalpa_es_es.pdf
- Baskakova, I. & Malafeev, N. (2017). The concept of infrastructure: definition, classification and methodology for Empirical Evaluation. *Journal of the Ural state university of economics*, 3(71), 29-41. <http://jne.usue.ru/download/71/3.pdf>
- Bautista, A. (2018). Análisis de accesibilidad y conectividad de la red vial intermunicipal en el microsistema regional de la provincia Centro en Boyacá, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 23(1), 123-141. <https://doi.org/10.19053/01233769.8058>
- Bohórquez, N. (2011). Maquinaria para la construcción de vías. *Revista digital Apuntes de Investigación*, 3(s. n.). <https://docplayer.es/18662500-Maquinaria-para-construccion-de-vias.html>



- Cabezas, L., Camacho, O., López, I., Oliver, J. y Ricart, N. (2015). *Dibujo y territorio: cartografía, topografía, convenciones gráficas e imagen digital*. Ediciones Cátedra. <https://bit.ly/3tspDP8>
- Cadengo, M., Casanova, W. y Mendoza, A. (2020). *Clasificación de las carreteras según su riesgo de siniestralidad vial considerando la interacción de sus elementos físicos, geométricos y operacionales*. Instituto Mexicano del Transporte (IMT). <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt607.pdf>
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras*. ECOE Ediciones. <https://bit.ly/3NmCt9y>
- Cavallo, E., Powell, A. y Serebrisky, T. (2020). *De estructuras a servicios. El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://bit.ly/3xpxs7E>
- Cerda, L. (2002). Tipología y evolución de los centros comerciales. *Distribución y consumo*, 12(66), 43-60. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_DYC/DYC_2002_66_43_58.pdf
- Chang, V. y Ubillús, O. (2018). *Análisis de la infraestructura vial concesionada en el Perú*. Ositran. <https://www.ositran.gob.pe/anterior/wp-content/uploads/2019/01/Documento-de-Trabajo-N5-Analisis-de-carreteras.pdf>
- Chucos, E y Paucar, C. (2015). *Propuesta de concesión de una vía alterna a la carretera central* [tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2221/chucos_ed-paucar_ca.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2002). *Las nuevas funciones urbanas: gestión para la ciudad sostenible*. Editorial CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5747/S02124_es.pdf
- Coronado, J. y Garmendia, M. (2008). Carreteras-planeamiento. Algunas claves de la evolución histórica de una relación imperfecta. *Ciudad e infraestructuras*, (11), 33-51. <https://doi.org/10.24197/ciudades.11.2008.33-51>
- Corporación Andina de Fomento. (2010). *Mantenimiento vial. Informe sectorial*. CAF https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/402/IS_Mantenimiento_vial.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuéllar, R. & Azapagic, A. (2015). Life cycle cost analysis of the UK housing stock. En J. Bull, *Life Cycle Costing for the Analysis, Management and Maintenance of Civil Engineering Infrastructure* (pp. 1-30). <https://bit.ly/2TtiQ8A>
- Damonte, G., Ulloa, A., Quiroga, C., López, A., Gaitán, L. y Navarro, D. (2020). *Diversas formas de infraestructuras en el Perú y Colombia. El papel de las empresas mineras en el control y manejo del agua en contextos de escasez*. GRADE. <http://www.grade.org.pe/wp-content/uploads/GRADEdi105.pdf>
- Dander, O. (2012). *Historia de la arquitectura I*. Red Tercer Milenio. <https://bit.ly/3JsnGHS>
- De la Cruz, M. y Del Caño A. (2001). Construcción y arquitectura industrial para el siglo XXI: Un análisis preliminar. *Informes de la construcción*, 53(473), 39-53. <https://core.ac.uk/download/pdf/237015942.pdf>
- De Solminihaç, H. y Thenoux, G. (2011). *Procesos y técnicas de construcción*. Ediciones Universidad Católica de Chile. <https://bit.ly/3ImoOLQ>



- De Solminihac, H., Echaveguren, T. y Chamorro, A. (2018). *Gestión de infraestructura vial*. Universidad Católica de Chile. <https://bit.ly/3r0uCUUn>
- De Villanueva, L. (2005). Las tres edades de la construcción. *Informes de la Construcción*, 57(498), 41-45. <https://doi.org/10.3989/ic.2005.v57.i498.476>
- Dedios-Córdova, C. (2014). *El sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, según la OIT: Aplicación de los principios en el Perú* [tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2176/DER_015.pdf
- Deloitte. (2017). *GCC Powers of construction 2017*. <https://bit.ly/2UDICXH>
- Dirección Regional de Transportes y Comunicaciones San Martín. (s. f.). *La vía*. <https://bit.ly/386f9g9>
- Douglas, R. (2016). *Low-volume Road engineering: design, construction and maintenance*. CRC Press. <https://bit.ly/3roRYmP>
- Espinoza, M. (2019). Análisis del ciclo de vida (ACV) en carreteras. *Boletín técnico PITRA-LanammeUCR*, 10(11), 1-6. <https://bit.ly/3wTJVzh>
- Fonseca, J. y López, L. (2011). *Guía práctica de maquinaria adecuada para la construcción de proyectos viales* [tesis de maestría, Universidad de Medellín]. <https://core.ac.uk/download/pdf/51194612.pdf>
- Galíndez, D. (2016). *Aeropuertos*. Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres. <https://bit.ly/3JjyUys>
- Gámez, W. (2015). *Texto Básico Autoformativo de Topografía General*. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/textos/NP31G192t.pdf>



- García, S. (2008). *Diseño y propuesta constructiva de parque urbano y recreativo entre ceibas* [tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_2187.pdf
- Giglio, J., Friar, J. & Crittenden, W. (2018). Integrating lifecycle asset management in the public sector. *Business Horizons*, 61, 511-519. <https://bit.ly/3erBGnG>
- Gil, M. (1982). *Criterios básicos para el diseño geométrico de carreteras*. Secretaria de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones. <https://www.mopc.gob.do/media/1425/r-012-diseno-geometrico-de-carreteras.pdf>
- Gobierno de España. (2016). Disposiciones generales. *Boletín oficial del Estado*, (55), 17657-17893. <https://www.boe.es/boe/dias/2016/03/04/pdfs/BOE-A-2016-2217.pdf>
- Gómez, P. (2011). *Proceso y equipo utilizado en la construcción de carreteras* [tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3289_C.pdf
- Gutiérrez, A. (2018). Objetivo: carreteras convencionales seguras. *Tráfico y Seguridad Vial*, (247), 19-23. <https://revista.dgt.es/Galerias/hemeroteca/revista/TRAFFICO-247-baja.pdf>
- Heralova, R. (2019). Life Cycle Costing of Public Construction Projects. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 290, 1-7. <https://bit.ly/3rqujSS>
- Hernández, F. (2012). *Arquitectura comercial*. Facultad de Arquitectura y Diseño. <http://glifos.unis.edu.gt/digital/tesis/2012/28815.pdf>



- Hernández, V. (2010). *Plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada en funcionamiento de la zonal vial N.º 14, Dirección General de Caminos, Salamá, Baja Verapaz* [tesis de licenciatura, Universidad San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0641_M.pdf
- Huerta, S. (2011). Historia de la construcción: la fundación de una disciplina. En J. Mascarenhas Mateus, *A História da Construção em Portugal. Alinhamentos e Fundações* (31-48). https://oa.upm.es/7465/1/Huerta_2010_Historia_de_la_construccion.pdf
- Hurtado, O. (2018). *Manual para técnicos y supervisores de construcción de vivienda industrializada*. FICEM-FIHP. <https://bit.ly/3yJqdaH>
- Jiménez, M., Arranz, A., Gargantilla, B. y Pozas, J. (2015). Actuaciones en materia de seguridad vial en Extremadura. *Carreteras, Revista técnica de la asociación española de la carretera*, (201), 50-59. <https://www.aecarretera.com/CARRETERAS-201.pdf>
- Ledesma, P. (2014). La técnica constructiva en la arquitectura. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, (15), 21-37. <https://www.redalyc.org/pdf/4779/477947303002.pdf>
- Llorca, C. (2015). *Análisis del adelantamiento en carreteras convencionales y propuesta de modelos para la mejora del diseño y de la señalización de las mismas*. Universitat Politècnica de València. <https://bit.ly/3LdD3o2>
- Luna, K. (2017). *Diseño arquitectónico del centro comercial Asociación de Comerciantes 24 de mayo. “La Bahía” de la ciudad de Catamayo provincia de Loja con características bioclimáticas* [tesis de licenciatura, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2096/1/T-UIDE-0668.pdf>



- Magallón, J. (2013). *Cartilla de autoconstrucción para vivienda de uno y dos pisos*. Pontificia Universidad Javeriana. <https://www.javeriana.edu.co/recursosdb/664630/679421/CartillaProsofi1+Cartilla+de+Autoconstrucci%C3%B3n+para+la+vivienda+de+Uno+o+Dos+Pisos.pdf>
- Mamlouk, M. y Zaniewski, J. (2018). *Materiales para ingeniería civil*. Pearson Prentices Hall. <https://www.udocz.com/apuntes/43226/materiales-para-ingenieria-civil-michael-s-mamlouk-john-p-zaniewski-2da-edicion>
- Marín, D., Buelvas, J., Sarmiento, J. y Ricardo, J. (2018). *Enfoques, Teorías y Perspectivas de la Arquitectura y sus Programas Académicos*. Editorial CECAR. <https://bit.ly/3IkYlyc>
- Marshall (2005). *Streets and patterns*. Spon Press. <https://bit.ly/3wGkoNP>
- Martínez, A. (2015). *Procesos de trazados de carreteras y vías urbanas-Edificación y obra civil*. Certia. <https://bit.ly/3zkz830>
- Marulanda, J. (2018). *Materiales de construcción*. https://issuu.com/jorgemaru-landa9/docs/materiales_de_construccion
- Masabanda, M., Morales, B. y Bonifaz, H. (2018). *Geotecnia para ingeniería civil*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15417/1/GEOT%C3%89CNIA%20PARA%20INGENIER%C3%8DA%20CIVIL.pdf>
- Mascarenhas, J. (2020). Construction history and the history of construction Cultures: between architecture and engineering in Portugal. *Buildings*, 10(65), 1-10. <https://bit.ly/3k7LmYp>
- McKinsey and Company. (2020). *The next normal in construction. How disruption is reshaping the world's largest ecosystem*. Autor. <https://mck.co/3qZ8rxw>



- Meijer, J., Huijbregts, M., Schottenm, K. & Schipper, A. (2018). Global patterns of current and future road infrastructure. *Environmental Research Letters*, 13(6) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aabd42/pdf>
- Melgarejo, R. (2015). *Infraestructura hidráulica y aguas subterráneas*. Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. <http://www.lamolina.edu.pe/institutos/ICTA/pdf/5PonenciaRafaelMelgarejo.pdf>
- Mell, I. (2016). *Global Green Infrastructure: lessons for successful policy-making, investment and management*. Routledge. <https://bit.ly/36OIPKC>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2014). *Geotecnia y cimentaciones*. Dirección de Comunicación Social. <https://online.portoviejo.gob.ec/docs/nec6.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Biblioteca Nacional del Perú. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. http://www.carreteros.org/hispana/peru/11_peru.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras: especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013*. <https://bit.ly/3iu-Bwgz>



- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Manual de carreteras: diseño geométrico*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018a). *Manual de carreteras: diseño geométrico DG-2018*. <https://bit.ly/3hM0Ob2>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018b). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial* [Formato PDF]. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2020). *Plataforma digital única del Estado Peruano*. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/organizacion>
- Ministry of construction, the Republic of the Union of Myanmar (2019). *Construction management guideline for road and bridge*. <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12340451.pdf>
- Mohammad, H., Hassan, P. & Yaman, S. (2019). Construction and Construction Management Education: An Overview of Problems. En N. Abas, M. Hanafi, M. Rahmat, M. Hasmori, T. Ghing y N. Amin (Eds.), *Sustainable Construction and Building Technology: Series 3* (63-72). <https://bit.ly/3ijtx-TR>
- Montaño, J., Zúñiga, D. y Rodríguez, A. (2015). Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras. *Cultura Científica y Tecnológica*, 12(57), 42-52. <https://bit.ly/3rjehdC>



- Ng, C., Law, T., Jakarni, F. & Kulanthayan, S. (2018). Road infrastructure development and economic growth. *Conf. Series: materials science and engineering*, 512, 1-10. <https://bit.ly/3hHY9z1>
- Njideka, O. & Ben, N. (2018). *Soil Stabilization for Road Construction: Comparative Analysis of Three-Prong Approach*. Covenant University.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2021). *Engineering for sustainable development*. Autor. <https://bit.ly/3ywwsio6>
- Pacheco, C. y Pozzobon, E. (2011). *Manual de ejercicios de laboratorio: Fotogrametría y fotointerpretación*. Publicaciones Vicerrectorado Académico CODEPRE. <https://bit.ly/3iuXWP3>
- Peralta, A. y Serpell, A. (1991). Características de las industria de la construcción. *Revista Ingeniería Construcción*, (11), s. p. <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/348>
- Peretti, G. & Druhmman, C. (2019). Introduction. En G. Peretti, C. Druhmman, J. Bleiziffer, M. Brown, R. Campama, M. del Río, J. Gremmelspacher, O. Kontovourkis, S. Nenonen, I. Purs, P. Villoria y B. Vula (Eds.), *Regenerative construction and operation*. COST Action CA16114 RESTORE, Working Group Three Report (pp. 7-17). <https://www.eurestore.eu/wp-content/uploads/2019/07/RESTORE-WG3-Booklet.pdf>
- Pérez, A., Romo, J. y Sánchez, M. (2016). Afección de las autovías a su entorno rural: Extremadura. *Investigaciones Geográficas*, (66), 79-94. <https://doi.org/10.14198/INGEO2016.66.05>



- Pérez, G. (2016). *Manual de obras hidráulicas*. Civilgeeks. https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/Manual-de-Obras-Hidr%C3%A1ulicas-Ing-Giovene-Perez-Campomanes-CivilGeeks.com2_.pdf
- Petroperú. (2014). Un momento histórico para la Refinería Talara. *Gente con energía*, (s. n.), 1-24. https://www.petroperu.com.pe/Storage/tbl_publicaciones/fld_1301_Publicacion_file/5-z1Uf3Tv4Hx7Qf9Z.pdf
- Pilsitz. (2018). Construction History in Theory and teaching. *Periodica Polytechnica Architecture*, 1-9. <https://bit.ly/36qPXwM>
- Politi, R., Aktas, E. & Ilal, M. (2018). Project planning and management using building information modeling (BM), *13th International Congress on Advances in Civil Engineering*, 1-8. <https://bit.ly/3xQOIIA>
- Proag, V. (2021). *Infrastructure planning and management: an integrated approach*. Springer. <https://bit.ly/36CFtdI>
- Quirós, E. (2014). *Introducción a la Fotogrametría y Cartografía aplicadas a la Ingeniería Civil*. Universidad de Extremadura. <https://bit.ly/3Nk09LN>
- Ramiah, D., Kuppusamy, M. & Gharleghi, B. (2018). Project management and construction project's completion: evidence from Malaysian small, medium and large firms. *Research Journal of Applied Sciences*, 13(1), 34-40. <https://bit.ly/2VIDI1X>
- Ramírez, M., Jiménez, M. y Martínez, A. (2005). Estructura y densidad de la red de caminos en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. *Investigaciones geográficas*, (57), 68-80. <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n57/n57a6.pdf>



- Reyes, A. (2019). *Importancia de la topografía en los proyectos de drenaje transversal para carreteras en la República Mexicana* [tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/16729/3/Tesis.pdf>
- Rodríguez, M. (2011). Planes de gestión de calidad de proyectos de carreteras. *Boletín técnico Pitra*, 2 (12). <https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/361/12.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rúa, C. (2006). *Los puertos en el transporte marítimo*. Institut d'Organizació i control de sistemes industrials. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/289/8.%20Rua.pdf>
- Sáez, J. (2018). *Estilos de aprendizaje y métodos de enseñanza*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://bit.ly/36hDkY9>
- Sáez, E. (2015). *La ciudad progresiva. Una lectura de los asentamientos humanos de Lima* [tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. https://oa.upm.es/39172/1/ELIA_SAEZ_GIRALDEZ_01.pdf
- Santamaría, J. y Sanz, T. (2011). *Fundamentos de fotogrametría*. Universidad de La Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/492591.pdf>
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2019). *Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://bit.ly/3Ispvvy>
- Serebrisky, T., Brichetti, J., Blackman, A. y Mesquita, M. (2020). *Infraestructura sostenible y digital para impulsar la recuperación económica post COVID-19 de América Latina y el Caribe: un camino hacia más empleo, integración y creci-*



- miento Tomás. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://bit.ly/3ysW-geU>
- Setiawan, H. & Raharjo, F. (2019). *Knowledge, skills and attitudes of civil engineers in Indonesia*. <https://bit.ly/36DVm3l>
- Sheng, Z. (2018). *Fundamental Theories of Mega Infrastructure Construction Management Theoretical Considerations from Chinese Practices*. Springer. <https://bit.ly/3x5yzZn>
- Sheridan, P. (2019). *Construction operations*. Sheridan Gold. <https://bit.ly/2Uxn-Nxu>
- Sisti, J. y Soto, L. (2018, 28 y 29 de junio). Modelo Digital de Elevaciones (D. E. M.) Área Sierra El Gigante (Prov. San Luis), *Densificación a Partir de Datos de Restitución Aerofotogramétrica*. 3.er Encuentro Nacional de Investigadores de Agrimensura. Universidad Nacional de Catamarca, Catamarca, Argentina. <https://bit.ly/3L2KH4s>
- Sociedad de Comercio Exterior del Perú. (2020). Infraestructura vial: gobiernos subnacionales estancados. *Semanario*, 1021. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/infraestructura-vial-gobiernos-subnacionales-estancados>
- Storm, K. (2019). *Industrial process plant construction estimating and man-hour analysis*. Elsevier. <https://bit.ly/3eBs0Hg>
- Trunzo, G., Moret, L. & D'Andrea, A. (2019). Life cycle analysis of road construction and use. *Sustainability*, 11(377), 1-13. <https://bit.ly/3hPW02U>
- Velarde, H. (2011). *Procedimiento constructivo de un edificio multifamiliar* [tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/442/Velarde_h.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Villoria, P., Kontovourkis, O., Vula, B. & Del Río, M. (2019). Construction. En G. Peretti, C. Druhmman, J. Bleiziffer, M. Brown, R. Campama, M. del Río, J. Gremmelspacher, O. Kontovourkis, S. Nenonen, I. Purs, P. Villoria y B. Vula (Eds.), *Regenerative construction and operation*. COST Action CA16114 RESTORE, Working Group Three Report (pp. 59-87). <https://www.eurestore.eu/wp-content/uploads/2019/07/RESTORE-WG3-Booklet.pdf>
- Willar, D., Waney, E. & Senduk, N. (2019). The execution of infrastructure project life-cycle. *MATEC Web of conferences*, 258, 1-9. <https://bit.ly/3k21Ukn>
- Wolf, P. y Ghilani, C. (2016). *Topografía*. Alfaomega. <https://bit.ly/37MCrHC>
- Wu, J., Wei, H. & Peng, L. (2019). Research on the evolution of building Technology based on regional revitalization. *Buildings*, 9(165), 1-12. <https://bit.ly/3yI2l7q>
- Zuofa, T. (2021). Master planning for resilient major infrastructure projects. En E. Ochieng, T. Zuofa y S. Badi (Eds.), *Routledge handbook of planning and management of global strategic infrastructure projects* (pp. 71-102). <https://bit.ly/3xOBeaH>

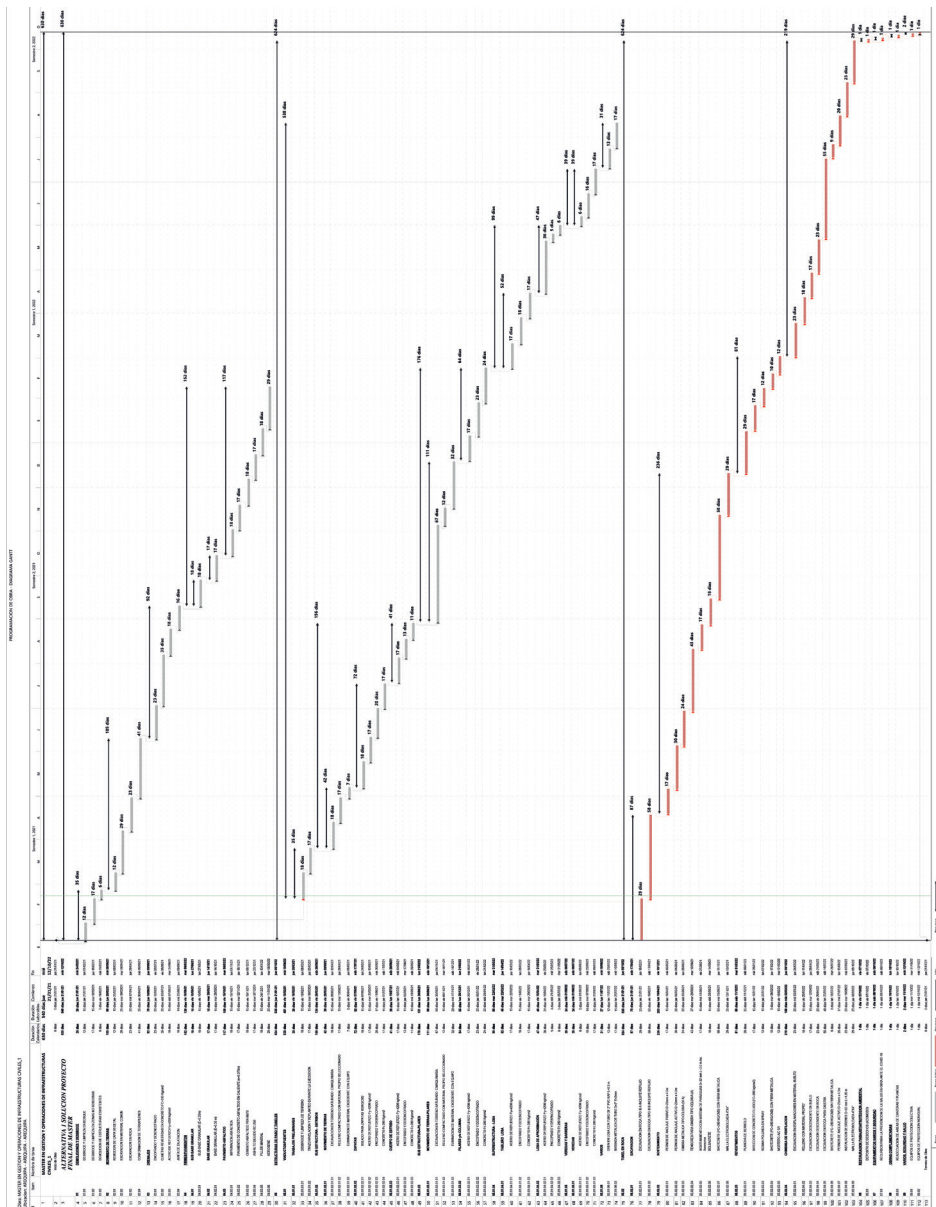
ANEXOS

Anexo 1	
<i>Planes de obra detallados y ruta critica</i>	186
Anexo 2	
<i>Curva “S” - Avance de Obra</i>	188
Anexo 3	
<i>Especificaciones tecnicas</i>	189
Anexo 4	
<i>Planos refrenciales</i>	268



Anexo 1

Planes de obra detallados y ruta crítica







Anexo 2

Curva "S" - Avance de Obra

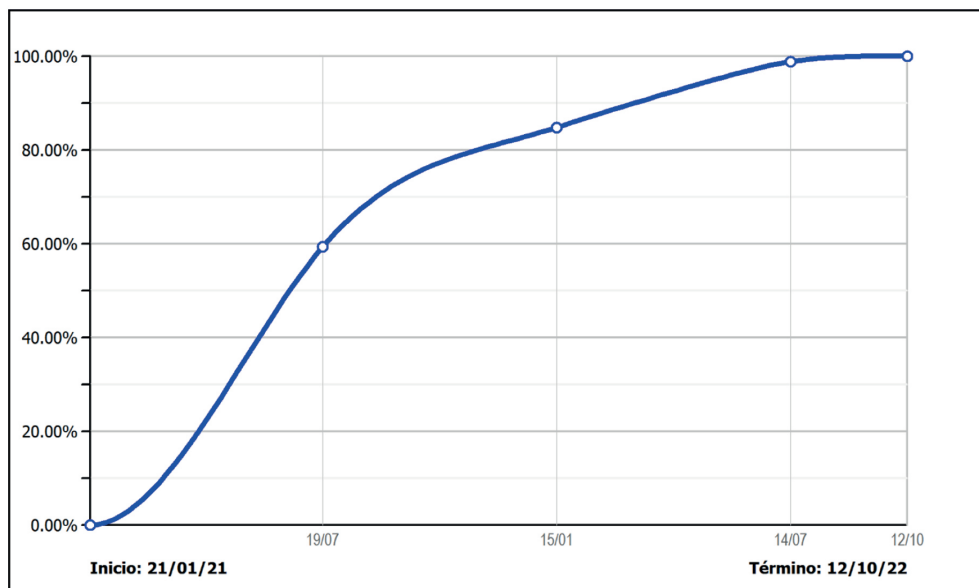
Proyecto MASTER EN GESTION Y OPERACIONES DE INFRAESTRUCTURAS CIVILES_1

Cliente Bachiller: EDUAR ALEX RODRIGUEZ BARREDA

Ubicación AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

Costo a :

Enero - 2021



N	Fecha Corte	Avance Programado
	21/Ene	0.00%
1	19/Jul	59.37%
2	15/Ene	84.82%
3	14/Jul	98.89%
4	12/Oct	100.00%



Anexo 3

Especificaciones técnicas

PROYECTO : MASTER EN GESTION Y OPERACIONES DE
INFRAESTRUCTURAS CIVILES_1

CLIENTE : BACHILLER:
EDWARD ALEX RODRIGUEZ BARREDA

UBICACIÓN : AREQUIPA - AREQUIPA - AREQUIPA

ALTERNATIVA 1 SOLUCION PROYECTO FINAL DE MASTER

01 DEMOLICIONES Y DESBROCE

01.01 DESBROCE Y LIMPIEZA EN BOSQUE (HA)

DESCRIPCION

Este ítem comprende el pago de la limpieza manual de tipo superficial retirando toda obstrucción que hubiera hasta 0.10 m por debajo del nivel de la cota indicada en los planos, consistiendo básicamente en la eliminación de arbustos, raíces, malezas y se eliminarán los desperdicios y elementos sueltos existentes sobre la superficie que ocupará la construcción y que puede causar una discontinuación en el replanteo.

MEDICION

Unidad: metro cuadrado (m²)

FORMA DE VALORIZACION

La valorización se hará midiendo el área superficial que ocupará la intervención de la obra. En el precio unitario están incluidos el suministro y



puesta a disposición de todos los equipos, materiales y demás implementos, así como también, el personal que sea necesario para la ejecución de la partida.

01.02 DESBROCE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS (HA)

DESCRIPCION

Este ítem comprende el pago de la limpieza manual de tipo superficial retirando toda obstrucción que hubiera hasta 0.10 m por debajo del nivel de la cota indicada en los planos, consistiendo básicamente en la eliminación de arbustos, raíces, malezas y se eliminarán los desperdicios y elementos sueltos existentes sobre la superficie que ocupará la construcción y que puede causar una discontinuación en el replanteo.

MEDICION

Unidad: metro cuadrado (m²)

FORMA DE VALORIZACION

La valorización se hará midiendo el área superficial que ocupará la intervención de la obra. En el precio unitario están incluidos el suministro y puesta a disposición de todos los equipos, materiales y demás implementos, así como también, el personal que sea necesario para la ejecución de la partida.

02 MOVIMIENTO DE TIERRAS



03 DRENAJES

03.01 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (m^2)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura.

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberán estar cubiertas con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas



deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

Procedimientos Constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la



única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros fac-



tores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:

- Costados de viga 1 día
- Cimentaciones y elevaciones 3 días
- Columnas 7 días
- Losas 14 días
- Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Encofrado de Cimentación.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.
- **Encofrado de Elevación Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.
- **Encofrado de Losa Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.



- Encofrado perdido. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irrecuperable en el interior del material.

MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2).

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

03.03 ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ (KG)

04 FIRMES/PAVIMENTOS

04.01 SUB BASE GRANULAR

04.02 BASE GRANULAR



04.03 PAVIMENTO ASFALTICO

05 ESTRUCTURAS DE PASO Y TUNELES

05.01 VIADUCTOS/PUENTES

05.01.01 TRABAJOS PRELIMINARES

05.01.01.01 DESBROCE Y LIMPIEZA DE TERRENO (m²)

DESCRIPCION

Este ítem comprende el pago de la limpieza manual de tipo superficial retirando toda obstrucción que hubiera hasta 0.10 m por debajo del nivel de la cota indicada en los planos, consistiendo básicamente en la eliminación de arbustos, raíces, malezas y se eliminarán los desperdicios y elementos sueltos existentes sobre la superficie que ocupará la construcción y que puede causar una discontinuación en el replanteo.

MEDICION

Unidad: metro cuadrado (m²)

FORMA DE VALORIZACION

La valorización se hará midiendo el área superficial que ocupará la intervención de la obra. En el precio unitario están incluidos el suministro y puesta a disposición de todos los equipos, materiales y demás implementos, así como también, el personal que sea necesario para la ejecución de la partida.



05.01.01.02 TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO DURANTE LA EJECUCION (m²)

DESCRIPCION

Se efectuará el replanteo de las obras a ejecutarse en el lugar de ejecución de obra, considerando ejes, áreas de zapata de estribos etc. Los trabajos deben realizarse necesariamente con el empleo de equipos topográficos, como son el Teodolito y Nivel de Ingeniero, operados por un topógrafo con amplios conocimientos en obras viales.

MEDICION

Los trabajos topográficos de trazos niveles y replanteo de obras durante la construcción se valorizará en metros cuadrados (m²), de acuerdo a la partida descrita en el presupuesto.

FORMA DE VALORIZACION

La valorización se hará según el porcentaje de avance mensual y de acuerdo al precio establecido para la partida “Trazos y Replanteo” del presupuesto.

05.01.02 SUB ESTRUCTURA - ESTRIBOS

05.01.02.01 MOVIMIENTO DE TIERRAS

05.01.02.01.01 EXCAVACION EN TERRENO SATURADO C/MAQUINARIA (m³)

DESCRIPCIÓN

Comprende los trabajos de excavación de los elementos de cimentación, previamente trazados sobre el terreno donde se edificará la obra. Estas serán del tamaño exacto al descrito en los planos.



Antes del procedimiento de vaciado se deberá aprobar la excavación; asimismo, no se permitirá ubicar zapatas y cimientos sobre material de relleno. En caso de cimentar sobre relleno se deberá profundizar hasta llegar al terreno firme.

El fondo de toda excavación para cimentación debe quedar limpio y parejo, se deberá retirar el material suelto; si se excede en la profundidad de la excavación, no se permitirá el relleno con material suelto, lo deberá hacer con una mezcla de concreto ciclópeo 1:12 como mínimo o en su defecto hormigón.

METODO DE EJECUCION

Antes del procedimiento de vaciado, se deberá aprobar la excavación; asimismo, no se permitirá ubicar zapatas y cimientos sobre material de relleno.

El fondo de toda excavación para cimentación debe quedar limpio y parejo, se deberá retirar el material suelto, si se excede en la profundidad de la excavación, no se permitirá el relleno con material de suelto, lo deberá hacer con una mezcla de concreto 1:12 en proporción cemento - hormigón.

MEDICIÓN

La unidad de medida es el metro cúbico (m^3)

El volumen de excavación se obtendrá multiplicando el ancho, el largo y la altura promedio. En los elementos que se crucen se medirá la intersección una sola vez.

FORMA DE VALORIZACION

La valorización se hará por metro cúbico (m^3) excavado y aprobado por la supervisión, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá com-



pensación total por el equipo, mano de obra, materiales, herramientas e imprevistos necesarios.

*05.01.02.01.02 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO
SELECCIONADO (m^3)*

DESCRIPCIÓN

Este trabajo comprende la conformación del relleno alrededor y encima de las tuberías TMC. El material de relleno deberá cumplir con las especificaciones indicadas por el supervisor para este tipo de estructura.

La colocación del relleno a los costados de la tubería, se realizará en capas alternadas de 0.15m, para permitir un buen apisonamiento. El relleno se colocará en forma simétrica conservando siempre la misma altura en ambos lados del tubo. El relleno deberá compactarse hasta alcanzar una densidad mayor al 95% de la M.D.S. del Próctor Modificado y en el caso de que el relleno se vaya a construir hasta el nivel de subrasante, los 0.30 m superiores del relleno serán compactados a una densidad mínima del 100% de la M.D.S.

El equipo de compactación será mecánico, pudiendo ser: apisonadores mecánicos, rodillos apisonadores o compactadores vibratorios. La elección del equipo dependerá de las condiciones existentes en el lugar y deberá evitar que el equipo golpee la estructura. No será aceptable la compactación del relleno por medio de anegación o chorros de agua.

La colocación de alcantarillas deberá ejecutarse cuando los trabajos de explanaciones hayan alcanzado el nivel de subrasante, por consiguiente, el relleno de estructuras alrededor de la tubería deberá alcanzar el mismo nivel. La altura de relleno mínimo desde la clave de la tubería hasta el nivel de subrasante será de 0.55m.



MEDICIÓN

La unidad de medida de esta partida será metro cubico (m^3).

FORMA DE VALORIZACIÓN

La valorización se hará de acuerdo a la unidad de medición y constituirá compensación total por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida.

*05.01.02.01.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO
(M3)*

DESCRIPCIÓN

Comprende la eliminación del material procedente del movimiento de tierras a un lugar de desmonte o simplemente que no afecte a la población bajo coordinaciones y aprobación de la supervisión.

MÉTODO DE TRABAJO

Se trazara y aislara la zona de trabajo para la eliminación de material.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (m^3) ejecutada de acuerdo con la presente especificación y las instrucciones del supervisor.

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.



05.01.02.02 ZAPATAS

05.01.02.02.01 SOLADO PARA ZAPATAS $100\text{Kg}/\text{cm}^2 (\text{m}^2)$

DESCRIPCIÓN

Se define como concreto simple a aquel que no tiene armadura de refuerzo, o que la tiene en una cantidad menor que el mínimo porcentaje establecido para el concreto armado.

El objetivo es presentar una superficie plana y nivelada que dará mayor precisión y facilidad a la ubicación y construcción de las fundaciones, así como en la repartición y transmisión de esfuerzos.

ALCANCES DE LA PARTIDA

El uso del concreto simple deberá limitarse a elementos totalmente apoyados sobre el suelo, o soportados por otros elementos estructurales capaces de proveer un apoyo vertical continuo o cuando el efecto de arco asegure esfuerzos de compresión para todos los estados de carga.

Todos los materiales que se emplee en la fabricación del concreto simple deberán cumplir con los requisitos exigidos para el concreto armado. Ello es igualmente aplicable a la dosificación, ensayo de probetas, encofrados, colocación, curado, evaluación y aceptación del concreto.

MÉTODO DE MEDICIÓN

El método de medición será por metro cuadrado (m^2) vaciado obtenidos del ancho de base por su longitud, según lo indica en los planos y aprobados por el Supervisor.



BASES DE PAGO

El área determinada como está dispuesto será pagada al precio unitario del contrato por metro cuadrado (m^2) de solado vaciado según lo indica los planos, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por mano de obra, los materiales y equipos serán proporcionados por el contratante (cemento, piedra, hormigón), así como las herramientas.

05.01.02.02.02 ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (Kg)

05.01.02.02.03 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (m^2)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura.

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.



- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberán estar cubiertas con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

Procedimientos Constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.



Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, , de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecua-



do de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:

- Costados de viga 1 día
- Cimentaciones y elevaciones 3 días
- Columnas 7 días
- Losas 14 días
- Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Encofrado de Cimentación.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.
- **Encofrado de Elevación Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención



y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.

- **Encofrado de Losa Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.
- **Encofrado perdido.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irrecuperable en el interior del material.

MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2)

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.



05.01.02.02.04 CONCRETO $F_c 280 \text{ Kg/cm}^2 (m^3)$

DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al concreto usado como material estructural y normado, su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y pruebas de resistencia. El Ejecutor se ceñirá estrictamente a lo indicado en los planos del proyecto, en la presente especificación y en las normas vigentes, respectivamente. Este elemento se especifica en planos, los cuales también contemplan el uso de falsas zapatas de ser el caso con el fin de alcanzar el nivel especificado. Las zapatas deberán garantizar la estabilidad de la estructura ante el volteo o deslizamiento. Tanto la dosificación de la mezcla como el armado de la zapata y el anclaje de la armadura, serán comprobadas en obra por el Supervisor. Se respetará para estas tareas lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (m^3)

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.

05.01.02.03 CUERPO DE ESTRIBO

05.01.02.03.01 ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 (\text{Kg})$

05.01.02.03.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (m^2)



DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura.

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberán estar cubiertas con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.



Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

Procedimientos Constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50 % del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado. Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.



Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:



- Costados de viga 1 día
- Cimentaciones y elevaciones 3 días
- Columnas 7 días
- Losas 14 días
- Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Encofrado de Cimentación.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.
- **Encofrado de Elevación Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.
- **Encofrado de Losa Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.
- **Encofrado perdido.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irrecuperable en el interior del material.



MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2).

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

05.01.02.03.03 CONCRETO Fc 280 Kg/cm² (m^3)

DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al concreto usado como material estructural y normado, su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y pruebas de resistencia. El Ejecutor se ceñirá estrictamente a lo indicado en los planos del proyecto, en la presente especificación y en las normas vigentes, respectivamente. Este elemento se especifica en planos, los cuales también contemplan el uso de falsas zapatas de ser el caso con el fin de alcanzar el nivel especificado. Las zapatas deberán garantizar la estabilidad de la estructura ante el volteo o deslizamiento. Tanto la do-



sificación de la mezcla como el armado de la zapata y el anclaje de la armadura, serán comprobadas en obra por el Supervisor. Se respetará para estas tareas lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (m^3)

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.

05.01.03 SUB ESTRUCTURA-PILARES

05.01.03.01 MOVIMIENTO DE TIERRAS-PILARES

05.01.03.01.01 EXCAVACION EN TERRENO SATURADO C/MAQUINARIA (m^3)

DESCRIPCIÓN

Comprende los trabajos de excavación de los elementos de cimentación, previamente trazados sobre el terreno donde se edificará la obra. Estas serán del tamaño exacto al descrito en los planos.

Antes del procedimiento de vaciado se deberá aprobar la excavación; asimismo, no se permitirá ubicar zapatas y cimientos sobre material de relleno. En caso de cimentar sobre relleno se deberá profundizar hasta llegar al terreno firme.

El fondo de toda excavación para cimentación debe quedar limpio y parejo, se deberá retirar el material suelto; si se excede en la profundidad de la excavación, no se permitirá el relleno con material suelto, lo deberá hacer



con una mezcla de concreto ciclópeo 1:12 como mínimo o en su defecto hormigón.

METODO DE EJECUCION

Antes del procedimiento de vaciado, se deberá aprobar la excavación; asimismo, no se permitirá ubicar zapatas y cimientos sobre material de relleno.

El fondo de toda excavación para cimentación debe quedar limpio y parejo, se deberá retirar el material suelto, si se excede en la profundidad de la excavación, no se permitirá el relleno con material de suelto, lo deberá hacer con una mezcla de concreto 1:12 en proporción cemento - hormigón.

MEDICIÓN

La unidad de medida es el metro cúbico (m^3)

El volumen de excavación se obtendrá multiplicando el ancho, el largo y la altura promedio. En los elementos que se crucen se medirá la intersección una sola vez.

FORMA DE VALORIZACION

La valorización se hará por metro cúbico (m^3) excavado y aprobado por la supervisión, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por el equipo, mano de obra, materiales, herramientas e imprevistos necesarios



*05.01.03.01.02 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO
SELECCIONADO (m^3)*

DESCRIPCIÓN

Este trabajo comprende la conformación del relleno alrededor y encima de las tuberías TMC. El material de relleno deberá cumplir con las especificaciones indicadas por el supervisor para este tipo de estructura.

La colocación del relleno a los costados de la tubería, se realizará en capas alternadas de 0.15 m, para permitir un buen apisonamiento. El relleno se colocará en forma simétrica conservando siempre la misma altura en ambos lados del tubo. El relleno deberá compactarse hasta alcanzar una densidad mayor al 95% de la M.D.S. del Próctor Modificado y en el caso de que el relleno se vaya a construir hasta el nivel de subrasante, los 0.30 m superiores del relleno serán compactados a una densidad mínima del 100 % de la M.D.S

El equipo de compactación será mecánico, pudiendo ser: apisonadores mecánicos, rodillos apisonadores o compactadores vibratorios. La elección del equipo dependerá de las condiciones existentes en el lugar y deberá evitar que el equipo golpee la estructura. No será aceptable la compactación del relleno por medio de anegación o chorros de agua.

La colocación de alcantarillas deberá ejecutarse cuando los trabajos de explanaciones hayan alcanzado el nivel de subrasante, por consiguiente, el relleno de estructuras alrededor de la tubería deberá alcanzar el mismo nivel. La altura de relleno mínimo desde la clave de la tubería hasta el nivel de subrasante será de 0.55m.

MEDICIÓN

La unidad de medida de esta partida será metro cubico (m^3).



FORMA DE VALORIZACIÓN

La valorización se hará de acuerdo a la unidad de medición y constituirá compensación total por los trabajos descritos incluyendo mano de obra, leyes sociales, materiales, equipo, imprevistos y en general todo lo necesario para completar la partida.

05.01.03.01.03 ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON EQUIPO
(m³)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el retiro del material a botaderos previamente aprobados a los cuales serán, transportados en volquetes los cuales tiene que tener una cobertura liviana para evitar su segregación o su esparcimiento durante el trayecto.

ALCANCES DE LA PARTIDA

El material a eliminar será cargado manualmente o con maquinaria a los volquetes, los mismo que deben ser cubiertos con mantas a fin de evitar el rociado del mismo en el trayecto del volquete hasta los botaderos.

MÉTODO DE MEDICIÓN

El trabajo ejecutado se medirá en metros cúbicos (m³) del material transportado.

BASES DE PAGO

El pago se efectuará al precio unitario del expediente técnico por metro cúbico, entendiéndose que dicho precio y pago constituirá compensación total por mano de obra, herramientas e imprevistos necesarios para la realización de esta partida.



05.01.03.02 PILARES y/o COLUMNA

05.01.03.02.01 ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (Kg)

05.01.03.02.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (m^2)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura.

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos



de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberán estar cubiertas con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto

Procedimientos Constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento



adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.



El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:

- Costados de viga 1 día
- Cimentaciones y elevaciones 3 días
- Columnas 7 días
- Losas 14 días
- Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Encofrado de Cimentación.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.
- **Encofrado de Elevación Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.



- Encofrado de Losa Caravista. Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.
- Encofrado perdido. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irrecuperable en el interior del material.

MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2).

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.



05.01.03.02.03 CONCRETO $F_c 280 \text{ Kg/cm}^2 (m^3)$

DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al concreto usado como material estructural y normado, su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y pruebas de resistencia. El Ejecutor se ceñirá estrictamente a lo indicado en los planos del proyecto, en la presente especificación y en las normas vigentes, respectivamente. Este elemento se especifica en planos, los cuales también contemplan el uso de falsas zapatas de ser el caso con el fin de alcanzar el nivel especificado. Las zapatas deberán garantizar la estabilidad de la estructura ante el volteo o deslizamiento. Tanto la dosificación de la mezcla como el armado de la zapata y el anclaje de la armadura, serán comprobadas en obra por el Supervisor. Se respetará para estas tareas lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (m^3)

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.

05.01.04 SUPERESTRUCTURA - LOSA

05.01.04.01 TABLERO LOSA

05.01.04.01.01 ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2 (\text{Kg})$



05.01.04.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (m^2)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberán estar cubiertas con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.



Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

Procedimientos Constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50 % del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.



Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:



- Costados de viga 1 día
- Cimentaciones y elevaciones 3 días
- Columnas 7 días
- Losas 14 días
- Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Encofrado de Cimentación.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.
- **Encofrado de Elevación Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.
- **Encofrado de Losa Caravista.** Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.
- **Encofrado perdido.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irrecuperable en el interior del material.



MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2).

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

05.01.04.01.03 CONCRETO F_c 280 Kg/cm² (M3)

DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al concreto usado como material estructural y normado, su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y pruebas de resistencia. El Ejecutor se ceñirá estrictamente a lo indicado en los planos del proyecto, en la presente especificación y en las normas vigentes, respectivamente. Este elemento se especifica en planos, los cuales también contemplan el uso de falsas zapatas de ser el caso con el fin de alcanzar el nivel especificado. Las zapatas deberán garantizar la estabilidad de la estructura ante el volteo o deslizamiento. Tanto la do-



sificación de la mezcla como el armado de la zapata y el anclaje de la armadura, serán comprobadas en obra por el Supervisor. Se respetará para estas tareas lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (m^3)

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.

05.01.04.02 LOSA DE APROXIMACIÓN

05.01.04.02.01 ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$ (Kg)

05.01.04.02.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (m^2)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura.

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia



suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberá estar cubiertas con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

Procedimientos constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.



Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga



buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros factores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:

- Costados de viga 1 día
- Cimentaciones y elevaciones 3 días
- Columnas 7 días
- Losas 14 días
- Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- **Encofrado de Cimentación.** Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la ci-



mentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.

- Encofrado de Elevación Caravista. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.
- Encofrado de Losa Caravista. Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.
- Encofrado perdido. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irre recuperable en el interior del material.

MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2).

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propia-



mente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

05.01.04.02.03 CONCRETO F_c 280 Kg/cm² (m³)

DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al concreto usado como material estructural y normado, su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y pruebas de resistencia. El Ejecutor se ceñirá estrictamente a lo indicado en los planos del proyecto, en la presente especificación y en las normas vigentes, respectivamente. Este elemento se especifica en planos, los cuales también contemplan el uso de falsas zapatas de ser el caso con el fin de alcanzar el nivel especificado. Las zapatas deberán garantizar la estabilidad de la estructura ante el volteo o deslizamiento. Tanto la dosificación de la mezcla como el armado de la zapata y el anclaje de la armadura, serán comprobadas en obra por el Supervisor. Se respetará para estas tareas lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (M3.)

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.

05.01.05 VEREDAS Y BARRERAS

05.01.05.01 VEREDAS



05.01.05.01.01 ACERO DE REFUERZO $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ (KG)

05.01.05.01.02 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO (M2)

DESCRIPCIÓN

Esta partida comprende el suministro, colocación y retiro de las formas de madera y/o metal, necesarias para la construcción de los diferentes elementos que conforman las estructuras.

Los encofrados se refieren a la construcción de formas temporales para contener el concreto, de modo que este, al endurecer tome la forma que se estipule en los planos, tanto en dimensiones como en su ubicación en la estructura.

MATERIALES

Los encofrados podrán ser de madera, metálicos u otro material debidamente aprobado por el Supervisor, que deberán tener la resistencia suficiente para contener la mezcla de concreto, sin que se formen combas entre los soportes y evitar desviaciones de las líneas y contornos que muestran los planos, ni se pueda escapar el mortero.

Los encofrados de madera podrán ser de madera cepillada o de triplay, y deberán tener un espesor uniforme.

- Para superficies no visibles, el encofrado puede ser construido con madera en bruto, pero con juntas debidamente calafateadas para evitar la fuga de pasta de concreto.
- Para superficies visibles, también denominada caravista, el encofrado suele ser construido con paneles de 3/4" de madera laminada, madera machihembrada o con planchas duras de fibra pretensada y marcos de madera cepillada. La línea de contacto entre paneles deberá estar cubierta con cintas, para evitar la formación de rebabas; dichas cintas



deberán estar convenientemente adheridas para evitar su desprendimiento durante el llenado.

Los alambres a emplearse en la sujeción de encofrados, no deben atravesar las caras del concreto, especialmente las que vayan a quedar expuestas. En general, se deberá unir los encofrados por medio de pernos que puedan ser retirados posteriormente, de manera que el desencofrado no produzca daños en la superficie del concreto.

Procedimientos Constructivos

Los encofrados deberán ser diseñados y contruidos de modo que resistan totalmente el empuje del concreto al momento del vaciado sin deformarse, incluyendo el efecto de vibrado para densificación y que su remoción no cause daño al concreto.

Para efectos de diseño, se tomará un coeficiente aumentativo de impacto igual al 50% del empuje del material que debe ser recibido por el encofrado.

Antes de proceder a la construcción de los encofrados, el Contratista deberá presentar los diseños de los encofrados para la revisión y aprobación del Supervisor. La aprobación de los planos del encofrado y autorización para la construcción no relevan al Contratista de su responsabilidad de que éstos soporten adecuadamente las cargas a que estarán sometidos.

Los encofrados deberán ser contruidos de manera que el elemento de concreto vaciado tenga la forma y dimensiones del proyecto y que se encuentre de acuerdo con los alineamientos y cotas aprobadas por el Supervisor y deberán presentar una superficie lisa y uniforme.

Antes de armar el encofrado, se deberá verificar que la superficie del encofrado se encuentre exenta de elementos extraños y con un recubrimiento adecuado de una membrana sintética para evitar la adherencia del mortero o del procedimiento que el Contratista crea por conveniente, con la



única condición que el resultado sea igual o superior al antes descrito y sea aprobado por el Supervisor.

Salvo indicación contraria, todas las intersecciones de planos de encofrados deberán ser achaflanadas, tanto en el caso de ángulos entrantes como en las aristas. En el caso de aristas, el achaflanado se realizará por medio de una tira de madera, de sección transversal en forma de triángulo rectángulo, isósceles, con catetos de 2 cm de longitud.

El encofrado deberá encontrarse debidamente apuntalado y arriostrado de manera que la rigidez y estabilidad del mismo no se vea amenazada. Se deberá dar especial cuidado a las juntas entre tablas, paneles o planchas.

Se deberá evitar el apoyo del encofrado en elementos sujetos a flexión o deslizamiento.

Cuando el terreno natural tenga buena resistencia sin ser susceptible a la erosión o desmoronamiento el apoyo puede realizarse sobre elementos dispuestos horizontalmente. En caso de que el terreno natural no tenga buena capacidad de soporte, deberán ser clavadas estacas conjuntamente con los refuerzos horizontales antes mencionados.

No se puede efectuar llenado alguno sin la autorización escrita del Supervisor quien previamente habrá verificado el dimensionamiento, nivelación, verticalidad, estructuración del encofrado, humedecimiento adecuado de la caja del encofrado, la no existencia de elementos libres (esquirlas o astillas), concretos antiguos pegados o de otro material que pueda perjudicar el vaciado y el acabado del mismo. En caso de elementos de gran altura en donde resulta difícil la limpieza, el encofrado debe contar con aberturas para facilitar esta operación.

El tiempo para la remoción del encofrado y obra falsa está acondicionado por el tiempo y localización de la estructura, el curado, el clima y otros fac-



tores que afecten el endurecimiento del concreto. Los tiempos mínimos recomendados son los siguientes:

- • Costados de viga 1 día
- • Cimentaciones y elevaciones 3 días
- • Columnas 7 días
- • Losas 14 días
- • Fondos de vigas 21 días

Todo encofrado, para ser reutilizado, no deberá presentar alabeos, deformaciones, incrustaciones y deberá presentar una superficie limpia.

Tipos de Encofrado

Los tipos de encofrado se presentan en función del elemento a vaciar y del tipo de acabado, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

- Encofrado de Cimentación. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto que forman parte de la cimentación, así como aquellas caras que serán cubiertas por material de relleno, en general, este tipo de encofrado se utiliza para superficies no visibles.
- Encofrado de Elevación Caravista. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras verticales de elementos de concreto no contemplados en el encofrado de cimentación, tales como las pantallas de los muros de contención y sostenimiento, costados de losas de pontones, parapetos, muretes y todo aquel elemento que a criterio del Supervisor requiera de este acabado.
- Encofrado de Losa Caravista. Este tipo de encofrado se aplicará para soportar directamente el peso del concreto, por lo que normalmente es horizontal. Este tipo de encofrado se utiliza para superficies visibles.



- Encofrado perdido. Este tipo de encofrado se aplicará a las caras interiores de elementos de concreto que forman parte de la elevación de los pilonos quedando irrecuperable en el interior del material.

MEDICIÓN

Se considerará como área de encofrado la superficie de la estructura de concreto efectiva que esté cubierta directamente por dicho encofrado y que realmente haya sido ejecutada y aprobada por el Supervisor. La unidad medida será el metro cuadrado (m^2).

PAGO

El pago del encofrado medido de la manera antes descrita, se realizará con las partidas correspondientes, según sea el caso del área a encofrar, en base al precio unitario por metro cuadrado (m^2).

Este precio y pago incluirá, además de los materiales, mano de obra, beneficios sociales, equipos dentro del cual se considera bombas de agua para el caso de estar bajo agua, transporte de los encofrados a las diferentes zonas de trabajo y herramientas necesarias para ejecutar el encofrado propiamente dicho, todas las obras de refuerzo y apuntalamiento, así como de apoyos indispensables para asegurar la estabilidad, resistencia y buena ejecución de los trabajos, así como las bonificaciones por trabajos bajo agua y accesos. Igualmente, incluirá el costo total del desencofrado respectivo.

05.01.05.01.03 CONCRETO F_c 280 Kg/ cm^2 (m^3)

DESCRIPCIÓN

Esta especificación se refiere al concreto usado como material estructural y normado, su producción, manipuleo, transporte, colocación, curado, protección y pruebas de resistencia. El Ejecutor se ceñirá estrictamente a lo indicado en los planos del proyecto, en la presente especificación y en las normas vigentes, respectivamente. Este elemento se especifica en pla-



nos, los cuales también contemplan el uso de falsas zapatas de ser el caso con el fin de alcanzar el nivel especificado. Las zapatas deberán garantizar la estabilidad de la estructura ante el volteo o deslizamiento. Tanto la dosificación de la mezcla como el armado de la zapata y el anclaje de la armadura, serán comprobadas en obra por el Supervisor. Se respetará para estas tareas lo estipulado por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de esta partida es calculada en metro cubico (m^3)

VALORIZACIÓN

La valorización se hará a los precios unitarios respectivos, entendiéndose que dicho precio constituirá compensación total para completar satisfactoriamente la partida.

05.01.06 VARIOS

05.01.06.01 DREN EN LOSA CON TUBO DE 2" PVC-SAP L=0.3 m (UND)

DESCRIPCIÓN

Bajo esta partida, el Contratista deberá efectuar el suministro y la colocación de los tubos de drenaje de la losa del tablero del puente.

EJECUCIÓN

El Contratista deberá ejecutar este trabajo, paralelamente al encofrado de la losa del puente. La colocación de los tubos de drenaje en su posición final deberá estar conforme a la indicada en los planos.



Los tubos de drenaje serán de tubos de PVC de 3" de diámetro y 500mm de longitud colocados en la ubicación que se indica en los planos del proyecto.

Se deberá tener cuidado de cubrir todos los posibles espacios que existan entre los tubos de drenaje y el encofrado, a fin de que no haya un derrame de la mezcla del concreto al momento del vaciado. El método a utilizar deberá ser aprobado por el Supervisor.

Todas las superficies de los tubos de drenaje deberán mantenerse libres de aceite, grasa, mortero seco, o cualquier otra materia extraña mientras los mismos estén siendo colocados, previo al vaciado del concreto de la losa del Puente.

MEDICIÓN

La medición deberá efectuarse por el número de unidades de tubos de drenaje efectivamente colocados.

PAGO

El número de tubos de desagüe será pagado al precio unitario del contrato en soles por unidad, cuyo precio será compensación total por todo el material, mano de obra, equipos y herramientas necesarios para la buena ejecución de la obra.

05.01.06.02 BARANDA METALICA DE TUBO D = 2" E = 2mm (m)

DESCRIPCIÓN

Bajo esta partida, el Contratista deberá fabricar y colocar en el tablero del puente, barandas metálicas de postes de acero y pasamanos de tubos de fierro, y que es parte integrante de los accesorios del tablero del puente, en conformidad con la ubicación y detalles indicados en los planos.



MATERIALES

Los perfiles y planchas serán con acero de calidad ASTM A36. El acabado será con pintura anticorrosiva y dos manos de pintura esmalte epóxica.

EJECUCIÓN

En general la fabricación de las barandas deberá cumplir con las especificaciones de fabricación de estructuras metálicas.

Las barandas de los puentes deben ser construidas de acuerdo con las trazas y rasantes indicadas en los planos y no deberá reflejar ningún desnivel en la estructura.

MEDICIÓN

La medición de las barandas del puente deberá efectuarse por metro lineal, en la ubicación, medidas, alineamientos y revestimiento de pintura, según lo mostrado en los planos.

PAGO

Las cantidades medidas en la forma descrita, se pagarán por metro lineal al precio unitario del contrato; dicho pago incluirá la adquisición de las planchas de acero, tubos galvanizados, habilitación, soldadura, colocación y pintura, además de los imprevistos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos.

05.02 TUNEL EN ROCA

05.02.01 EXCAVACIÓN

05.02.01.01 EXCAVACIÓN EN ROCA TIPO III A-INCLUYE REFUGIO (m³)



GENERALIDADES

Este ítem contempla todas las actividades relativas a la conformación del túnel propiamente dicho, siguiendo las dimensiones establecidas en las respectivas secciones determinadas por el proyecto, incluyendo los trabajos preparatorios para el inicio de las actividades de corte y todas aquellas excavaciones complementarias como ser nichos y transiciones entre distintos tipos de sección.

De acuerdo a los reglamentos RABT (*Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln*, que significa Norma para diseño y servicio de túneles, norma utilizada en Europa), se construirán ensanchamientos para estacionamientos de emergencia y galerías de escape y salida de emergencia.

Las labores suplementarias resultantes de las transiciones entre sección de corte regular y sección de ensanchamientos para emergencias serán canceladas debido a que se evidencia un incremento de las dificultades y esfuerzos con relación al corte regular, incluidos todos los elementos indicados en los planos.

EQUIPOS

El contratista habrá de disponer del equipo necesario para atender los requerimientos y alcances técnicos previstos.

La excavación se la efectuara primordialmente con voladuras tomando en consideración que, en virtud al material masivo presente, se tendrá que efectuar una trama estrecha de perforaciones de acuerdo al tipo de material.

Estos rubros corresponden a las excavaciones ejecutadas en los siguientes tipos de roca, según lo indicado en el estudio definitivo.



Las clases de excavación y sus correspondientes avances están definidas en los pianos correspondientes. La reclasificación será efectuada de manera conjunta por los ingenieros geólogos de la Supervisión y la contratista. Sin embargo, debido a características geológicas particulares que se encuentren, en cuyo caso el Supervisor se reserva el derecho de reducir o aumentar la clase de excavación, lo que será establecido antes de comenzar con las excavaciones.

La estimación de los tipos de roca es solo indicativa. Se espera que a lo largo de la excavación pudieran presentarse cambios a la estimación propuesta, lo que hace necesario una permanente evaluación de los tipos de roca, sin que esto de derecho a un abono suplementario por el cambio de porcentaje de las clases diferentes de roca encontradas. El Supervisor Geotécnico deberá controlar y aprobar cambios con respecto a las estimaciones iniciales de tipos de roca.

La Entidad contratante no garantiza que todos los datos geológicos disponibles e incluidos en el Proyecto reflejen por completo las condiciones que existen, y no garantiza ninguna interpretación de estos registros o de cualquier información geológica señalada o implícita en los Pianos. El Contratista deberá establecer sus propias deducciones o conclusiones en cuanto a la naturaleza de los materiales a excavar, las dificultades para la realización y mantenimiento de las excavaciones necesarias y la posible necesidad de efectuar otros trabajos en relación con la geología del emplazamiento, debiendo aceptar la plena responsabilidad de las mismas.

La excavación se efectuara de forma que en ningún punto el espesor real de revestimiento sea inferior al teórico dado en los Pianos del Proyecto para cada sección tipo.

Antes de la iniciación de los trabajos de excavaciones subterráneas, el Contratista debe presentar al trabajo en relación con la geología del emplazamiento debiendo aceptar la plena responsabilidad de las mismas.



La excavación se efectuara de forma que en ningún punto el espesor real de revestimiento sea inferior al teórico dado en los Planos del Proyecto para cada sección tipo.

Antes de la iniciación de los trabajos de excavaciones subterráneas, el Contratista debe presentar al Supervisor, para su aprobación, un programa de trabajo pormenorizado, indicando el método y equipo de excavación, el sistema de drenaje, ventilación, iluminación, rendimientos previstos, etc.

La aprobación del plan y procedimiento de trabajo no disminuye en nada la responsabilidad del Contratista durante las obras, hasta que estas hayan sido recibidas definitivamente. Por otra parte, el método que se proponga no generara sobrecostos o incrementos del tiempo de ejecución respecto del método propuesto en la oferta.

El Contratista puede organizar el trabajo de excavación en la forma que considere más conveniente, de acuerdo con su propia experiencia y con la técnica aplicable a trabajos de este tipo, debiendo tener en cuenta las normas y prescripciones sobre seguridad, siendo el único responsable de las consecuencias que puedan derivarse de la ignorancia de tales normas y prescripciones o de no haber adoptado, en cualquier caso, las precauciones debidas.

En el momento de la iniciación de las obras de excavación subterráneas el Contratista está obligado a tener dispuestas todas las instalaciones y acopiados los materiales necesarios para poder realizar con rapidez el sostenimiento provisional o definitivo que exija la seguridad y la conservación de la excavación.

Con todo, el Contratista deberá programar sus pedidos de materiales para el sostenimiento primario lo más tarde posible, sin producir retraso de las obras, para tener oportunidad de modificarlo, si se viera que ello es necesario durante la construcción. El Contratista deberá contar con la aprobación del Supervisor antes de cursar los pedidos de estos materiales y



deberá facilitar al Supervisor toda la información necesaria, que no afecte a la concesión de la aprobación.

De las excavaciones subterráneas se realizarán partes diarios en los que se indiquen todas las variables interesantes de la misma, como son: longitud excavada hasta la fecha, longitud excavada en el día, volumen de terreno excavado, sostenimiento tipo y unidades colocadas, tiempos efectivos de excavación, tiempos muertos por sostenimiento, averías y operaciones especiales, etc.

El Contratista deberá llevar un registro de la geología del terreno atravesado, valorará las condiciones de sustentación del terreno en el túnel y registrará los resultados de cualquier sondeo de reconocimiento que se haga desde el túnel siguiendo instrucciones del Supervisor. Para ello, el Contratista deberá emplear, a jornada completa, a un ingeniero geólogo con experiencia probada en la ejecución de túneles, para supervisar el registro geológico del terreno atravesado en la perforación. El registro deberá hacerse en cada turno en que se esté realizando excavación del túnel. Al menos una vez al día el mencionado técnico deberá hacer un detallado examen del frente o frentes que confirme la validez de los métodos en curso de excavación y sustentación del túnel.

El Contratista deberá presentar copias de todos estos datos al Supervisor diariamente durante el avance del túnel. A la terminación del trabajo presentará dos copias de todos los registros, en volúmenes encuadernados. A la vista de los registros diarios, el Supervisor informará al Contratista sobre cualquier cambio que considere necesario en cuanto al sostenimiento primario, y los métodos de excavación y sostenimiento. Si el Contratista, desea modificar sus métodos de excavación y sostenimiento, deberá obtener la aprobación del Supervisor.

Los materiales excavados en todas las operaciones de corte serán extraídos hasta el sitio de depósito o el indique la fiscalización, el acarreo estará incluido en los respectivos precios por rubros de excavación, los que



ameriten serán incorporado a la obra. El material descargado no deberá contener materiales inapropiados. En el caso de transporte de material no adecuado se deberá llevarlas a un botadero.

MÉTODO CONSTRUCTIVO

El método constructivo empleado se realizara de acuerdo al estudio definitivo, el cual deberá considerar todas normativas actuales que se utilizan en Perú.

PERFORACIÓN Y VOLADURA

Método

El método a realizarse el trabajo será un frente (sección de excavación) muy pequeño, inferior a 3m^2 , y en casos de tener un frente mayor, se realiza el trabajo de perforación y voladura a media sección, en la cual se divide el frente en secciones menores, esto facilitara la ejecución de los trabajos, garantizando la seguridad.

Ejecución de las obras

El Contratista debe aplicar los métodos de excavación y entibado, indicados en su propuesta. El Contratista debe presentar a la Supervisión los datos de diseño, planos y cálculos suficientemente detallados que describan y demuestren los métodos propuestos para establecer la eficiencia técnica y practica de estos y obtener las aprobaciones respectivas.

El Contratista no debe iniciar ninguna excavación o modificar su método de excavación, sin contar con la aprobación previa de la Supervisión, esta aprobación no libera al Contratista de su responsabilidad en la ejecución de la excavación subterránea.

La línea B, en los pianos respectivos para los diferentes tipos de roca, delimita la cantidad máxima de excavación que debe ser reconocida por el



pago al contratista y representa un incremento respecto a la línea de excavación teórica de diseño (Línea A).

Si a juicio de la Supervisión, el método de excavación empleado por el Contratista, es deficiente, o cause daños en la roca fuera de la línea “B”, o en los entibados, o produce excesiva sobre excavación, no logra superficies sanas y regulares, o bien el rendimiento de la excavación es tal que no puede cumplir con los plazos de construcción programados, el Contratista debe cambiar sus técnicas de acuerdo a las instrucciones de la Supervisión, no obstante que esta haya aprobado el método que estuviere usando el Contratista. Todos los costos incurridos al adoptar nuevas técnicas y procedimientos, serán a cargo del Contratista. Estas instrucciones de la Supervisión no releva de manera alguna la responsabilidad que tiene el Contratista de cumplir con plazos, especificaciones y documentos contractuales.

Inmediatamente de terminada cualquier excavación, se procederá a proteger las secciones excavadas de acuerdo a lo especificado en los planos de excavación y sostenimiento ya estas especificaciones.

Abastecimiento de agua y electricidad.

El Contratista podrá construir una captación de aguas locales para usarlas en las perforaciones o instalar un tanque de agua y proveerse a distancia.

El suministro de energía eléctrica en la etapa constructiva del túnel será de libre elección del Contratista. Sin embargo, el proyecto contempla el “Diseño final de la línea de subtransmisión previsto para la provisión de energía al túnel en su etapa de uso y funcionamiento. En todo caso, la línea de subtransmisión deberá ser presupuestada y construida, aspecto que de ejecutarse con anticipación suministraría la energía eléctrica necesaria durante la fase constructiva.



El debido funcionamiento de los suministros, durante la etapa de construcción del túnel, es de responsabilidad exclusiva del Contratista, así como todas las acciones necesarias que este deba realizar para la utilización de la energía eléctrica proporcionada por terceros cuyo costo por el consumo durante la construcción de las obras deberá incluirlos en los precios unitarios contractuales.

Drenaje

El drenaje de las aguas de infiltración de la roca en las excavaciones se efectuara fundamentalmente mediante el declive del piso de las excavaciones, sin embargo si a pesar de ello los trabajos de excavación requieren la eliminación de aguas de filtración provenientes de la roca, se usaran sistemas de bombeo que no interfieran ni rompan las medidas de seguridad definidas en estas especificaciones, por lo que se deberán usar electrobombas o bombas de vacío. No se permitirá el uso de motores a gasolina.

Adicionalmente, las instalaciones de mangueras, conductos y accesorios, deberán cuidar de no interferir con los trabajos mismos de excavación ni afectar las medidas de seguridad.

Seguridad en las obras

Es obligatorio el uso general de cascos no siendo permitida la presencia de ninguna persona que no guarde esta medida de precaución.

El Contratista deberá designar por escrito, dando parte a la Supervisión, un responsable de seguridad, antes de comenzar los trabajos y considerar que los costos de seguridad no serán pagados por separado:

- Para evitar accidentes y para tomar medidas inmediatas en caso de siniestros, el Contratista deberá instalar un servicio de prevención de emergencias. Con este objeto siempre estará disponible, inclusive fuera del horario de trabajo, un ingeniero de turno familiarizado con la si-



tuación de las obras y un número suficiente de obreros calificados para entrar en acción, en casos extremos, dentro de una hora de ocurrida la emergencia.

- Deberá tener el poder para gestionar de manera inmediata todas las medidas necesarias a tomar. Nombres, direcciones, teléfonos y tiempos de disponibilidad de dichos ingenieros deberán ser entregados periódicamente, mediante lista, al Supervisor y al Contratante. Los costos de la disponibilidad o su trabajo, no serán pagados por separado.
- Si se trabaja en turnos nocturnos, el Contratista deberá disponer la presencia de personal de seguridad calificado, también durante estas horas.
- Para cada turno de trabajo en el tunel se precisaran por lo menos dos personas calificadas en primeros auxilios. Una marca especial en sus cascos servirá para identificarlas. También habrá que tener a disposición, lo más cerca posible de las obras, un dispensario médico para primeros auxilios, con un médico y una enfermera; y, dotada de camillas y un botiquín debidamente equipado.
- El Contratista deberá disponer en el lugar de la obra, servicios de protección contra incendios, los mismos que deberán merecer la aprobación del Supervisor.

Trabajos con explosivos

Los trabajos de voladuras deberán ser diseñados y supervisados con estricto celo por parte del Contratista mediante un certificado emitido por un perito en obras de voladura, el perito en obras de voladura deberá ser seleccionado por la Supervisión de un tema presentada por el Contratista. La selección deberá ser aprobada por la entidad contratante.

Tratándose de un tema íntimamente relacionado con la técnica constructiva, antes de comenzar con las obras de voladura el Contratista deberá presentar, para la correspondiente aprobación del Supervisor, el esquema de voladuras que pretende utilizar así, como un plan de pruebas para de-



terminar que las materiales, longitudes de barreno, etc., producirán los resultados esperados. El costo de estas pruebas correrá a cargo del Contratista. El Supervisor tendrá el derecho de exigir cambios o correcciones en el plan de voladuras propuesto, en virtud a resultados anteriores, sin que esto signifique pagos adicionales. Estos cambios podrán referirse al avance, número y distribución de taladros, tipo de explosivo, carga y secuencia de voladuras.

Iluminación durante las excavaciones

El frente debe estar muy bien iluminado. Se recomienda iluminación en el frente de trabajo y a lo largo de todo al túnel con lámparas halógenas. Además conviene colocar iluminación de emergencia, formada por unas lámparas que se encienda automáticamente al fallar el suministro del fluido eléctrico.

Control de ruido y vibraciones

En caso de que el ruido producido por los equipos empleados supere las límites permisibles según las normas de Medio Ambiente establecido, la supervisión podrá exigir el empleo de silenciadores en estos equipos, ya sea en las obras subterráneas o en el exterior, y a costo del Contratista.

Los ruidos y las vibraciones provenientes de los trabajos en subterráneo perceptibles en superficie (o alrededor de los edificios) serán controlados con medidas específicas hechas a cargo y a costo del Contratista. Ruidos y vibraciones no deberán superar los límites previstos por las normas locales y/o por los indicados por el Supervisor.

Por esto, algunos tipos de trabajos o el empleo de algunos equipos podrán ser excluidos o podrán tener algunas limitaciones de horario.



Sobre excavaciones

El Contratista, deberá tomar las precauciones posibles para evitar que la fracturación de la roca producida por la voladura se extienda fuera de las líneas de excavación indicadas en los pianos. Las rocas sueltas o fracturadas que provengan de más allá de los límites fijados durante las operaciones de excavación, deberán removerse según se ordene sin pago adicional alguno.

El contratista, para facilitar sus operaciones de excavación, podrá ejecutar a su cuenta, sobreexcavaciones que se extiendan más allá de los límites teóricos. Las excavaciones en exceso con respecto a los límites indicados en los pianos, deberán ser rellenados por cuenta del Contratista con concreto o shotcrete de la misma calidad que el revestimiento.

Disposiciones generales para trabajos con voladuras

Se emplearán técnicas de perforación y voladura que produzcan en la superficie interior del túnel un perfil lo más regular posible, una mínima excavación y un mínimo deterioro o fractura mienta de la roca más allá de la línea de mínima excavación (línea de diseño)

Con antelación al inicio a las excavaciones se presentará para su aprobación una propuesta incluyendo, las técnicas de perforación y voladura que estén de acuerdo con las normas, que para el efecto rigen. En el proceso de avance de las excavaciones, estas técnicas podrán ser variadas como sea necesario para que estén de acuerdo a las condiciones de la roca, y con la finalidad de obtener una superficie menos rugosa en lo posible después de la voladura.

Voladuras y otras operaciones que puedan dañar los trabajos ejecutados, no serán permitidas. Cualquier daño o desplazamiento de los soportes o eventuales deterioros a otras partes de la obra serán completamente reparados por el contratista a su costo.



A continuación de las voladuras y tan pronto las gases nocivos, producto de las disparos hayan sido renovados por aire fresco se procederá con el desatado o desquinchado de todas las rocas sueltas con tendencia a caer, y donde existan brechas u otros defectos geológicos en la superficie excavada se procederá con el suministro e inmediata colocación del soporte requerido.

Durante el proceso de excavación continuamente se estarán observando los cambios en las condiciones geológicas, para proceder con su evaluación y posible reforzamiento. Y con el fin de brindar seguridad en el lugar de las obras así como realizar el mejoramiento de los métodos de construcción conjugando con el tipo de soporte más adecuado.

Se llevarán registros diarios de la excavación subterránea efectuada, estos registros incluirán detalles como el tipo de roca, tipo de soporte sobre excavación, duración del ciclo de avance, ocurrencia de agua, drenaje, información sobre la voladura incluyendo la distribución de las cargas, el tipo de explosivo, los detonadores y la hará de disparo efectuado.

Empleo de explosivos

Los detonadores, mechas, y espoletas no deberán por ningún motivo, transportarse y almacenarse conjuntamente con la dinamita u otros explosivos.

La ubicación y diseño de los polvorines, los medios de transporte y las precauciones tomadas para prevenir accidentes deberán estar sujetos a las estipulaciones en el Título Tercero de! *Reglamento de Seguridad Minera* del Ministerio de Energía y Minas.

Además de los requerimientos para el manipuleo y almacenamiento de explosivos, se deberá mantener un riguroso inventario del movimiento y consume de la dinamita y detonadores almacenados, cualquier faltante



por pérdida, deterioro o sustracción de las cantidades deberá notificarse al representante del SUCAMEC.

Uso de Explosivos. El uso de explosivos será iniciado previa presentación de la información técnica y del plan de voladura y la aprobación por la Supervisión. Antes de realizar cualquier voladura se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la protección de las personas, vehículos la plataforma de la carretera, instalaciones y cualquier otra estructura y edificación adyacente al sitio de las voladuras.

Es responsabilidad del Contratista que en prevención y cuidado de la vida de las personas establecer medidas preventivas de seguridad que consideren:

- La voladura se efectúa siempre que fuera posible a la luz del día y fuera de las horas de trabajo o después de interrumpir este. Si fuera necesario efectuar voladuras en la oscuridad debe contarse con la iluminación artificial adecuada.
- El personal asignado a estos trabajos este provisto y use las implementos de seguridad casco, zapatos, guantes, lentes y tapones de oídos apropiados.
- Aislar la zona en un radio mínima de 500 metros. Para impedir el ingreso de personas a la zona peligrosa mientras se efectúan las trabajos de voladura tomar las siguientes medidas; apostar vigías alrededor de la zona de operaciones desplegar banderines de aviso, fijar avisos visibles en diferentes lugares del perímetro de la zona de operaciones, cerrar el tráfico de vehículos y que no se encuentran estacionados vehículo en las inmediaciones.
- Cinco minutos antes de la voladura y en secuencia periódica debe darse una serial audible e inconfundible (sistema intermitente) para



que las personas en la zona se pongan al abrigo en lugares seguros previamente fijados.

Después de efectuada la voladura y una vez que la persona responsable se haya cerciorado de que no hay peligro se dará una serial de que ha cesado el peligro.

El contratista deberá tener en cuenta y cumplir fielmente las disposiciones legales vigentes para la adquisición, transporte, almacenamiento y uso de los explosivos e implementos relacionados. Según lo establecido por el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera (Decreto Supremo N° 023-92 EM) se deberá llevar un registro detallado de la clase de explosivo adquirido proveedor, existencias y consumo, así como de los accesorios requeridos.

Se podrá utilizar explosivos especiales de fracturación que con su empleo no causen danos a estructuras existentes ni afecten el terreno que debe permanecer inalterado, en especial los taludes que puedan quedar desestabilizados por efecto de las voladuras.

Los vehículos que se utilicen para transportar los explosivos deben observar las siguientes medidas de seguridad a fin de evitar consecuencias nefastas para la vida de los trabajadores y del público:

- Hallarse en perfectas condiciones de funcionamiento.
- Tener un piso compacto de madera de un metal que no produzca chispas.
- Tener paredes bastante altas para impedir la caída de los explosivos.
- En el caso de transporte por carretera estar provistos de por lo menos dos extinto res de incendios de tetracionuro de carbono.



- Llevar un banderín visible, un aviso u otra indicación que señale la índole de la carga. Los depósitos donde se guardan explosivos de manera permanente deberán:
- Estar contruidos sólidamente y a prueba de agua y fuego.
- Mantenerse limpio, secos, ventilados y frescos y protegidos contra las heladas.
- Tener cerraduras seguras y permanecen cerrados con llave al cual solo tendrán acceso el personal autorizado y capacitado.
- Solo utilizar material de alumbrado eléctrico de tipo antideflagrante.
- Mantener alrededor del depósito un área de 8 metros de radio de distancia como mínimo que esté limpia sin materiales de desperdicio, hojas secas o cualquier combustible.

En ningún caso se permitirá que los fulminantes, espoletas y detonadores de cualquier clase se almacenen, transporten o conserven en los mismos sitios que la dinamita y otros explosivos. La localización y el diseño de los polvorines, los métodos de transportar los explosivos y, en general las precauciones que se tomen para prevenir accidentes.

Cualquier daño resultante de las operaciones erróneas de voladura deberá ser reparado por el contratista.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo deberá ser de reconocida práctica y pericia en estos menesteres y reunirá condiciones adecuadas en relación con la responsabilidad que corresponda a estas operaciones.

El contratista suministra y colocara las señales necesarias para advertir al público de su trabajo con explosivos aprobados por el Supervisor. Su



ubicación y estado de conservación garantizaran en todo momento su perfecta visibilidad.

En todo caso, el contratista cuidara especialmente de no poner en peligro vidas o propiedades y será responsable de los daños que se deriven del empleo incorrecto de explosivos durante la ejecución de las obras.

El almacenamiento, transporte, manejo y uso de explosivos se realizara según lo establecido en el *Reglamento de Seguridad e Higiene Minera* (Decreto Supremo N° 055-2010-EM) en lo que se refiere a la utilización de explosivos incluyendo además algunas recomendaciones como las que se mencionan a continuación:

- El Contratista deberá contar con los mecanismos y procedimientos que garanticen la mínima afectación a los recursos naturales de la zona ya las poblaciones cercanas. Se establecerá un manejo adecuado de los explosivos para prevenir y minimizar los daños que se pueda ocasionar al medio ambiente y al mismo tiempo evitar las pérdidas innecesarias de material.
- Su uso requerirá la supervisión de personal capacitado, asegurado que no se ponga en peligro las vidas humanas, el medio ambiente, obras, construcciones existentes por riesgo a accidentes.
- Se deberá almacenar el mínimo posible de explosivos que permita realizar normalmente las tareas habituales. El manejo de explosivos debe ser realizado por un experto. A fin de evitar los excesos que puedan desestabilizar los hastiales y la bóveda, causando problemas en un futuro.

El proveedor se encargara de entregar al Contratista los explosivos en el sitio de obra. En caso de que el propio Contratista transporte los explosivos, este deberá usar un vehículo fuerte y resistente, en perfectas condiciones, provisto de piso de material que no provoque chispas con



los lados y la parte de atrás de altura suficiente para evitar la caída de material deben llevar extintores de tetra cloruro de carbono y de utilizarse un camión abierto, debe cubrirse con una lona a prueba de agua y fuego.

MATERIALES

La clasificación de materiales deberá ser realizada de acuerdo a como se indica en cuadro de clasificaciones de Materiales y los planos Geológicos y Geotécnicos del estudio definitivo; pero deberá ser verificada en el terreno en forma conjunta entre el supervisor y el contratista en tres oportunidades, antes del inicio de los trabajos de excavaciones, durante dichos trabajos y una vez culminados los mismos. La clasificación final será aquella conciliada mediante acta entre supervisor y contratista, denominada “Acta de clasificación de materiales de corte” la misma que servirá de base de pago de los trabajos de excavaciones y tendrá como anexo a las clasificaciones parciales.

La clasificación de los materiales definirá solamente dos tipos fundamentales para razones de excavabilidad y estos deberán ser: Suelo y Roca.

Los trabajos de excavación del túnel tendrán como anexo las clasificaciones realizadas bajo el criterio geomecánico indicado en el estudio.

La clasificación de los materiales estará definida por lo indicado en el estudio definitivo y será: Roca tipo I, Roca tipo II, Roca tipo III, Roca tipo IV, con sus respectivas variaciones.

EXCAVACION DEL TUNEL EN ROCA

Antes de iniciar las excavaciones se requiere la aprobación por parte del supervisor de los trabajos de topografía, desbroce limpieza y demoliciones (en el sector definido), que interfieran con los trabajos a ejecutar.



Excavación de Roca tipo I

Será aplicado para rocas de “Buena” calidad, competentes, nada o muy poco intemperizadas, poco fracturadas, con amplio espaciamiento de discontinuidades (fracturas, estratificación), mayor de 600 mm, son además rocas que no requieren sostenimiento sistemático, salvo pernos de anclaje en ubicaciones aisladas, sin embargo se ha considerado necesario para garantizar la estabilidad y condiciones de operación, que se colocara una capa de shotcrete no reforzado, cuyo espesor será de 0.05m.

Excavación de Roca tipo II

Sera aplicado para roca de “Regular” calidad, medianamente competentes, de “no intemperizada” a “ligeramente inlemperezada”, espaciamiento de discontinuidades de 60 a 600 mm; este tipo de roca requiere sostenimiento de shotcrete reforzado con fibra de acero con un espesor de 4” (10 cm).

Excavación de Roca tipo III

- Excavación de Roca tipo III A. Esta partida corresponde a la excavación del tunel en roca catalogada como tipo III-A. Este tipo de roca presenta una denominación de media a buena, afectada por fracturas moderadas, con ligera alteración. Todos los trabajos se harán según el alineamiento, secciones transversales y gradientes indicados en los planos del proyecto, con las modificaciones definidas. Los trabajos de excavación incluyen el suministro de las instalaciones, los equipos, la mano de obra y los materiales necesarios para ejecutar los trabajos relacionados con las excavaciones.
- Excavación de Roca tipo III B. Esta partida corresponde a la excavación del tunel en roca catalogada como tipo III-B. Este tipo de roca presenta una denominación de media a mala, será aplicado en las áreas en donde la masa rocosa se presenta cizallada, ligeramente intemperizada, espaciamiento de discontinuidades de “cercano” a “extremadamente cercano” (menos de 60 mm), pero que todavía tiene suficiente integridad, de



tal forma que tenga un tiempo de auto soporte que permita la aplicación del sostenimiento dimensionado.

Excavación de Roca tipo IV

- Excavación de Roca tipo IV A. Esta partida corresponde a la excavación del tunel en roca catalogada como tipo IV-A. Este tipo de roca presenta una denominación de mala a media, donde la roca presenta zonas cizalladas, intemperizadas débiles y espaciamientos de discontinuidades cercano a “extremadamente cercano” menor a 60 mm, más zonas brechadas y fragmentadas, donde la roca prácticamente pierde su apariencia. Eventualmente un factor que empeora las características descritas es la presencia de agua en forma de humedad en la roca o goteras intensas y filtraciones, lo que dificulta las áreas de sostenimiento.
- Excavación de Roca tipo IV B. Esta partida corresponde a la excavación del tunel en roca catalogada como tipo III-B. Este tipo de roca presenta una denominación de mala a media, donde la roca presenta zonas cizalladas, intemperizadas, débiles y espaciamientos de discontinuidades cercano a “extremadamente cercano” menor a 60 mm, más zonas brechadas y fragmentada, donde la roca prácticamente pierde su apariencia. Eventualmente un factor que empeora las características descritas es la presencia de agua en forma de humedad en la roca o goteras intensas y filtraciones lo que dificulta las tareas de sostenimiento.

Excavación de Túnel en Suelo

El Contratista tendrá que aplicar las presentes Especificaciones, para la ejecución de las excavaciones en superficie para el ingreso del portal de entrada, conforme figuran en los planos o como se ordene.

La excavación excesiva o la sobre excavación efectuada por el Contratista por cualquier motive o razón, a excepción de la ordenada por la Supervisión, será por cuenta del Contratista y toda sobre excavación será rellena-



da donde se requiera de acuerdo a las instrucciones de la Supervisión, con materiales suministrados y colocados por cuenta del Contratista.

El desbroce y limpieza de las áreas por encima del portal se efectuara según indique el Supervisor para eliminar cualquier peligro debido a deslizamientos de rocas o materiales sueltos.

La excavación consiste en el levantamiento de todos los materiales que puedan ser removidos a mano, con excavadoras, o con equipos de movimiento de tierra sin escarificador.

El Contratista deberá acatar las indicaciones del Supervisor acerca de preservar las superficies y líneas de las estructuras del túnel en relación con las de la carretera.

MEDICIÓN

La unidad de medida será el metro cubico (m³) de material excavado en su posición original todas las excavaciones para explanaciones, serán medidas por volumen ejecutado, con base en las áreas de corte de las secciones transversa/es de/ proyecto replanteado o modificado.

Para el cálculo de volúmenes de excavaciones y terraplenes se usara el método del promedio de áreas extremas en base a la determinación de las áreas en secciones transversales consecutivas, su promedio y multiplicado por la longitud entre las secciones a lo largo de la línea del eje de la vía. El volumen así resultante constituye el volumen a pagar.

PAGO

El trabajo de excavación en los tipos de roca antes mencionados y en suelo se pagaran al precio unitario real por toda obre ejecutada de acuerdo con el proyecto, para la excavación ejecutada satisfactoriamente y cubrirá el costo de todas las operaciones relacionadas con la correcta ejecución de las obras.



El Contratista deberá considerar, en relación con los explosivos todos los costos que implican su adquisición. Transporte, escoltas almacenamiento vigilancia, manejo y control, hasta el sitio de utilización Si la roca excavada será reutilizada, el precio unitario deberá cubrir su eventual almacenamiento para uso posterior, en las cantidades y ellos más adecuado para este fin.

No se incluye en esta partida el pago por los trabajos de Shotcrete, pemos y cimbras los cuales deberán ser pagados en sus partidas correspondientes.

El transporte de los materiales proveniente de excedentes de la excavación se medirá y pagara de acuerdo con las partidas correspondientes.

05.02.01.02 EXCAVACION EN ROCA TIPO III B-INCLUYE REFUGIO (M3)

IDEM: 05.02.01.01

05.02.02 SOSTENIMIENTO

05.02.02.01 PERNOS DE ANCLAJE PASIVO D = 25mm x 4.5m (UND)

DESCRIPCIÓN

Los pernos de anclaje a los cuales se refiere esta sección servirán como soporte de la roca con el fin de estabilizar la bóveda del túnel el empernado de rocas en el techo de una excavación es una técnica que consiste en anclar en el interior de macizo rocoso una barra de acero que aporta una fuerza de tensionamiento, confinando el techo del túnel y generando un arco de roca comprimida permitiendo controlar las deformaciones que se generan en el centro de la bóveda de túnel debido al ancho o la luz de la excavación.



MATERIALES

Pernos de Anclaje

Los pernos estarán constituidos por barras helicoidales que tengan una elongación mínima del 12 % en 20 cm. Las barras deberán cumplir lo establecido por la norma ASTM A-615, con capacidad de admitir la tensión correspondiente al límite de fluencia de la barra de perno. El punto de cadencia de estos pernos esta de 420 PMa. Así mismo los pernos de anclaje también deben de cumplir con las normas ASTM A-306 grado 60, teniendo en cuenta además las recomendaciones de las siguientes normas:

- ASTM F-432: techo y pernos de anclaje con accesorios.
- ASTM A-615: indicadas en las presentes especificaciones técnicas para las barras deformadas y de lingotes de acero, pianos de refuerzo de concreto.
- ASTM A-36: especificaciones para acero estructural.
- ASTM A-325: especificaciones para pernos de anclaje estructurales de acero, con tratamientos al calor y resistencia a la tensión con un mínimo de 12 a 15 Tn.

El contratista deberá presentar a la supervisión las certificaciones de calidad de las barras a utilizar.

Placas de base de acero

Deben de cumplir con la norma ASTM A-36 (especificaciones para acero estructural) y que reúnan las criterios de carga y deflexión establecida en la norma ASTM F-432. Con la siguiente característica A36 4.5 × 200 × 200mm. En donde lo apruebe el supervisor, podrán utilizarse canales de acero estructural y otros perfiles, en lugar de las platinas de apoyo. También serán aceptables platinas troqueladas de un espesor menor, si



se demuestra mediante ensayos, que no se pandean al aplicar la carga de trabajo.

Tuercas

Las tuercas serán de acero y deben de ser hexagonales salvo otra indicación de supervisor que deben de desarrollar una resistencia no menor del 125% de la resistencia del perno de anclaje para asegurar su fijación con denominación ASTM A194 25mm.

Arandelas

Las arandelas que se usaran con los pernos de anclaje deberán asegurar que haya transferencia de carga continua entre la tuerca y la placa de apoyo y estarán normadas por la ASTM A325; las colocaciones deben de estar indicadas en los gráficos, que podrían ser colocadas 2 (dos) arandelas biseladas (bóveda) y 1 (una) plana.

Material para inyección

Lechada de cemento con una dosificación 0.45, aditivo expansor dosificación 2kg de aditivo para 100kg de cemento.

Ejecución del trabajo

Las perforaciones destinadas a colocar pernos tensionados deberán tener un diámetro apropiado mostrado en los planos, para asegurar una adecuada fijación del anclaje. La instalación de los pernos para soporte de excavaciones se hará dentro de las ocho siguientes a la voladura; y de preparación y limpieza de las superficies, o de preferencia deberán ser instalados inmediatamente después de que se haya perforado el taladro. No se debe perforar más taladros sin haber colocado los respectivos pernos para evitar contaminación por el polvo o material extrafino.



El contratista se organizara para efectuar esta operación coma parte de su rutina de trabajo y el equipo que use deberá permitir avanzar con la colocación de pernos lo más cerca posible del frente de avance en todo caso a una distancia no mayor de 5,0 m de este. En caso de que los pernos de roca próximos al frente sean dañados por las voladuras, serán removidas o cortadas a ras de la excavación y reemplazadas por otros, sin generar costo adicional.

También suministrara información referente al equipo para llenar las taladros con mortero de cementa o con resina, donde deberá de presentar un plan de trabajo o secuencias constructivas para la etapa de la aplicación de la inyección o emplear tubas plásticos u otro sistema similar.

Todos los taladros se perforarán normalmente a la superficie teórica de la roca, a no ser que el supervisor lo solicite o apruebe específicamente. Los taladros tendrán 50mm de diámetro y la profundidad será de 4.5m. Después de terminada la perforación, cada hueco se limpiara con chorros de agua y aire comprimidos, para remover las fragmentos de roca suelta y polvo. Se inyectara mortero o resina con una manguera hasta el fondo de la perforación hasta una distancia de $\pm 70\text{cm}$.

Los pernos solamente llevaran arandelas planas. La tensión a la que deberá quedar el perno será indicada en las pianos y deberá controlarse par media del torque que se aplique a las tuercas o del tensado que se aplique a la barra. Las tuercas deberán quedar accesibles de manera que permitan verificaciones del torque aplicado y posibles tensados posteriores.

Cuando el extrema exterior de las pernos no vaya a quedar cubierto permanentemente par concreto o concreto lanzado, se protegerán todas las superficies de las platinas de apoyo y arandelas, antes de su colocación, con dos capas de pintura a base de óxido de plomo, comercialmente conocidos coma minio. Antes de aplicar la pintura, las superficies de estos elementos deberán quedar libres de aceite, grasa, herrumbre o salpicaduras de cementa.



Cuando las extremos exteriores de las pernos vayan a estar embebidos en concreto, se tendrá cuidado en dejar las superficies metálicas libres de grasas, aceites, o cualquier otra materia extraña.

MEDICIÓN

La unidad de medida será la unidad (und), de barra instalada en el interior de la roca, con aproximación al décimo de metro, debidamente aceptada por el supervisor.

PAGO

El pago se hará al precio unitario real para el ítem: “PERNOS DE ANCLAJE”. Dichos precios incluirán los costos relacionados con el suministro de las pernos con todos sus accesorios, aditivos, y las demás trabajos necesarios para ejecutar la perforación y lavado de las huecos y la instalación.

05.02.02.02 PERNOS DE ANCLAJE ACTIVO D=25mm x 4.5m (UND)

06 RESTAURACION PAISAJISTA/PROTECCION AMBIENTAL

07 EQUIPAMIENTOS VARIOS Y SEGURIDAD

07.01 RECURSOS PARA LA PREVENCIÓN DE LA SALUD EN OBRA ANTE EL COVID-19 (GLB)

DESCRIPCIÓN

La presente partida comprende la elaboración del plan de prevención y salud frente al covid-19 para la presente obra, este plan será elaborado por



una persona especialista (ingeniero de seguridad e higiene ocupacional) donde se detallará el plan de acciones a seguir para la prevención de contagio del Covid-19, donde se deberán adoptar las medidas necesarias siguiendo las recomendaciones dictadas para cada tipo de trabajo a realizar.

Así mismo este supervisara su implementación y administración durante el tiempo que dure la obra, Este se realizara de acuerdo a cada partida a ejecutar.

Esta partida comprende la elaboración de los siguientes planes:

- Plan de Prevención y Salud en el Trabajo frente al Covid-19.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La unidad de medida será de forma global (GBL).

VALORIZACIÓN

Se pagará de acuerdo a lo estipulado en costos unitarios, colocada y aceptada por el Supervisor al precio pactado correspondiente a la partida, cuyo precio y pago constituye compensación total por el desarrollo, implementación y administración del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo frente al Covid-19.

08 OBRAS COMPLEMENTARIAS

09 VARIOS, SEGURIDAD Y SALUD

09.01 EQUIPOS DE PROTECCION COLECTIVA (UND)



IDEM: 09.02

09.02 EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (UND)

DESCRIPCIÓN

Esta partida está referida al equipamiento de implementos de seguridad, necesarios para el normal desempeño en obra del personal obrero a cargo.

EQUIPO

Se utilizará pantalones, camisas y zapatos de seguridad, así como también equipo menor como mascarillas anti polvo, botas de jebe, lentes de seguridad, guantes de cuero, tapones de oído, etc.

MÉTODO DE MEDICIÓN

La medición de la partida se hará en unidad (und) de acuerdo a requerimiento del residente y aprobación de la supervisión y proporcional a la cantidad y al tiempo a emplearse para la ejecución de la obra.

VALORIZACIÓN

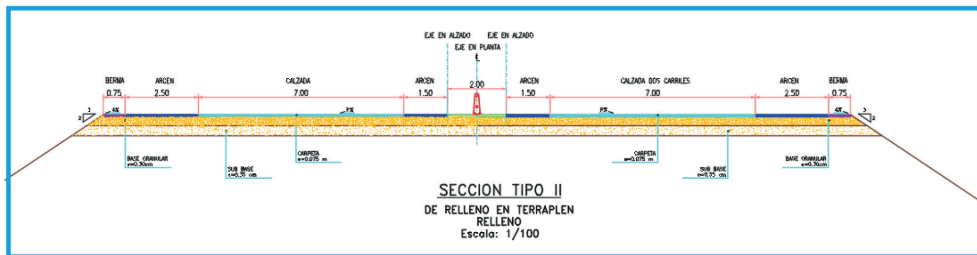
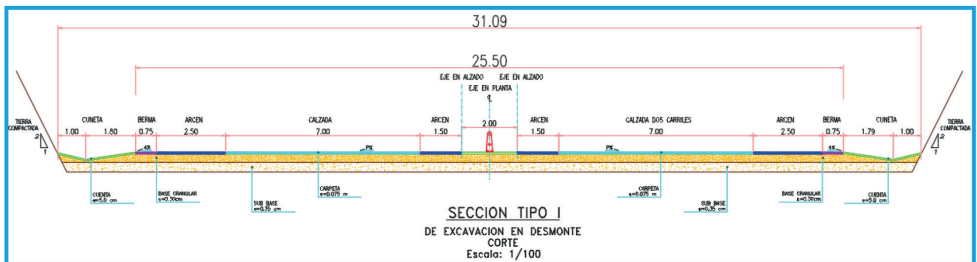
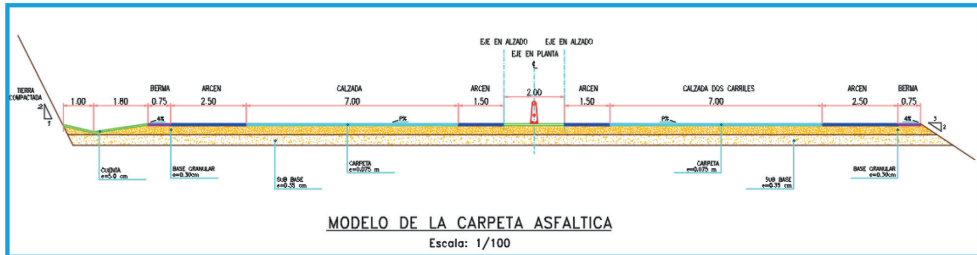
Será de acuerdo al precio unitario establecido en el análisis de costos unitarios.



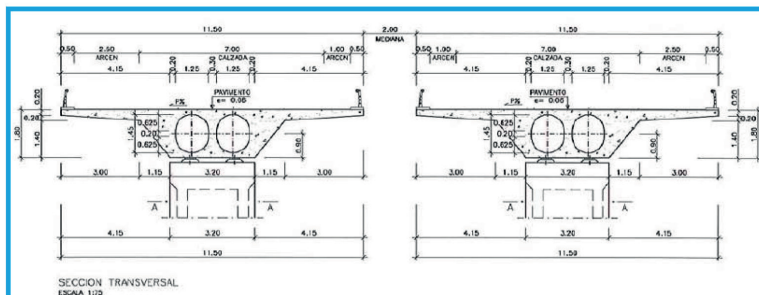
Anexo 4

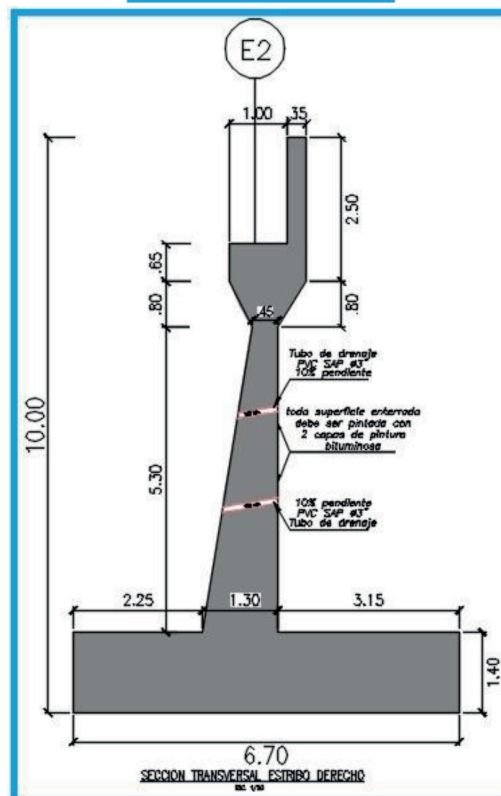
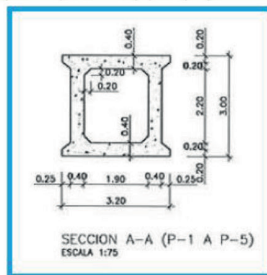
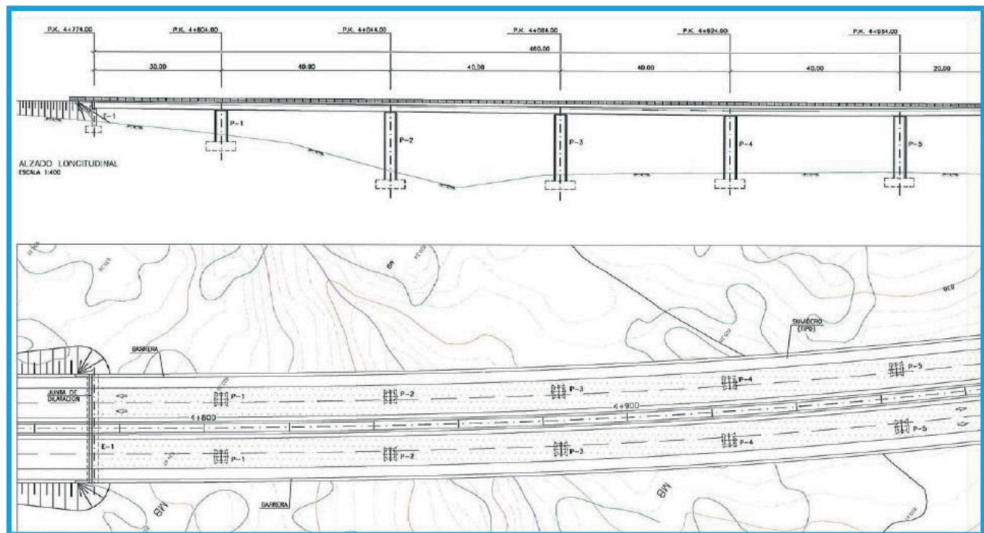
Planos referenciales

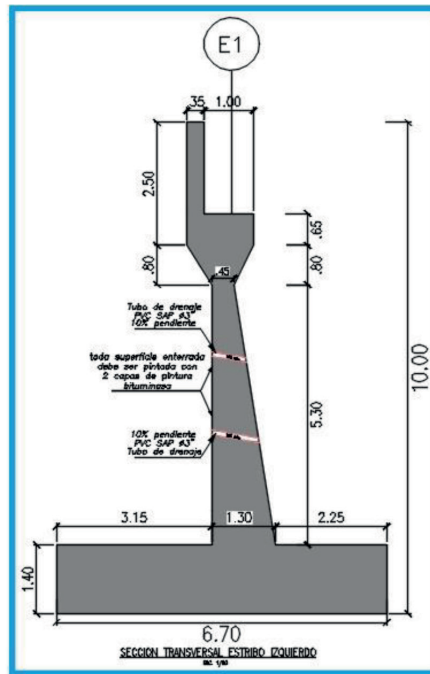
Los planos mostrados corresponden la sección de la carretera



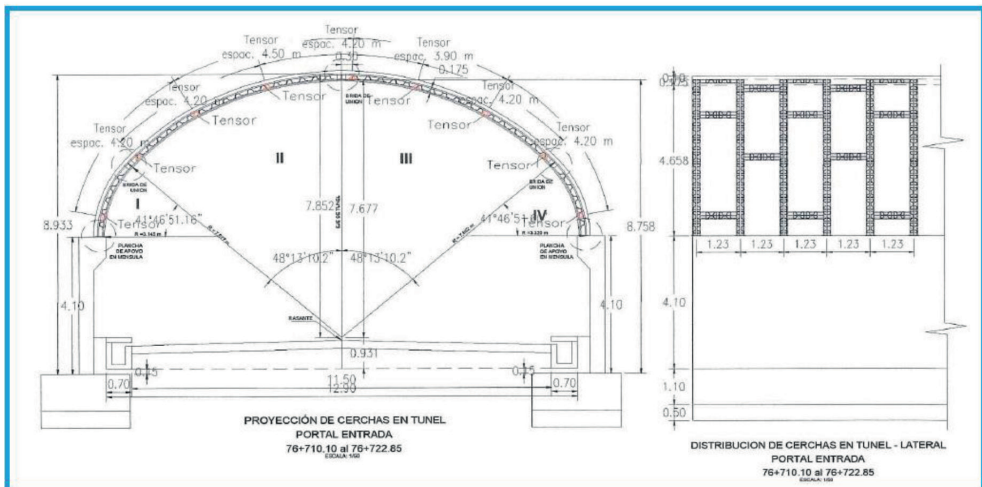
Los siguientes planos corresponde a los puentes, tableros, pilares y estribos







Los estribos mostrados son referenciales, esto debido a que no tenemos la información. Además, los metrados correspondientes obedecen a esta geometría para las partidas de estribos.



Plano referencial del túnel

