



FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTACIÓN DE CALLES PERIMETRALES DE LA PLAZA ABATE MOLINA DE LA CIUDAD DE TALCA.

Memoria para optar al título de Ingeniero Constructor.

Profesor guía: Enzo Arellano Ramos

Pedro Rebolledo Bustamante
CURICÓ-CHILE
2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular stamps and signatures are present. The left stamp is blue and contains the text "UNIVERSIDAD DE TALCA", "DIRECCIÓN", "SISTEMA DE BIBLIOTECAS". A signature is written over it. The right stamp is grey and contains the text "UNIVERSIDAD DE TALCA", "SISTEMA DE BIBLIOTECAS", "CAMPUS CURICO". A signature is written over it.

Curicó, 2023

DEDICATORIA

Durante los años que llevo en la universidad han habido momentos difíciles más que de felicidad y durante ellos siempre ha estado ese apoyo ya sea de mi grupo de amigos o de alguien en el camino que me ayudo a salir adelante y no dejar este proceso sin un fin, este logro va dedicado principalmente a mis papas Pedro Rebolledo y Erika Bustamante y hermana Javiera Rebolledo que son pilares fundamentales en mi vida, ya que sin ellos nada de esto habría sido posible, tratando de mejorar día a día como persona y en lo profesional para entregarles felicidad y orgullo a ellos.

Además, agradecer a amigos, compañeros y personas que durante mi camino cuando necesite de su ayuda me brindaron una palabra o consejo y guiaron para poder sacar el problema que se me presentara adelante, además de nunca desconfiar de que yo podía sacar mi carrera. Mencionar a los profesores a lo largo de este proceso que me ayudaron a formarme como un gran profesional y entregaron algún consejo para llevar sus ramos de mejor manera.

Agradecimiento especial al profesor Enzo Arellano quien fue mi profesor guía tratando de sacar lo mejor de mí a lo largo del año de desarrollo de esta, además tuve la oportunidad de aprender de sus conocimientos en varios ramos a lo largo del proceso educativo en la universidad de principio a fin.

ÍNDICE

ÍTEM	PÁGINA
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	5
1.1. Introducción.....	6
1.2. Objetivos	7
1.2.1. Objetivo general:	7
1.2.2. Objetivos específicos:	7
1.3. Justificación	8
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	9
2.1. Antecedentes Históricos	9
2.1.1. Historia de los pavimentos y carreteras	9
2.1.2. Adoquín	15
2.1.3. Asfalto	19
2.1.4. Hormigón.....	24
2.2. Porcentaje de construcciones según materialidad del pavimento.....	29
3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	32
3.1. Método de Investigación	32
3.2 Selección de la Muestra.....	33
3.2.1. Variables de Análisis	33
3.2.2. Hipótesis.....	33
3.2.3. Metodología	34
3.3 Trabajo Desarrollado.....	36
3.3.1 Plan de trabajo	36
3.4 Levantamiento Topográfico	37
3.4. Diseño.....	40
3.4.1 Diseño de pavimento Flexible.	40
3.4.2 Diseño de pavimento Rígido.....	43

3.5. Construcción.....	46
3.5.1. Construcción de Adoquín.....	47
3.5.2. Construcción de Asfalto.....	50
3.5.3. Construcción de Hormigón.....	53
3.6. Presupuestos	56
3.6.1 Presupuesto Adoquín	57
3.6.2 Presupuesto Asfalto	58
3.6.3 Presupuesto Hormigon.....	59
4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS.	60
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
Bibliografía	63
ANEXOS.....	65

RESUMEN

Los pavimentos en Chile son un tema en el día a día, por el estado o calidad que se encuentran, por lo que se desarrollara el estudio del diseño y construcción de tres tipos de pavimentos, los cuales son adoquín, asfalto y hormigón. Mediante los cuales se buscará dar solución al problema, el cual es que las calles perimetrales de la plaza Abate Molina de Talca no se encuentran en buenas condiciones, además que la materialidad que poseen actualmente no es la adecuada para el tránsito que tienen diariamente, producto de esto se generan molestias de parte de las personas que utilizan estas calles.

Por lo que se llevarán a cabo y evaluarán tres factores para determinar cuál será la solución más factible para este tipo de calles, en primera instancia se llevara a cabo el diseño con las características de suelo y nivel de tráfico que posee, evaluando dos tipos de diseños para pavimentos rígidos y pavimentos flexibles, una vez determinado el diseño se podrá pasar a definir y establecer el procedimiento constructivo que tendrá cada materialidad según corresponda, determinado además a través de una carta Gantt los tiempos aproximados que se pueden desarrollar los pavimentos para cada materialidad, finalmente se desarrolló un presupuesto para cada materialidad con el fin de determinar cuál de las materialidades tiene un menor costo o más accesible para el desarrollo del proyecto.

Con los factores considerados anteriormente para cada materialidad se podrá definir cuál es la mejor solución para las tres calles en estudio, entregando en detalle por que se eligió una de ellas y las otras no, basándose en el tiempo, costo y calidad de cada una.

Según los factores estudiados y no tan solo tomando en cuenta cual es el más económico o el que menos tiempo de ejecución tiene, se determinó que el más factible para el tipo de calles que se está buscando una solución es el hormigón, producto de que su materialidad es más amigable con sus usuarios, tiene un tiempo de duración más extenso a las otras dos materialidades además no requiere reparaciones en un corto plazo, tomando en consideración que las calles aledañas a las que se modificaran se encuentran actualmente de hormigón, siendo más amigables continuar ese tipo de material y no variar el aspecto con diferentes materialidades en calles contiguas.

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

El aumento de la población en las ciudades de las primeras civilizaciones, llevo a la necesidad de comunicación y comercialización o intercambio de suministros con otras regiones, surgiendo así las carreteras.

La piedra fue uno de los primeros materiales que conto el hombre, ya que servía de materia prima para la construcción de objetos, estimando que en el 3000 a.C. se construyeron los primeros caminos a suelo firme. Durante el avance de los años y acercándonos más a la actualidad, en la constante búsqueda de mejoras constructivas y de materialidad, se llega a uno de los grandes avances en la materia en los Estados Unidos a través de la fabricación de nuevas capas asfálticas, las cuales tienen una mayor flexibilidad en el desplazamiento de los autos. Debido al crecimiento demográfico durante el siglo XIX se realizan nuevas vías de transporte, el cual es capaz de soportar el peso de los renovados autos y transportes de carga. A partir del año 1905 comienza a utilizarse el hormigón como material para la construcción de las carreteras.

A pesar de que actualmente la mayoría de las calles están construidas en base a hormigón o asfalto, siguen existiendo calles de otra materialidad más antigua las cuales no son fáciles de reemplazar o mejorar debido a su registro histórico. Es este caso en particular el que se presenta en las calles perimetrales de la plaza Abate Molina en la ciudad de Talca.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

- Estudiar una carpeta de pavimento para 3 calles perimetrales de la plaza Abate Molina de Talca, evaluando tres tipos de solución y determinado la mejor alternativa tanto funcional como económica. Dando un mejor ambiente y calidad de vida a los vecinos del sector, además de hacer más amigable ésta ruta con los usuarios recurrentes.

1.2.2. Objetivos específicos:

- Analizar de forma visual y topográfica el estado actual de las calles a pavimentar.
- Estudiar factibilidad técnica para cada uno de los diseños de pavimentos que se estudiaran como solución, para poder ver factibilidad.
- Evaluar si económicamente es factible el proyecto.
- Analizar el proceso constructivo de cada diseño, en estudio. Con el fin de ver de qué forma y como se lleva a cabo cada proceso según materialidad.
- Realizar el estudio comparativo tanto técnico como económico entre las soluciones planteadas, con el fin de elegir la mejor opción posible para este tipo de proyecto.

1.3. Justificación

Estas calles perimetrales actualmente no se encuentran en buenas condiciones, produciendo varios problemas con los usuarios, por lo que se tendrá que mejorar o cambiar el pavimento de éstas, sin embargo, no se puede realizar de un momento a otro, por lo que se estudiarán alternativas posibles.

Otro problema que presenta la pavimentación es que la materialidad actual de las calles no es la adecuada para el tráfico que posee en el día a día, generando mayores posibilidades de accidentes y molestia en sus usuarios por el deterioro de sus vehículos. Por lo que la solución que se presentará será el diseño de tres tipos de pavimentos posibles, de hormigón, asfalto y adoquín, los cuales son del tipo más convencional en comparativa con el que se posee actualmente, dotando de una carpeta de rodado mejor que la que poseen estas calles en la actualidad. Una vez definido eso se verá que material es más conveniente, tanto técnica como económicamente, para la problemática en cuestión, dando así una mejora que beneficiara a sus usuarios constantes y la comunidad en general.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Históricos

2.1.1. Historia de los pavimentos y carreteras

Pavimentos y Carreteras a nivel mundial

Los medios de comunicación por tierra, agua y aire son conocidos como motores de la vida social, y poderosos instrumentos de la civilización, apareciendo en cada uno de ellos variedades que dependen de la clase de elemento y de su manera de utilizarlo. Las vías de comunicación han sido por siempre, el elemento indispensable en el desarrollo social, político, religioso, económico, y cultural de la humanidad.

Con la agricultura y estabilidad del clima, los obliga a permanecer en un lugar (neolítico el 8000 a.C.), volviéndose sedentarios lo cual los obliga a crear herramientas de trabajo, descubre la alfarería y el hilado. Se crean aldeas y el clan familiar se constituye en una de las fortalezas del grupo humano. Al crecer la población se hace necesario el intercambio de productos con otras aldeas, estableciéndose “rutas de enlace”.

Posteriormente se crean las ciudades y por lo tanto la necesidad de construir calles, descubriendo que es más fácil transportar su carga en trineos que en su espalda. La domesticación de los animales le permito al hombre, transportar mayores cargas en caballos y otros animales. Con el descubrimiento de la rueda, se mejoran los medios de transporte (en el 3500 y el 3000 a.C. en la antigua Mesopotamia). Los radios en la rueda se emplearon aproximadamente en el 2000 a.C., en vehículos que requirieron de una faja de terreno especialmente preparada para darle fluidez. (BuenasTareas, 2022)

Aunque las carreteras tal y como hoy las conocemos, no han existido hasta el siglo XX, no hay que olvidar que algunos de los considerados métodos modernos fueron descubiertos hace algunos siglos. Así, el Tratado legal y político de caminos públicos. De esta forma, para comprender la concepción y génesis de las carreteras actuales se hace necesario profundizar en su historia.

Entre los primeros constructores de carreteras se encuentran los mesopotámicos, hacia el año 3500 a.C. La Carretera Real Persa es considerada la carretera más antigua de larga distancia, que estuvo en explotación desde el año 3.500 a.C. hasta el año 300 a.C. El recorrido del Camino Real Persa ha podido ser reconstruido a partir de los escritos de Heródoto (en el 450 a.C.), historiador griego del siglo V a.C.

Los chinos, construyeron la Ruta de la Seda (la más larga del mundo) durante 2.000 años, y desarrollaron un sistema de carreteras en torno al siglo XI a.C. Su momento de máximo esplendor fue hacia el año 200 a.C. Su conexión con la red de calzadas romanas dio lugar a la más larga ruta del mundo, empezaba en Cádiz en el Atlántico, y terminaba en Shanghái en el Pacífico. Su longitud era de 12.800 km. (Ramos, 2007) Ver Ilustración 1:



Ilustración 1: Ruta de la Seda

Fuente: (Ramos, 2007)

Los Incas de Sudamérica, que desconocían la rueda, construyeron una avanzada red de caminos que iban desde Quito (Ecuador) al sur de Cuzco (Perú). Se utilizaban exclusivamente por peatones y animales de carga (llamas). El camino de la costa tenía 3.600 km y el camino de la cordillera de los andes tenía 2.640 km. Entre ambos existían caminos transversales de enlace.

Existía en la antigua Babilonia, alrededor del año 700 a.C. un sistema de antiguas carreteras que unían palacios y templos; estaban construidas con ladrillo cocido y piedra unidos con mortero bituminoso. Se les consideran las precursoras de las vías romanas. Los escritos de Heródoto (en el año 450 a.C.), mencionan las vías construidas en Egipto para transportar los materiales con los que construyeron las pirámides y otras estructuras monumentales levantadas por los faraones.

En china, las carreteras imperiales coexistieron con la carretera Real Persa. Eran amplias, bien construidas y cubiertas de piedra. Jugaron un papel análogo a las calzadas romanas en Europa y Asia menor. La longitud de la red era de unos 3.200 km. (Ramos, 2007)

Una de las grandes impulsoras de la evolución de las carreteras fue la civilización romana, dejando hasta hoy (y aún en buenas condiciones) una vasta red de carreteras. De esta época data la mayor parte de la red de la península italiana. Así, en la cumbre de su poder, el Imperio romano tenía un sistema de carreteras de unos 100.000 km, consistente en 29 calzadas que partían en la ciudad de Roma, y una red que cubría todas las provincias conquistadas importantes.

Las calzadas romanas tenían un espesor de 90 a 120 cm, y estaban compuestas cuatro capas básicas:

- Bloques lisos, poligonales encajados en la capa subyacente.
- Capa baja integrada por grava y arena ligada con mortero de cal.
- La tercera capa estaba compuesta por piedras más pequeñas también ligadas con mortero de cal.
- Dos o tres niveles de piedras planas fijados con mortero de cal.

La primera incursión en los firmes modernos de hoy se le puede atribuir a Thomas Telford. El sistema de Telford implicaba cavar una zanja e instalar cimientos de roca pesada. Los cimientos se levantaban en el centro para que la carretera se inclinara hacia los bordes permitiendo el desagüe. Así pues, la sección de firme de Telford (construida hacia el año 1780), fue de 35 a 45 centímetros distribuidos generalmente en tres capas. La capa inferior o cimiento de árido grueso (tamaño hasta 100 milímetros) y de un espesor de 7,5 a 18 centímetros. Encima de esta capa se colocaban dos capas de áridos de unos 65 milímetros de tamaño máximo y espesor de 15 a 25 cm y finalmente encima de ésta una capa de 4 cm de grava densamente compactada. Se estima que este sistema soportaría una carga cercana a 88 N/mm. (Ramos, 2007)

Posteriormente, John McAdam observó que la mayor parte de los caminos británicos pavimentados en el siglo XIX estaban compuestos por grava redondeada. Utilizó una superficie inclinada del subsuelo para mejorar el drenaje, (McAdam mantenía que la tierra bien drenada soportaría cualquier carga) en la cual puso árido angular (tamaño máximo de 75 milímetros) en dos capas para una profundidad total cercana a los 20 centímetros. Encima de esta capa se colocaban 50 milímetros de árido grueso con un tamaño máximo de 25 milímetros. La razón de utilizar el tamaño de árido máximo de 25 milímetros (1 pulgada) era proporcionar un pavimento “liso” para las ruedas del carro. Así, la profundidad total de un pavimento típico del macadán era cerca de 250 milímetros. (Ramos, 2007)

En el año 1850, cerca de 2.200 kilómetros de firmes tipo macadán estaban en funcionamiento en las áreas urbanas del Reino Unido. El primer pavimento del macadán en los EE. UU. se construyó en Maryland en el año 1823. Sin embargo, los cimientos de tierra de las carreteras macadamizadas no pudieron soportar los camiones pesados que se utilizaron en la I Guerra Mundial. Como resultado, para construir carreteras de carga pesada se adoptó el sistema de Telford, ya que proporcionaba una mejor distribución de la carga de la carretera sobre el subsuelo subyacente.

La popularidad de la bicicleta, que comenzó en la década del año 1880, y la introducción del automóvil una década más tarde, llevaron a la necesidad, de tener más y mejores carreteras. Como medida correctiva, se utilizó alquitrán de hulla, alquitrán, y aceites, como aglomerantes de superficie en primer lugar, y como soportes de penetración en el firme de macadam en segundo lugar. El primer firme de macadán recubierto con alquitrán se colocó en Nottingham (camino de Lincoln) en el año 1848.

Poco después del proyecto de Nottingham, se construyeron firmes de macadán del alquitrán en París (en el año 1854). En Washington en el año 1871, se utilizó extensivamente un “pavimento del alquitrán” realizado a partir de roas asfálticas y de asfaltos naturales, para la construcción de carreteras.

Hacia el año 1870, como consecuencia del desarrollo de la industria del petróleo, se comenzaron a emplear betunes de destilación para la fabricación de mezclas, pero no fue hasta finales del siglo XIX, cuando el norteamericano C. Richardson, (KRAEMER et al, 2004) sentó las bases de la tecnología de la pavimentación con mezclas bituminosas, aunque la industria de la fabricación no se desarrolló hasta después de la primera guerra mundial. (Ramos, 2007)

El transporte por carretera a partir del año 1920 comenzó un rápido proceso de transformación a nivel mundial, aumentando enormemente el tráfico, especialmente el tráfico pesado, lo que motivó el desarrollo de un procedimiento de diseño de firmes y de nuevas tecnologías, tanto en Europa como en América, para adaptar las carreteras a las nuevas y crecientes necesidades. El más conocido de todos los métodos de dimensionamiento de firmes y prácticas de construcción, es el “AASHO Road Test” llevado a cabo en Ottawa (Illinois, USA) desde el año 1958 al año 1960. En ella se recogían los resultados de dicho ensayo y se introducían conceptos como nivel de servicio, ejes equivalentes, etc., que luego se han empleado en todo el mundo para el dimensionamiento de firmes. Asimismo, la Guía incluía un método empírico de cálculo de espesores de capas en función de la intensidad del tráfico pesado. (Ramos, 2007)

Pavimentos y Carreteras en Chile

Los antiguos caminos de Chile datan del tiempo de los incas, quienes utilizaban las llamas como animales de carga; en ese tiempo aún no se utilizaba la rueda, pero existían de igual forma buenos caminos de hasta 6 metros de ancho. El camino más usado de entonces era el que iba desde la Costa de Ecuador hasta el Centro de Chile con un total de 6.400 Km. de largo, llamado “Camino del Inca”. Ver Ilustración 2:



Ilustración 2: Realización de primeras rutas.

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, s.f.)

Sin duda el camino más transitado en esa época era el de Santiago a Valparaíso que estuvo en servicio desde el año 1560 hasta el año 1797. Partía desde Santiago hasta Melipilla - Cuesta Ibacache - Casablanca y llegaba a Valparaíso después de un recorrido de 185 Kms. las carretas tiradas por bueyes demoraban entre 7 y 8 días en realizar el viaje, mientras que los coches arrastrados por caballos hacían el viaje en dos o tres días.

Con el advenimiento de la Independencia, se inició el proceso de institucionalización de la red vial, ya que en el año 1820 el director Supremo Don Bernardo O'Higgins dictó un Decreto reglamentando las características de los caminos en las zonas rurales y de las calles nuevas que se abrieran en las ciudades. Más tarde, durante el Gobierno de Don José Joaquín Prieto, se promulgó en el año 1837 un Decreto Ley que encomendó al Ministerio del Interior todo lo concerniente a las obras públicas, y en el año 1842 se dictó la Ley de Caminos, Canales, Puentes y Calzadas, que dividió las rutas en públicas y vecinales. (Ministerio de Obras Públicas, s.f.)

Posteriormente, al fundarse el Ministerio de Industrias y Obras Públicas en el año 1887, el Cuerpo de Ingenieros se incorporó a la Sección Puentes, Caminos y Construcciones Hidráulicas, pero es sólo a partir del año 1920, cuando algunos automóviles empiezan a surcar con dificultades los caminos nacionales, cuando se formula una política de mejoramiento y construcción vial. (Ministerio de Obras Públicas, s.f.)

Años más tarde, en el año 1925, se crea el Departamento de Caminos del Ministerio y, en ese mismo año, se reúnen en Buenos Aires representantes viales de los países de las tres Américas, concluyendo, entre los acuerdos principales, como tarea primordial construir una carretera que enlazara a todos estos países, lo que hoy día se conoce como la Carretera Panamericana.

Luego, en el año 1953 se reorganizan los Servicios del Ministerio, creándose la actual Dirección de Vialidad, la que desde entonces continúa con su labor inagotable, entre las que se destaca a fines del año 1964, el término de la pavimentación del camino longitudinal ya mencionado, desde Arica por el Norte hasta Puerto Montt y Pargüa por el Sur, instalando un transbordador con embarcaderos adecuados para pasar a la Isla de Chiloé, cuyos primeros treinta kilómetros de caminos también quedan pavimentados. (Ministerio de Obras Públicas, s.f.)

Paralelamente, se realiza la pavimentación de los principales caminos transversales y se continúa con la construcción de innumerables puentes definitivos para unir diversas localidades del país. Así, los 35 mil kilómetros de tierra que formaban la red vial en el año 1920 llegaron a ser en el año 1960, más de 63 mil, de los cuales, 5.500 eran pavimentados, alcanzando en el año 2010 a ser cerca de 80.000 kms. de red vial contabilizada como a cargo de la Dirección de Vialidad, de los que cerca de 18.000 son pavimentados y de estos últimos, casi 3.000 corresponden a carreteras concesionadas de doble calzada que están a cargo de la Coordinación General de Concesiones. (Ministerio de Obras Públicas, s.f.)

2.1.2. Adoquín

El nombre adoquín proviene de una palabra árabe que quiere decir "piedra escuadrada". Los adoquines son piedras o bloques labrados de forma rectangular hechos mayormente de granito (debido a su gran resistencia y la facilidad para su tratamiento) Los adocretos son piezas prismáticas de hormigón comúnmente con una geometría tal que permite el ensamblaje con otras piezas idénticas para obtener una superficie continua. Sus dimensiones suelen ser de 20 cm de largo por 15 cm de ancho, lo cual facilita la manipulación con una sola mano. En Italia, las vías imperiales romanas solían construirse con bloques cilíndricos de basalto que le daban un color negro al pavimento. Por otra parte, el lento enfriamiento de la lava en las coladas volcánicas formaba columnatas cilíndricas prismáticas y a menudo hexagonales que facilitaron muchas veces su aprovechamiento para pavimentar las vías que cruzaban todo el territorio imperial romano.

Ver ilustración 3:



Ilustración 3: Primeros Usos Adoquines

Fuente: (Fenollar, 2018)

Su origen se remonta a hace 25 siglos. Los cartagineses y romanos los utilizaban en sus grandes vías para dotarlas de rapidez y duración. Para lograr un transporte más cómodo se vio la necesidad de conseguir una superficie de rodamiento más continua y esto no se podía lograr con el empedrado anterior, que consistía en piedras sin tallar en estado natural. (Portals, 2022)

Desde la época romana, el pavimento de adoquines se ha utilizado para carreteras en pueblos y ciudades europeas. También los adoquines fueron las piedras originales que se utilizaron como material de pavimentación durante el siglo XV en muchos países europeos. Fueron utilizados con el propósito de pavimentar directamente sobre caminos de tierra con el fin de proporcionar un ambiente más limpio y seguro para los caballos, carruajes, carros y la humanidad.

El proceso típico de construcción de calles y caminos de pavimento de adoquines era recolectar adoquines a lo largo de las orillas y los lechos de los ríos, luego se colocaban en arena y se unían con mortero para crear calles y caminos pavimentados.

El mayor beneficio de usar adoquines para cubrir calles y caminos de tierra durante el siglo XV se debe a que los adoquines fueron el material natural más fuerte disponible para el hombre, ya que los adoquines también eran conocidos como excepcionalmente duraderos. Otro beneficio fue que fueron fáciles de eliminar de las orillas del río en lugar de cincelar o tallar piezas individuales de bloques más grandes de piedra natural. En tercer lugar, eran gratis y cualquiera podía recogerlos para sus propios fines.

En el América precolombina son comunes los caminos empedrados con piedras de los ríos de la región. Se fabricaron adoquines de barro cocido y madera, durante los siglos XVIII y XIX en Europa y América. El desarrollo del concreto como materia prima, trajo consigo la aparición de elementos prefabricados, como los adoquines de concreto. (Fenollar, 2018), como se muestra en la ilustración 4.



Ilustración 4: Adoquines

Fuente: (SL, 2018)

Fabricación de adoquines de concreto

Debido a la gran variedad de formas y aplicaciones, durante su proceso se emplean diferentes métodos que van del colado directo, hasta la utilización de la más sofisticada maquinaria, en la cual la dosificación de los materiales se aplica por medio de computadora. Los adoquines pueden ser fabricados, además, agregando pigmentos al hormigón obteniendo elementos de distintos colores, alternativa a la que se recurre en el caso de veredas, sendas peatonales, plazas, accesos vehiculares y otros. Color y diseño sin límites. Sus diferentes formatos y colores generan una infinidad de combinaciones y formas geométricas que convierten el pavimento en una superficie atractiva y singular completamente integrada en el paisaje urbano. El adoquín cerámico ofrece una amplia gama de posibilidades expresivas que están al servicio del proyectista para que desarrolle toda su creatividad, y pueda integrar el pavimento a su entorno. (GUSTAVO, 2007)

Ver ilustración 5:



Ilustración 5: Adoquín Fabricado de Hormigón

Fuente: (CORBLOCK)

La fuerza del pavimento de adoquines

El pavimento de adoquines tiene una fuerza tan tremenda que aún existen calles y caminos empedrados que se construyeron hace siglos en los países europeos y que todavía existen en la actualidad. Un buen ejemplo es en Francia, donde todavía quedan secciones de calles empedradas y son puntos destacados para los competidores de ciclismo en la carrera ciclista del Tour de Francia.

Las calles y carreteras de adoquines originales tienen mucha historia sobre ellos y eso es lo que los convierte en un hito histórico tan especial y único. Algunas calles de adoquines originales y edificios de adoquines en todo el mundo están protegidas por la ley, ya que nunca pueden ser reemplazados o eliminados debido a la importancia que brindan en términos históricos. (GUSTAVO, 2007)

La aparición del automóvil hizo crecer el ritmo de la pavimentación y el adoquinado dejó de ser rentable. Hoy se utilizan los adoquinados con motivos estéticos y todavía muchos de los antiguos se encuentran en servicio y en buen estado, incluso en Bélgica y Francia se suelen utilizar para competiciones ciclistas, prueba de la gran robustez de este sistema. Asimismo, se han desarrollado adoquines de hormigón, los cuales se utilizan de manera similar a los antiguos adoquines de piedra y dan origen a lo que se denomina pavimentos articulados. A veces, a los adoquinados modernos se les añaden colorantes buscando un mejor resultado estético. (Portals, 2022)

De acuerdo con lo mostrado en la Ilustración 6:

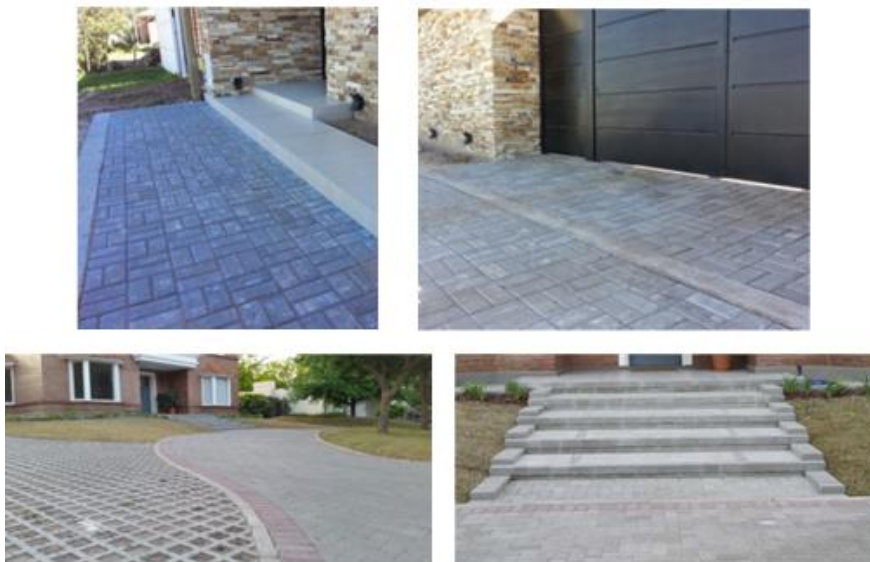


Ilustración 6: Terminaciones de Adoquines

Fuente: (CORBLOCK)

2.1.3. Asfalto

El asfalto es, sin lugar a duda, uno de los materiales más antiguos utilizados por el hombre. Excavaciones arqueológicas revelan su empleo en épocas anteriores a nuestra era. Es así como por los años 3.000 al 2.500 a.C., en Mesopotamia era utilizado como aglomerante en trabajos de albañilería y construcción de caminos y como impermeabilizante en estanques de agua y baños sagrados. Similares antecedentes se tienen de los años 2.500 al 500 a.C. en Babilonia y del 1.440 al 600 a.C. por los Asirios; incluso las citas bíblicas hablan de su empleo, como impermeabilizante en el arca de Noé.

En el sector de la construcción, la utilización más antigua se remonta aproximadamente al año 3200 a.C. Excavaciones efectuadas en TellAsmer, a 80 km al noreste de Bagdad, permitieron constatar que los Sumerios habían utilizado un mastic de asfalto para la construcción. Dicho mastic, compuesto por betún, finos minerales y paja, se utilizaba en la pega de ladrillos o mampuestos, en la realización de pavimentos interiores (de 3 a 6 cm de espesor), para tratamientos superficiales externos de protección y como revestimiento impermeable en los baños públicos. Este género de aplicaciones se repite en numerosas regiones de Mesopotamia, al igual que en el Valle del Indo (Mohenjo-Daro). A la sazón, la civilización Egipcia le habían encontrado otra aplicación al betún, como relleno del cuerpo en trabajos de momificación, práctica que se extiende aproximadamente hasta el año 300 a.C. (ACADÉMICA, 2017)

Ver Ilustración 7:



Ilustración 7: Pavimento de Asfalto

Fuente: (ACADÉMICA, 2017)

Luego en el año 1595, Sir Walter Raleigh descubriera grandes yacimientos de la isla trinidad, se amplió el uso de asfaltos naturales. Las pavimentaciones pioneras datan del año 1802 en Francia, el año 1838 en Estados Unidos y el año 1869 en Inglaterra.

La construcción del primer pavimento, tipo Sheet Asphalt (capa impermeabilizante), ocurre en el año 1876 en Washington D.C., con asfalto natural importado. En el año 1900 aparece la primera mezcla asfáltica en caliente, utilizada en la rue du Louvre y en la Avenue Victoria en París, la cual fue confeccionada con asfalto natural de la Isla de Trinidad. A partir del año 1902, se inicia el empleo de asfaltos destilados de petróleo en los Estados Unidos, que, por sus características de pureza y economía en relación con los asfaltos naturales, constituye en la actualidad la principal fuente de abastecimiento. (ACADÉMICA, 2017), ver Ilustración 8:



Ilustración 8: Carretera de Asfalto

Fuente: (blog, 2020)

Composición del Asfalto

A manera general el asfalto es un hidrocarburo muy viscoso, que se presenta en color marrón oscuro a negro, y que se produce a partir la destilación del petróleo. Este proceso de destilación puede ocurrir de manera natural, dando como resultado lagos de asfalto, o también puede ocurrir en una refinería de petróleo que utiliza petróleo crudo.

El asfalto es una mezcla natural o artificial en la que el betún está asociado con materia mineral inerte. Es de color negro o negro parduzco. A una temperatura entre 50 y 100 ° C está en estado líquido, mientras que a una temperatura inferior a esta permanece en estado sólido.

Es una mezcla de materia mineral inerte, cal, alúmina, cal, sílice, etc. y un hidrocarburo conocido como betún asfáltico. En algunos lugares el asfalto está disponible en la naturaleza a una profundidad de 3 a 60 metros. Se le conoce como asfalto natural. La variedad común utilizada en todo el mundo es el asfalto residual, que se obtiene por destilación fraccionada de petróleo crudo. (GEOLOGIAWEB, 2022), ver Ilustración 9:

Debido a que es un material termoplástico, se ablanda a medida que se calienta y se endurece a medida que se enfría. Es el material de pavimentación básico en uso hoy en día (GEOLOGIAWEB, 2022)



ilustración 9: Asfalto Natural

Fuente: (GEOLOGIAWEB, 2022)

Los materiales bituminosos que se utilizan en pavimentación se clasifican

Alquitranes:

Los alquitranes para pavimentación resultan de los procesos de refinación de alquitranes en bruto, que se originan en la destilación de la hulla, durante la fabricación de gas y carbón coque. Los asfaltos son materiales aglomerantes, de color oscuro, constituidos por mezclas complejas de hidrocarburos no volátiles de elevado peso molecular. Originarios de crudos de petróleo, en el cual están disueltos, pueden obtenerse ya sea por evaporación natural de depósitos localizados en la superficie terrestre (asfaltos naturales) o por procesos de destilación industrial.

Asfaltos:

Los asfaltos naturales pueden escurrir en depresiones de la superficie terrestre, constituyendo lagos de asfaltos, como los de las islas Trinidad y Bermudas, o aparecen impregnando los poros de algunas rocas, formando las denominadas rocas asfálticas como gilsonita. También se encuentran mezclados con impurezas minerales, con arenas y arcillas, en cantidades variables, siendo generalmente sometidas a procesos de purificación para ser utilizadas en pavimentación. (ACADÉMICA, 2017)

Asfaltos derivados del petróleo:

Los asfaltos más utilizados en Chile son los que provienen de la destilación del petróleo. Según el origen del petróleo, la composición de la base se divide en:

1. Base asfáltica.
 2. Base intermedia.
 3. Base parafínica.
- Los asfaltos para caminos provienen de los dos primeros tipos.

Para la obtención del asfalto, el petróleo es sometido a un proceso de destilación en el cual las fracciones livianas, como por ejemplo nafta y kerosene, son separadas de la base asfáltica por vaporización, fraccionamiento y condensación. La operación se desarrolla en una torre de fraccionamiento al vacío, con arrastre de vapor, a fin de lograr un proceso de refinado a temperaturas relativamente bajas, de manera de evitar un craqueamiento y como consecuencia la pérdida de sus propiedades aglomerantes.

El elemento aglomerante activo que constituye un asfalto se denomina bitumen. Con el objeto de establecer una distinción entre los términos asfalto y bitumen

- Asfalto: material aglomerante de consistencia variable, de color negro a café oscuro, cuyo constituyente predominante es el bitumen, pudiendo encontrarse en yacimientos naturales o ser obtenido por refinación del petróleo. Ver Ilustración 11
- Bitumen: mezcla de hidrocarburos pesados, obtenida en forma natural o por diferentes procesos físicos y químicos, con sus derivados de consistencia variable y con poder aglutinante e impermeabilizante, siendo completamente soluble en sulfuro de carbono. (ACADÉMICA, 2017). Ver Ilustración 10:



Ilustración 10: Bitumen

Fuente: (Ltd, 1996-2022)



Ilustración 11: Asfalto

Fuente: (ACADÉMICA, 2017)

2.1.4. Hormigón

Cuando el hombre desea construir de forma duradera, procede a utilizar como materiales minerales estables; una solución así consiste en tomar una piedra o roca y tallarla, lo cual limita las dimensiones, a menos que se cobije en la misma roca (cavernas, centrales subterráneas...). Esto fue lo que hicieron nuestros antepasados en los albores de la prehistoria. Ya en la época del Paleolítico y del Neolítico la técnica de la construcción mejoró y el hombre comenzó a unir piedras por el método llamado de los muros de “mampostería en seco”, que consiste en la colocación de piedras en hileras horizontales procurando que su unión sea lo más homogénea posible, siempre y cuando lo permita la morfología de las propias piedras, conformando muros sin el uso de ningún tipo de conglomerante, lo cual multiplica la aparición de gran cantidad de tensiones en las uniones entre piedras y provoca en muchos casos la rotura de las mismas. Posteriormente se pasó a rellenar las capas entre piedras con un mortero cuya misión fundamental era la de repartir las cargas de una forma más equitativa. El conglomerante que se utilizó con mayor asiduidad durante esta época, fue una mezcla de arcilla apisonada con canto rodado.

Con el establecimiento de las primeras civilizaciones conocidas durante la Edad Antigua, se descubren nuevos materiales a utilizar como conglomerantes en las construcciones realizadas durante las mismas. De esta manera, en Mesopotamia, al principio, se utilizaron las breas de petróleo hasta la época en que los egipcios descubrieron la cal. (ISSN, 2012)

Uno puede imaginar al hombre primitivo junto a su fogón, ubicado en una cavidad, en la cual existen piedras calcáreas, yeso y arcilla. La alta temperatura logra carbonatar la piedra, que se transforma en polvo. Luego al caer un poco de llovizna, el polvo y las piedras se convierten en una masa sólidamente unida. Hallazgos contemporáneos en Lepensky, junto al Danubio, permiten afirmar que, durante la edad de piedra, hace 7.500 años, los habitantes construían el suelo de sus viviendas uniendo tierra caliza, arena, grava y agua. Esta mezcla puede ser considerada como un hormigón rudimentario. Ver ilustración 12:



Ilustración 12: Hormigón

Fuente: (II, 2007)

Los egipcios por su parte utilizaron como aglomerante, yeso cocido. Excavaciones permiten establecer que hace 4.500 años, los constructores de la pirámide de Cheops, utilizaron hormigones primitivos. Los griegos, hace más de 2.300 años, utilizaron como aglomerante, tierra volcánica que extrajeron de la isla de Santorín. También existen indicios para decir que utilizaron caliza calcinada que mezclaron con arcilla cocida y agua. (II, 2007)

Durante el Imperio Romano el uso del hormigón como elemento constructivo tanto en grandes como en pequeñas estructuras e infraestructuras alcanzó un grado de tal satisfacción que no se volvió a lograr hasta el siglo XIX. Esto se debió posiblemente a la gran habilidad constructiva de los romanos y a la facilidad de conseguir cerca de Roma arenas volcánicas con propiedades cementicas, con las que preparaban un mortero mezclando dichas arenas con piedras naturales. Este mortero poseía unas propiedades físicas y mecánicas prácticamente idénticas a las que posee el hormigón utilizado en las construcciones erigidas en la actualidad, y era utilizado en la construcción de estructuras enormes que han probado ser muy duraderas con el paso de los siglos (ISSN, 2012)

Posteriormente, hacia el año 200 a.C. se produjo un significativo avance en la optimización de los aglomerantes para construcción: el cemento Romano. Desde un lugar cercano al Vesubio obtuvieron la Puzolana, constituida básicamente por sílice. Este material mezclado con cal y agua permite conformar un aglomerante hidráulico, (dicho de una cal o de un cemento que se endurece en contacto con el agua).

El teatro de Pompeya (55 años a.C.) (ver Ilustración 13), se edificó con este material. Posteriormente se utilizó en la construcción de los baños públicos de Roma, el coliseo y la basílica de Constantino. La prolongada duración de estos edificios nos hace concluir que los constructores romanos utilizaban una dosificación perfectamente calculada y empleaban técnicas adicionales para mejorar la resistencia del material de construcción. (II, 2007)



Ilustración 13: Teatro de Pompeya

Fuente: (II, 2007)

Como los morteros de cal viva no resistían muy bien la acción del agua durante períodos largos se presume que a esta mezcla se incorporaron toda clase de agregados y durante estas pruebas empíricas se descubrió que la arena proveniente de ciertas rocas volcánicas tenía mayor resistencia y duración tanto en aguas dulces como saladas. Por ejemplo, los griegos emplearon una toba volcánica extraída de la Isla de Santorín y los romanos usaron un material con apariencia de arena rosada que se encuentra en gran cantidad alrededor de la bahía de Nápoles, el cual es una ceniza volcánica que contiene sílice y alúmina que se combinan químicamente con la cal y dan como resultado lo que luego se conoce como cemento puzolánico.

En Latinoamérica, hay muestras de desarrollo de materiales cementantes y estructuras imponentes como las ciudades construidas por los Mayas y los Aztecas en México o las construcciones de Machu Pichu en el Perú, entre otras. Obras que resultan tan importantes como las pirámides de Egipto, e indican el gran desarrollo de la Ingeniería y de la tecnología del hormigón, en esas civilizaciones precolombinas. Durante los siglos posteriores, los avances fueron escasos hasta el punto de que solo llegó a producirse un mortero débil hecho únicamente de cal y arena. A principios de la edad moderna se presentó una disminución general en la calidad y la crisis llegó al punto, de acabar con la fabricación y el uso del cemento.

Sólo en el siglo XIX cuando se inicia la tercera y actual etapa, con el redescubrimiento del hormigón a través de la obtención, en Francia e Inglaterra, del cemento como ligante hidráulico, complementado a comienzos del presente siglo con la utilización, en Italia, de los cementos Puzolánicos. La tecnología del hormigón en esta etapa adquirió de inmediato un extraordinario ritmo de perfeccionamiento debido al esfuerzo sistemático de investigación aplicada desde el siglo pasado. (Zabaleta, 1998)

El cemento fue desarrollado a partir de las investigaciones del francés Vicat en el año 1818 y del escocés Aspdín, quien lo patentó en el año 1824 con el nombre de cemento portland, por la denominación romana del hormigón y por la similitud del producto obtenido con las rocas de la isla de ese nombre.

Gracias a un sinnúmero de investigaciones realizadas, entre las que es importante destacar las relacionadas con el uso de otros materiales (fierro, fibras, etc.) y con diversos aditivos que han permitido adaptar sus características a las necesidades de los distintos tipos de obras. (Zabaleta, 1998)

Estas aplicaciones han permitido perfeccionar la tecnología de los siguientes tipos de hormigones:

- Hormigón Armado
- Hormigón en grandes masas
- Hormigones pre y postensado
- Hormigones para obras hidráulicas
- Hormigones para pavimentos

De esta manera, en la actualidad se posee un buen nivel de conocimiento de las características y propiedades del hormigón, que están posibilitando la construcción de todo tipo de obras necesarias al desarrollo eficiente de la construcción en el mundo.

En lo que concierne a la evolución del empleo del hormigón en nuestro país, se puede destacar, la primera aplicación registrada del uso del cemento en nuestro país, correspondiente a la infraestructura del puente ferroviario sobre el río Maipo en el año 1856, en la que se empleó cemento importado. Ver Ilustración 14:

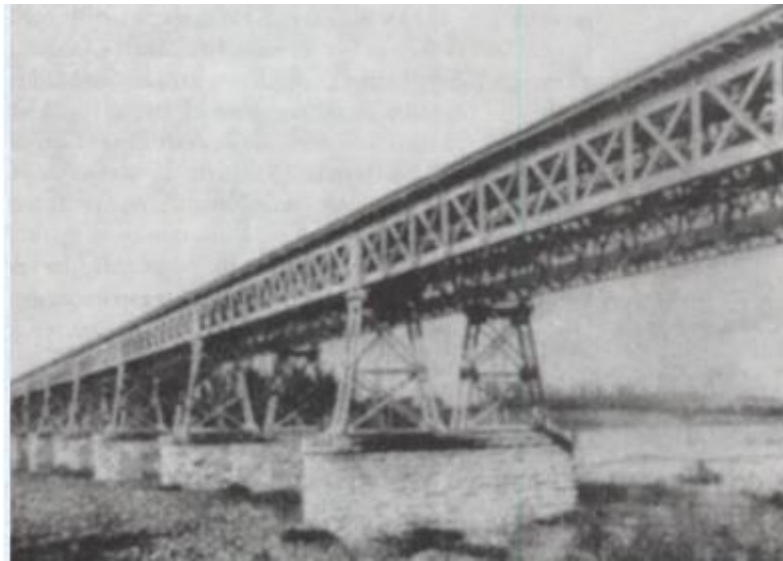


Ilustración 14: Puente ferroviario sobre el río Maipo en 1856

Fuente: (Zabaleta, 1998)

Por otra parte, el empleo del hormigón armado se inicia en el año 1906 con la construcción, no terminada por un accidente durante su ejecución, de una estructura en albañilería armada, denominada “Casa Pra”, y continúa con otras tales como el puente Quillota sobre el Estero Viña, la Maestranza San Bernardo, El Club Hípico de Santiago, y los puentes del ferrocarril de Púa a Traiguén, la mayoría ejecutados por la Compañía Holandesa de cemento armado, instalada en el año 1906.

Otro hito importante lo constituye la apertura en Chile, a mediados del año 1906, de la fábrica de Cementos Melón, la primera de Sudamérica. Ver Ilustración 15:



Ilustración 15: Fabrica El Melón 1906

Fuente: (Zabaleta, 1998)

El remplazo del cemento importado por nacional permite que el empleo del hormigón se extienda y se diversifique, construyéndose posteriormente numerosas obras, principalmente de vialidad, puentes, centrales hidroeléctricas, instalaciones industriales, etc., pudiendo decirse que, a la fecha, constituye el principal material de construcción de nuestro país. (Zabaleta, 1998)

2.2. Porcentaje de construcciones según materialidad del pavimento.

No se puede desconocer que el desarrollo de la infraestructura vial en Chile es uno de nuestros motivos de orgullo. Pero mientras para algunos éste es un logro de envergadura, muchos sostienen que, aunque bueno, no es suficiente. Es obligatorio seguir proyectándonos a ser un país del primer mundo, altamente competitivo, para lo que resulta imprescindible un desarrollo sostenido de la infraestructura vial.

El desarrollo de la infraestructura vial en Chile es uno de los puntos altos en materia de avances a nivel país. Esto, especialmente a partir de la Ley de Concesiones, que permitió el ingreso de privados al negocio de la construcción de nuevos caminos urbanos y rurales, y que, en opinión de Roberto Orellana, Gerente General del Instituto Chileno del Asfalto, aumentó notablemente el estándar de las vías nacionales. (Ltda., 2019)

Tal es el crecimiento alcanzado, que en comparación a países de la Región el nuestro está entre los más desarrollados. Según Mauricio Salgado, jefe del área de Pavimentación del Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile, frente al contexto latinoamericano sin duda estamos bien. En términos de kilómetros de carretera respecto al tamaño del territorio y densidad demográfica es bueno, lo que permite una muy buena intercomunicación entre las ciudades principales y los focos de producción y distribución de productos. (Ltda., 2019)

Si se analiza el tema con perspectivas de crecimiento, se está al debe en desarrollo de infraestructura, ya que es necesario no solo en satisfacer las necesidades que se presentan actualmente, sino que también proyectar a futuro, debido a que el país está en un rápido crecimiento de su parque automotriz con lo cual se van a requerir nuevas y más autopistas y vías concesionadas en los entornos de las ciudades. Actualmente las personas están acostumbradas a un ritmo de vida en particular, no se acostumbra a demorar más de lo permitido en tiempos de traslado, junto con eso, la ciudad creció, incorporando a las comunas periféricas al casco urbano. Es así como comienzan a aparecer nuevos polos de desarrollo, que hacen necesario pensar en nuevas autopistas para los próximos 50 años.

Actualmente Chile es uno de los países con mejor nivel de pavimentación de sus vías en América Latina, si se hace las comparaciones porcentuales, el país sigue viviendo un drama común en toda la región: la lentitud del avance en la pavimentación. Sin embargo, el método de pavimentación con hormigón viene ayudando a cambiar esta realidad.

Debido a la pandemia de Covid-19, el Gobierno ingresó un Proyecto de Ley que crea el Fondo de Emergencia Transitorio Covid-19, desde el cual el Gobierno podrá ejecutar distintas acciones para enfrentar la emergencia y la reactivación de forma flexible hasta el 30 de junio del año 2022. Esta ley 21.288 fue promulgada el 4 de diciembre del año 2020, y entre otros, aumenta los fondos para iniciativas de inversión del Ministerio de Obras Públicas, entre las que se encuentran las de la Dirección de Vialidad. Con lo anterior, el gasto decretado, asignado a la dirección de Vialidad aumentó en un 45 % y 48 % en el año 2021 y 2022, respectivamente.

Concesiones Viales

Hoy en día existen diversos proyectos de concesión en operación en Chile, pero también varios en construcción o mejoramiento y en carpeta para licitación, correspondiendo varias a su segundo período de licitación:

- 26 en operación con más de 3.243 km de extensión
- 5 concesiones nuevas en construcción con cerca de 367 km
- 2 tramos nuevos como parte de 2as concesiones (Ruta 5 tramo Talca Chillán 56 km interurbanos y Ruta 5 tramo Los Vilos La Serena 16 km urbanos)

De las concesiones en licitación o en carpeta durante los próximos 2 años, tres se encuentran en fase de licitación, 6 más están en carpeta y corresponden a 2as concesiones y ocho son concesiones nuevas³. Si todas estas inversiones se realizan, la red concesionada llegará a extenderse por más de 5.000 km

Los proyectos incluidos en el programa de inversiones de la Dirección de Vialidad del MOP, corresponden principalmente a mantención, conservación y reposición de pavimentos, incluidos los puentes. (Construcción, 2021)

Nivel de Pavimentación

En Chile, la infraestructura vial, tanto urbana como interurbana, está construida en base a hormigón y asfalto como materiales principales. Tradicionalmente, el hormigón ha sido la materialidad más utilizada en pavimentación, sin embargo, con la entrada en vigencia del sistema de concesiones, el asfalto ganó terreno y hoy ambos elementos se ocupan en proporciones significativas. (Ltda., 2019)



Ilustración 16: vía urbana

Fuente: (Ltda., 2019)

En cuanto al asfalto, se utiliza preferentemente en caminos interurbanos, para construcción de rutas nuevas o recapadas, alcanzando según Roberto Orellana un 80 % de participación en este tipo de vías. En lo que respecta a vías urbanas, Mauricio Salgado indica que el porcentaje de utilización del hormigón asciende a un 70 %, que podría seguir aumentando. En el desarrollo de infraestructura vial y la construcción de caminos, ambos expertos coinciden en que ha sido clave el contar con un buen nivel de maquinaria y equipos. A su juicio los proveedores de este mercado son especialistas y saben cómo hacerlo para poder desarrollar nuevas rutas en tiempo récord, al igual como se realiza en países desarrollados, y tanto en pavimentos de asfalto como de hormigón. (Ltda., 2019)

3. CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Método de Investigación

La metodología que se utilizara en este proyecto, en primera instancia será identificar las dificultades y problemas que presenta la calle debido a la materialidad del pavimento que posee actualmente, otro factor que se considerara será el nivel de tráfico que posee diariamente, logrando con esto identificar los alcances que tendrá el proyecto.

Una vez que se identifique lo anterior mencionado se vera la forma de poder dar algún tipo de solución al diseño y posterior constructibilidad que tendrán las calles en estudio. Todo lo anteriormente mencionado se podrá realizar en base a la normativa nacional correspondiente lo cual será de ayuda para elegir la mejor solución posible.

Con la información que se tiene se abordaran tres tipos de soluciones las cuales corresponden a hormigón, asfalto y adoquín, a las cuales se le realizara su diseño correspondiente según la normativa e información establecida, para poder llevarlo a cabo será necesaria la realización de estudio de mecánica de suelos obteniendo con esto el CBR, el respectivo levantamiento topográfico y determinar el nivel de flujo vehicular, en base a esto se podrá realizar un buen diseño acorde a la realidad. Con el diseño ya terminado se podrá estudiar la parte constructiva, describiendo los procesos de cada una de alternativas que se manejan como posibles soluciones.

Una vez definido lo mencionado anteriormente se realizará el respectivo análisis e interpretación de los resultados obtenidos de acuerdo con cada materialidad según diseño y constructibilidad, terminando con las conclusiones y posibles recomendaciones, pudiendo así determinar cuál será la materialidad más adecuada para las calles en estudio.

3.2 Selección de la Muestra

Se realizará en primera instancia un seguimiento del flujo vehicular que poseen las calles, esto para poder realizar de buena manera lo que será el diseño, además de esto se llevara a cabo el correspondiente estudio de mecánica de suelo con el fin de saber las características que posee el terreno, obteniendo con esto el dato de cbr el cual es importante para lo que será el diseño en base a tablas según lo indique la normativa.

Para saber las características altimétricas del terreno examinado se realizará un levantamiento topográfico teniendo en cuenta con esto los aspectos físicos, geográficos y geológicos que tiene el terreno además se conocerán las alteraciones que posee el terreno debido a la intervención de sus usuarios, pudiendo con esto poder generar los perfiles longitudinales y transversales.

Con los datos que se obtendrán se podrá realizar de buena manera y completa el diseño con las características que poseerá el nuevo pavimento según materialidad correspondiente.

Además se detallará el procedimiento constructivo que tendrá cada materialidad en estudio para con esto generar el detalle de cómo se tiene que realizar cada pavimento según las materialidades en estudio y posibles soluciones.

3.2.1. Variables de Análisis

- ✓ Variable Independiente: Relación costo/vida útil
- ✓ Variable dependiente: Carpeta de rodado
- ✓ Variable interviniente: Uso de algún aditivo que adelante o reduzca algún proceso.
- ✓ Variables extrañas: Factores climáticos o algún problema para poder desarrollar la carpeta de rodado de buena manera.

3.2.2. Hipótesis

1. La mejor carpeta de rodado en cuanto a la relación costo/vida útil para colocar en una calle urbana es de hormigón.
2. La carpeta de rodado que es menos eficiente en una calle urbana es la de adoquines, dado su mayor requerimiento de mantención.

3.2.3. Metodología

Variables Hipótesis 1:

1. Variable Independiente: Hormigón
2. Variable dependiente: Carpeta de rodado

Variables Hipótesis 2:

1. Variable Independiente: Adoquín
2. Variable dependiente: Carpeta de rodado

Indicadores Hipótesis 1:

- Trafico que tendrán las calles
- Espesores que tendrá el pavimento
- Dosificación del pavimento

Indicadores Hipótesis 2:

- Trafico que tendrán las calles
- Espesores que tendrá el pavimento
- Constructibilidad del pavimento

Método Hipótesis 1 y 2:

1. Informe de mecanica de suelos
2. Levantamiento topografico
3. Informacion de trafico
4. Diseño de pavimento
5. Construccioin del pavimento
6. Flujo y sentido del trafico

➤ Tabla Resumen:

HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODO
1. La mejor carpeta de rodado en cuanto a la relación costo/vida útil para colocar en una calle urbana es de hormigón.	1. Variable Independiente: Hormigón 2. Variable dependiente: Carpeta de rodado	1. Tráfico que tendrán las calles 2. Espesores que tendrá el pavimento 3. Dosificación del pavimento	1. Informe de mecánica de suelos 2. Levantamiento topográfico 3. Información de tráfico 4. Diseño de pavimento 5. Construcción del pavimento 6. Flujo y sentido del tráfico
2. La carpeta de rodado que es menos eficiente en una calle urbana es la de adoquines, dado su mayor requerimiento de mantenimiento	1. Variable Independiente: Adoquín 2. Variable dependiente: Carpeta de rodado	1. Tráfico que tendrán las calles 2. Espesores que tendrá el pavimento 3. Constructibilidad del pavimento	1. Informe de mecánica de suelos 2. Levantamiento topográfico 3. Información de tráfico 4. Diseño de pavimento 5. Construcción del pavimento 6. Flujo y sentido del tráfico

3.3 Trabajo Desarrollado

3.3.1 Plan de trabajo

1. Hacer carta Gantt
2. Ir a terreno a hacer un análisis visual de la calles
3. Buscar antecedentes previos del proyecto en estudio
4. Recopilar informacion de las materialidades que se utilizaran como posibles soluciones
5. Revisar normas y documentos que sirvan para el diseño de los pavimentos según materialidad que corresponda
6. Averiguar o realizar el estudio de mecanica de suelos con el fin de conseguir el CBR
7. Con los datos anteriores y el apoyo de los documentos correspondientes se procede a realizar el diseño para cada materialidad
8. Realizar levantamiento topografico de las calles en cuestion
9. Analizar el proceso constructivo y el diseño de cada materialidad
10. Se realiza pasos de constructivilidad de materialidades (hormigon,adoquin,asfalto)
11. Se realiza un desglose de los resultados obtenidos
12. Análisis de datos para poder ver cual es de las materialidades según diseño y constructivilidad es mas adecuado para la zona en estudio.
13. Definir cual es la materialidad que se utilizara, indicando conclusiones y recomendaciones según sea necesario.

3.4 Levantamiento Topográfico

Lo que se realizó en esta parte del proyecto fue el levantamiento topográfico de la plaza abate molina de la ciudad de Talca, a las calles siete sur, ocho y nueve oriente. Esto se realizó mediante una estación GPS con la cual se tomaron 494 pts. en totalidad, correspondientes a los borde de las casas que la rodean, los bordes de la solera arriba y abajo respectivamente esta última me marca el borde de lo que será nuestro pavimento, además de las veredas con la idea de dimensionar de mejor manera al momento de realizar el dibujo de la planta de nuestro proyecto, otros puntos que se consideraron y que son de igual importancia son las cámaras y rejillas existentes de las calles, con esto se puede realizar de forma completa el dibujo de nuestro interés mostrado en la Ilustración 17.

Se inicia el trabajo subiendo los puntos que están de norte a este, posterior a eso se unen los puntos con el comando polilínea, en primera instancia se unen todos los puntos de solera abajo los cuales me demarcan el borde la calle, además se unen los puntos de la parte superior de la solera y las veredas.

Una vez que se tiene todo unido se crea la malla con las curvas de nivel, en esta malla se identificaran las líneas de rotura, las cuales se generan para que no se crucen las líneas de solera arriba, abajo y el eje con las curvas de nivel

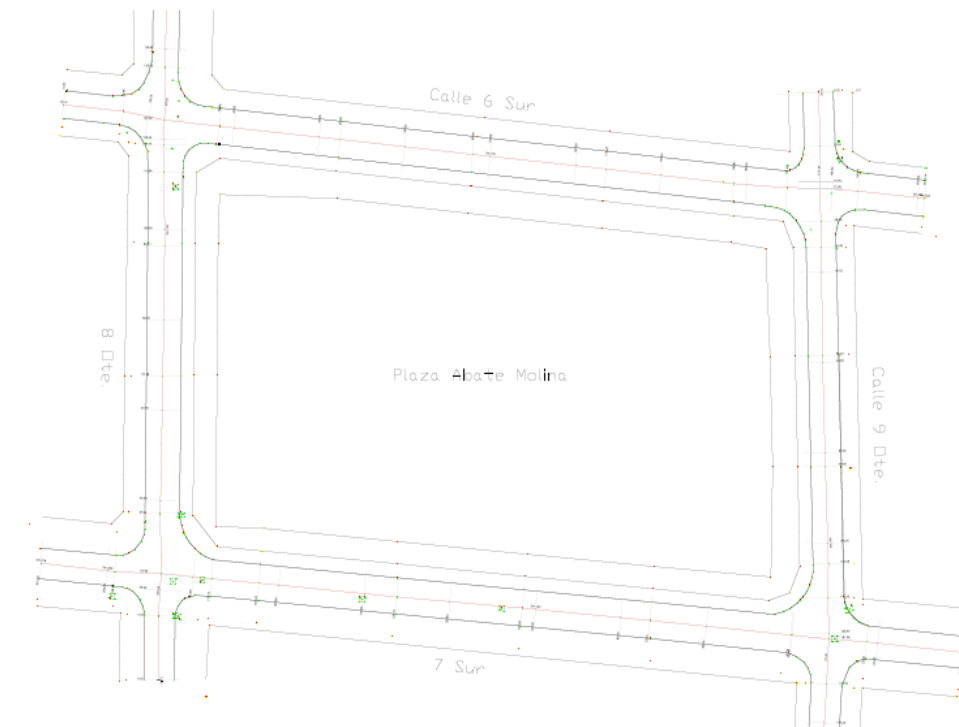


Ilustración 17: Vista en planta Levantamiento Topográfico completo

Previo a la ejecución de las partidas que involucren movimientos de tierra, se deberá tomar la línea de tierra (línea base) para el control topográfico, con el detalle suficiente para una adecuada representación de la superficie y posterior cubicación de las partidas involucradas y el seguimiento del avance de las obras, se realizará un perfil longitudinal, complementado con sus respectivos perfiles transversales, que serán tomados cada 5 metros entre perfiles por ambos lados para abarcar de forma más amplia las dimensiones de la calle en zonas rectas, debiendo disminuir esta distancia en zonas de curva dependiendo de la geometría.

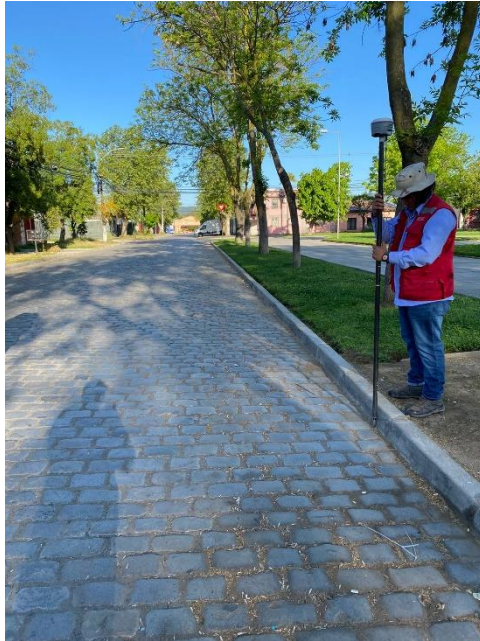
Además se debe considerar que los volúmenes relativos a excavación, relleno estructural, terraplén son estimativos. Definidos los perfiles a nivel de rasante, se estimarán los volúmenes involucrados para la ejecución de los ítems involucrados.

Se podrá ver un ejemplo de cómo se tomaron ambos perfiles (longitudinal y transversal), de la planta antes mostrada se tomó la calle 7 sur a la cual se le aplica un corte A para poder mostrar los perfiles antes mencionados, la cual se encuentra en los anexos.

En los perfiles se puede identificar claramente lo que son las veredas existentes, además se muestra el eje de cada una de las calles y su respectivo bombeo el cual corresponde al dato de la pendiente del eje a la calzada en cuestión.

Además se mostrarán los perfiles correspondientes a las calles ocho oriente y nueve oriente, los cuales se les aplico un corte A-A y B-B respectivamente para mostrar la ubicación del corte de donde se extrajeron los perfiles, la cual se encuentra en los anexos.

✓ Apoyo visual Levantamiento Topográfico.



*Ilustración 18: Toma de pts. solera abajo
(Borde calzada)*



Ilustración 19: Puntos rejilla existente

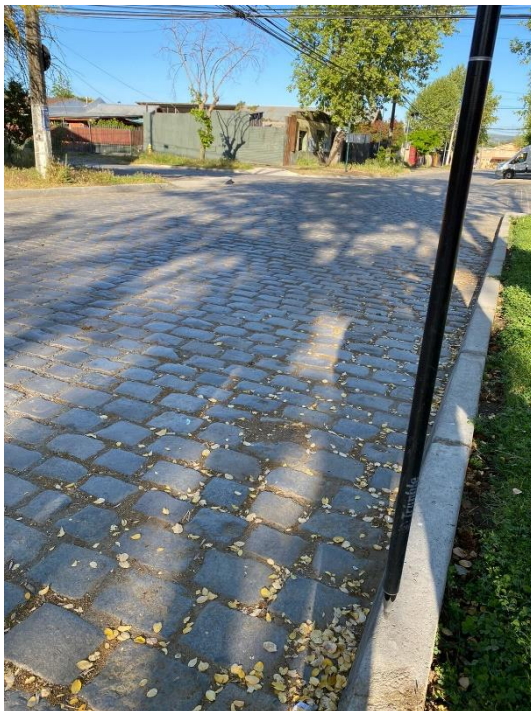


Ilustración 20: Puntos solera arriba

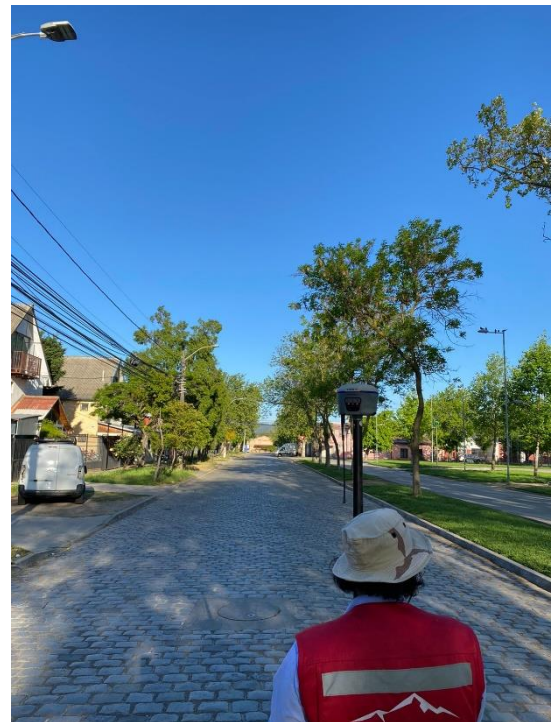


Ilustración 21: Puntos ejes calzadas.

3.4. Diseño

3.4.1 Diseño de pavimento Flexible.

Según la metodología indicada en la AASHTO 93 y el código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación se realizará el diseño de los pavimentos flexibles mediante una tabla Excel.

Los datos previos que se deben tener antes de realizar el diseño para determinar el tipo de pavimento que se va a intervenir se tiene que ver el nivel de flujo vehicular que presenta, para poder hacer esto es necesario mucho más tiempo de estudio y contabilizar los vehículos por ejes equivalentes, por lo que para este caso se considerara un flujo vehicular que se estime conveniente para el estudio. Otro dato que se debe saber previamente es el estudio de mecánica de suelo el cual me entregará el cbr que posee nuestro suelo a intervenir, en este caso se considera un dato de una calle paralela a la que trabajaremos con el fin de economizar costos y al estar en calles contiguas no afectará ni varía tanto el dato del suelo, para este caso el cbr será de 15 %.

Además se deberán calcular y tener en cuenta los siguientes parámetros para completar el cálculo del diseño, siendo necesario el módulo de resiliencia de la subrasante el cual es una medida de rigidez del suelo de subrasante.

Para determinar el tipo de tráfico vehicular se tomará un dato acorde a las calles en estudio, considerando el tráfico expresado en ejes equivalentes, en nuestro caso se encuentra en los rangos de 7.500.000 / 10.000.000 correspondiente a Tp9, como se muestra en la Ilustración 22.

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE

Ilustración 22

Después se establece el número de etapas y nivel de confiabilidad, para determinar esto me fijo en la tabla correspondiente a una sola etapa de diseño considerando el tipo de tráfico tp9, representado en la ilustración 23.

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	100,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Ilustración 23

Después determino el coeficiente estadístico de desviación estándar normal (ZR), el cual según la tabla de para una sola etapa de diseño correspondiente a 10 o 20 años según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.

Luego se indica la desviación estándar combinada, la cual es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afecten el comportamiento del pavimento. La guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores SO entre 0,4 y 0,5 en este manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45.

Una vez que tengo todos los datos antes mencionados puedo realizar el cálculo de con la ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible. Datos entregados en la Ilustración 24.

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE			
Modificar datos:	Cálculos automáticos	Resultados	
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18)	7 600 000
Suelo de la subrasante		CBR =	15,0 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	$Mr(psi) = 2555 \times CBR^{0.64}$	MR (psi)=	14457,37
Tipo de tráfico	VERDADERO	Tipo:	TP9
Número de etapas		Etapas:	1
Nivel de confiabilidad		conf.	90,0 %
Coeficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR	-1,282
Desviación estandar combinado		So	0,45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi	4,0
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt	2,5
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		Δ PSI	1,5

Ilustración 24

Al hacer el cálculo me entregara el valor del número estructural requerido, el cual para un cbr de 15 % tiene un valor de 3,88, el cual se deberá comparar con el numero estructural del resultado, donde este último debe ser mayor al número estructural requerido.

Al cumplirse la condición anteriormente mencionada se tendrán las siguientes características y espesores según cada sección.

- ✓ Capa superficial: Posee una carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 oF), la cual tendrá un espesor de 6 cm y es la capa superficial recomendada para todos los tipos de tráfico.
- ✓ Base: Tendrá su base Granular CBR 100 %, compactada al 100 % de la MDS, con un espesor de 20 cm, con una capa de base recomendada para tráfico >5000000 EE.
- ✓ Subbase: Sus características serán que tendrá Sub Base Granular CBR 40 %, compactada al 100 % de la MDS, con un espesor de 30 cm, la cual tiene una capa de sub base recomendada para tráfico $\leq 15.000.000$ EE.

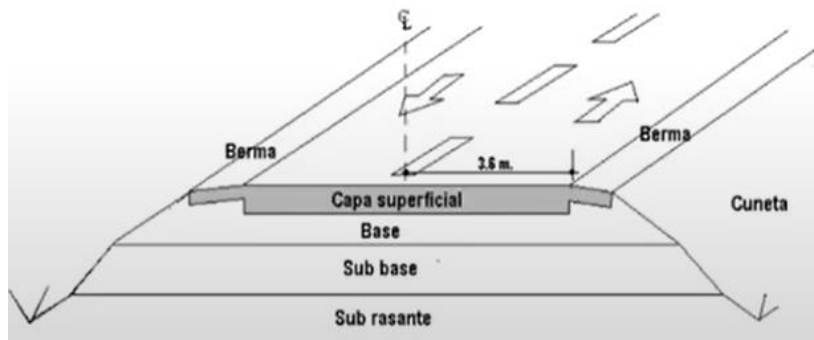


Ilustración 25

3.4.2 Diseño de pavimento Rígido.

Según la metodología indicada en la AASHTO 93 y el código de normas y especificaciones técnicas de obras de pavimentación se realizará el diseño de los pavimentos rígidos mediante una tabla Excel.

De la misma manera como se desarrolló el diseño de pavimentos flexibles, se realizara una tabla para poder conocer los espesores que tendrá nuestro nuevo pavimento en base a hormigón, para poder hacer estos cálculos serán necesarios conocer el dato de flujo vehicular expresado en ejes equivalentes para este caso se utiliza un dato conocido utilizado para la construcción paralelas a las del proyecto, siendo un valor de ejes equivalentes de 9.700.000, además debemos tener el estudio de mecánica de suelos previamente realizado para conocer el dato del cbr, en este proyecto se utilizara un cbr 15 % el cual por motivos económicos y para facilitar el cálculo se consiguió el dato del estudio de suelos de las calles paralelas a las de proyecto, las cuales se están construyendo actualmente.

Luego se debe completar la resistencia del concreto y según la norma se recomiendan valores según el rango de tráfico, para nuestro caso como se mencionaba anteriormente se consideró de 9.700.000.

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (MR)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Ilustración 26

Según el manual de carreteras la resistencia mínima recomendada para concretos es de 280 kg/cm² por lo que según la ilustración 26 nuestro valor será de 300 kg/cm².

Además se considerarán datos entregados directamente según la normativa los cuales son modulo elástico del concreto, resistencia media del concreto a flexo tracción a 28 días, también se considerará el cbr de la subbase y según la norma se indicará el valor que tendrá en base a el tráfico de ejes equivalentes. Siendo para nuestro caso un cbr mínimo de 40 %.

TRÁFICO	ENSAYO NORMA	REQUERIMIENTO
Para trafico ≤ 15x10 ⁶ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40 % (1)
Para trafico > 15x10 ⁶ EE	MTC E 132	CBR mínimo 60 % (1)

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de carga de 0.1" (2.5mm)

Ilustración 27

Una vez que ya tengo completada con los datos sugeridos por estudios previo o los que me indica la norma y manual de carreteras, se podrá saber el valor del espesor de pavimento de concreto en milímetros el cual es de 204,14 mm.

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO		
Modificar datos:	Cálculos automáticos	Resultados
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento		ESAL(W18) 9 700 000
CBR de la subrasante (%)		CBR = 15,0 %
Resistencia del concreto (Kg/cm ²)		(F'c) 300
Módulo elástico del concreto (PSI)	$E = 57000x(fc)^2 ; (fc \text{ en PSI})$	Ec 3723365,482
Resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días(Kg/cm ²)	$M_r = a\sqrt{f'c}$	Mr 42
Modulo de reacción de la subrasante (Mpa/m)		Ko 64,00
CBR mínimo de la subbase (%)	VERDADERO	CBR(subB.) = 40,0 %
CBR mínimo de la subbase - definido (%)		CBR DEF. 50,0 %
Modulo de reacción de la subbase granular (Mpa/m)		K1(subB.) = 140,00
Espesor de la subbase granular (cm) recomendado por la MTC		h= 15,00
Coefficiente de reacción combinado (Mpa)	$K_c = \left(1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^{0.5} \times K_0$	Kc 71,91
Tipo de tráfico		Tipo: TP9
Indice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico		Pi 4,3
Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico		Pt 2,5
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico		Δ PSI 1,8
Desviación estandar combinado		So 0,35
Nivel de confiabilidad		conf. 90,0 %
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal		ZR -1,282
Condiciones de drenaje		cd 1,0
Coefficiente de transmisión de carga en las juntas		J 2,8
Concreto hidráulico con pasadores		

Ilustración 28

Teniendo en cuenta lo antes mencionado se tendrá:

- ✓ capa superficial de la losa de concreto que será de 20 cm
- ✓ subbase granular tendrá un espesor de 15 cm.

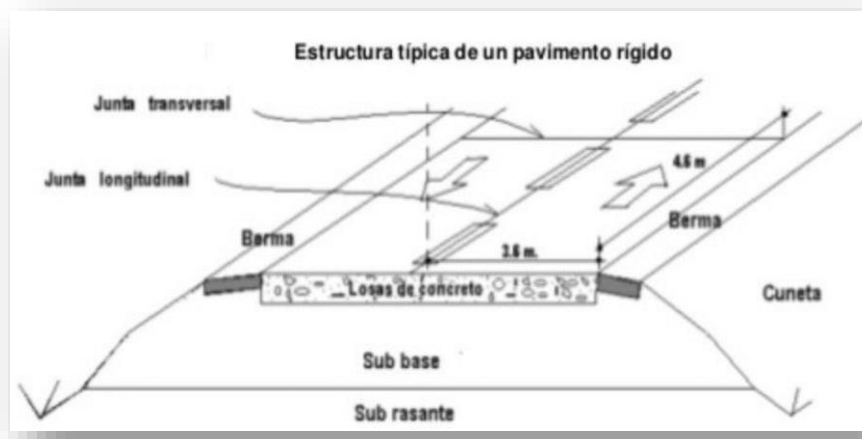


Ilustración 29: Estructura típica de un pavimento rígido.

3.5. Construcción.

Procedimiento constructivo según materialidad de calzadas.

Factores por considerar para cada procedimiento constructivo según materialidad:

- ✓ En una visita a terreno se revisaron el estado de las soleras de las calles involucradas y se vio que están en buen estado por lo que se van a conservar y sus respectivas pendientes se adaptaran a las nuevas calzadas, teniendo una pendiente transversal que varía entre 1,79 % y 2,46 % su valor y para el caso de las pendientes longitudinales son de 5,3 %.
- ✓ Las calles involucradas son la 7 sur, 8 y 9 oriente las cuales poseen un solo sentido del tránsito, con un ancho de 7,9 m según planos.
- ✓ Para la construcción de cada una de las calles se considerará comenzar los trabajos por una vía de cada calle (derecha y después izquierda o viceversa) y así sucesivamente con el fin de no intervenir en el flujo diario que poseen.
- ✓ Es importante destacar que para los procedimientos constructivos de Hormigon y asfalto se debe considerar el sacado del adoquín existente de las calles.
- ✓ En el caso de la constructibilidad del adoquín también se tomará en cuenta sacar el adoquín existente previamente y ver si puedo reutilizar de ese mismo material para desarrollar la nueva calzada.
- ✓ Cabe mencionar que los tiempos entregados en los siguientes procedimientos constructivos son el máximo de tiempo que se pueden realizar, ya que para agilizar la construcción y disminuir tiempos se realizaran de forma paralela en las calles, por ejemplo mientras preparo la subrasante de una calle puedo avanzar en la excavación de la que vendrá, así como también si estoy hormigonando una calle puedo preparar la base de otra, logrando con esto una mejor dinámica de trabajo y menor tiempo de ejecución.
- ✓ Para el caso del procedimiento constructivo del Hormigon, un factor que podría cambiar considerablemente los tiempos seria la utilización de acelerantes, ya sea r3, r5 o r7, los cuales reducen de 28 a 3 ,5 o 7 los días de fraguado del hormigón.

3.5.1. Construcción de Adoquín.

3.5.1.1. Procedimiento constructivo para pavimento de adoquín.

1. Instalación de faena
2. Se considera la extracción del adoquín existente a botadero.
3. Ubicación del PR (chequeo tanto en el plano como en el terreno).
4. Replanteo.
5. Trazado.
6. Verificar servicios existentes (matrices de agua, colector, entre otros)
7. Chequeo de soleras (nivel y materialidad).
8. Contrato de maquinaria, personal y equipos.
9. Descripción de los cargos del personal (residente, jefe de obra, topógrafo, capataz, bodeguero, entre otros)
10. Obtención de equipos (botonera, vibradoras, cortadoras, entre otras).
11. Preparación de la Subrasante
12. Extensión y Compactación de la Sub-base.
 - Su espesor compactado debe estar comprendido entre los 10 cm y los 15 cm.
13. Extensión y compactación de la base
 - Se debe tener en cuenta que a base puede ser flexible (material granular) o rígida (hormigón magro). Se debe respetar la pendiente del pavimento desde la base. Debe ser como mínimo, del 1 % para así permitir el correcto desagüe de las aguas superficiales sin provocar daños en las capas portantes.
14. Ejecución de los bordes de confinamiento.
15. Extensión y nivelación de la capa de arena.
16. Colocación de los Adoquines
17. Sellado con arena y vibrado del pavimento.
18. Recepción e identificación
19. Criterios de aceptación o rechazo
20. Aseo general de la obra
21. El ITO revisa la obra, si no hay observaciones me dan la recepción provisoria de la obra y desinstalo faenas. si este realiza observaciones, realizo las correcciones en el tiempo acordado, me reciben provisoriamente la obra y desinstalo faenas.

3.5.1.2. Carta Gantt Procedimiento constructivo de Adoquín.

Para la realización de la carta Gantt correspondiente al pavimento de adoquín, no se consideró todo el itemizado que debía tener más en detalle, solo se consideraron las grandes actividades para poder tener un tiempo estimado de realización de este tipo de pavimento. Los ítems que se abordaron fueron:

- Excavación: Para determinar los tiempos de excavación hay que considerar que en primera instancia se debe picar y raspar el terreno, para luego llegar a la cota de terreno solicitado, para este tipo de pavimento se consideró un tiempo estimado de 5 días para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Preparación de subrasante: Aquí se considera la compactación del terreno mediante un rodillo, determinando un tiempo estimado de 8 días aproximadamente para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Base granular: Para la preparación de la base se considera un tiempo estimado de 10 días, ya que es necesario realizar la compactación por capas. para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Adoquín: Para la instalación del adoquín se considera su ejecución mediante dos o tres maestros o bien cuadrillas más grandes, está el que acerca los adoquines, el que los va montando y el que va revisando que queden bien alineados. Se considera un tiempo relativo de instalación, ya que es más lento que las otras dos materialidades y depende directamente del rendimiento de los trabajadores, considerando un tiempo estimado de 15 días para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Terminaciones: En este itemizado se considera sellado con arena fina, vibrado y compactación final, estimando esto en 3 o 4 días.

Las actividades antes mencionadas se considerarán de forma individual para las tres calles involucradas, las cuales son y tienen las siguientes dimensiones:

- 7 sur: 140 m de largo x 7,9 m de ancho
- 8 oriente: 100 m de largo x 7,9 m de ancho
- 9 oriente: 100 m de largo x 7,9 m de ancho

El tiempo estimado de construcción de las 3 calles antes mencionadas en adoquín es de 72 días, como se detalle en la Ilustración 30.

3.5.2. Construcción de Asfalto.

3.5.2.1. Procedimiento constructivo para pavimento de Asfalto.

1. Instalación de faena
2. Se considera la extracción del adoquín existente a botadero.
3. Ubicación del PR (chequeo tanto en el plano como en el terreno).
4. Replanteo.
5. Trazado.
6. Verificar servicios existentes (matrices de agua, colector, entre otros)
7. Chequeo de soleras (nivel y materialidad).
8. Contrato de maquinaria, personal y equipos.
9. Descripción de los cargos del personal (residente, jefe de obra, topógrafo, capataz, bodeguero, entre otros)
10. Obtención de equipos (botonera, vibradoras, cortadoras, entre otras).
11. Preparación de subrasante
 - Perfiladura material a botadero autorizado
 - Compactación
12. Mejoramiento CBR ≥ 40 % e=0,20 m.
13. Sub base granular CBR ≥ 40 % e=0,3 m.
14. Base granular CBR ≥ 100 % e=0,2 m.
15. Imprimación asfáltica, servicio se contrata con subcontrato especializado.
 - Barredoras y sopladores
 - Limitaciones meteorológicas
 - Preparación de la superficie a imprimir
16. Aplicación del asfalto con un espesor de 8,5 cm
17. Recepción e identificación
18. Criterios de aceptación o rechazo
19. Aseo general de la obra
20. Se llama al ITO para la aprobación final (al igual que en las partidas anteriores para la recepción de cada una de ellas y la aprobación para poder seguir con su procedimiento).
21. El ITO revisa la obra, si no hay observaciones me dan la recepción provisoria de la obra y desinstalo faenas. si este realiza observaciones, realizo las correcciones en el tiempo acordado, me reciben provisoriamente la obra y desinstalo faenas.

3.5.2.2. Carta Gantt Procedimiento constructivo de Asfalto.

Para la realización de la carta Gantt correspondiente al pavimento de asfalto, no se consideró todo el itemizado que debía tener más en detalle, solo se consideraron las grandes actividades para poder tener un tiempo estimado de realización de este tipo de pavimento. Los ítems que se abordaron fueron:

- Excavación: Para determinar los tiempos de excavación hay que considerar que en primera instancia se debe picar y raspar el terreno, para luego llegar a la cota de terreno solicitado, para este tipo de pavimento se consideró un tiempo estimado de 5 días para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Preparación de subrasante: aquí se considera la compactación del terreno mediante un rodillo, determinando un tiempo estimado de 6-8 días aproximadamente para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Base granular: para la preparación de la base se considera un tiempo estimado de 7-10 días, ya que es necesario realizar la compactación por capas. para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Asfalto: para la aplicación del asfalto se consideraron de 2 a 3 días, considerando tiempo de curado de un día, ya que el curado del asfalto demora aproximadamente 8 hrs. en terminar su proceso. para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Imprimación: Para este punto se considera un tiempo estimado de 1 a 2 días de aplicación.

Las actividades antes mencionadas se considerarán de forma individual para las tres calles involucradas, las cuales son y tienen las siguientes dimensiones:

- 7 sur: 140 m de largo x 7,9 m de ancho
- 8 oriente: 100 m de largo x 7,9 m de ancho
- 9 oriente: 100 m de largo x 7,9 m de ancho

El tiempo estimado de construcción de las 3 calles antes mencionadas en asfalto es de 45 días, como se muestra en la Ilustración 31.

3.5.3. Construcción de Hormigón.

3.5.3.1. Procedimiento constructivo para pavimento de Hormigón.

1. Instalación de faena
2. Se considera la extracción del adoquín existente
3. Ubicación del PR (chequeo tanto en el plano como en el terreno).
4. Replanteo.
5. Trazado.
6. Verificar servicios existentes (matrices de agua, colector, entre otros)
7. Chequeo de soleras (nivel y materialidad).
8. Contrato de maquinaria, personal y equipos.
9. Descripción de los cargos del personal (residente, jefe de obra, topógrafo, capataz, bodeguero, entre otros)
10. Obtención de equipos (botonera, vibradoras, cortadoras, entre otras).
11. Preparación de subrasante (Excavación y compactación)
12. Transporte a botadero autorizado
13. Base granular $CBR \geq 80$ % $e=0.15$ m. (colocación y compactación)
14. Hormigón calzada HCV (20 cm)
 - Los moldes
 - Equipo vibrador (cercha y vibradores)
 - Colocación y compactación de hormigón
 - Terminación y alisado de la superficie
 - Curado con antisol
 - Corte del pavimento
15. Se colocan los sellos en los cortes
16. Aseo general de la obra
17. Se llama al ITO para la aprobación final (al igual que en las partidas anteriores para la recepción de cada una de ellas y la aprobación para poder seguir con su procedimiento).
18. El ITO revisa la obra, si no hay observaciones me dan la recepción provisoria de la obra y desinstalo faenas. si este realiza observaciones, realizo las correcciones en el tiempo acordado, me recepcionan provisoriamente la obra y desinstalo faenas.

3.5.3.2. Carta Gantt Procedimiento constructivo de Hormigon.

Para la realización de la carta Gantt correspondiente al pavimento de hormigón, no se consideró todo el itemizado que debía tener más en detalle, solo se consideraron las grandes actividades para poder tener un tiempo estimado de realización de este tipo de pavimento. Los ítems que se abordaron fueron:

- Excavación: Para determinar los tiempos de excavación hay que considerar que en primera instancia se debe picar y raspar el terreno, para luego llegar a la cota de terreno solicitado, para este tipo de pavimento se consideró un tiempo estimado de 5 días para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Preparación de subrasante: Aquí se considera la compactación del terreno mediante un rodillo, determinando un tiempo estimado de 8 días aproximadamente para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Base granular: Para la preparación de la base se considera un tiempo estimado de 10 días, ya que es necesario realizar la compactación por capas. para un terreno de 100 m de largo por 7,9 de ancho. Lo cual se realizó para las tres calles involucradas.
- Hormigón calzada HCV: Se considera un hormigón de cemento vibrado de espesor 20 cm. El cual se comprará previamente preparado llegando en mixer al lugar indicado de trabajo, para esta actividad se consideró un tiempo estimado de 5 a 8 días, ya que es necesario solamente nivelar y poner moldes para el posterior hormigonado.
- Curado y corte: Esta actividad idealmente se deben considerar 28 días de curado, cabe mencionar que este tiempo no tengo que cumplirlo como parte del tiempo de ejecución de la obra.

Las actividades antes mencionadas se considerarán de forma individual para las tres calles involucradas, las cuales son y tienen las siguientes dimensiones:

- 7 sur: 140 m de largo x 7,9 m de ancho
- 8 oriente: 100 m de largo x 7,9 m de ancho
- 9 oriente: 100 m de largo x 7,9 m de ancho

El tiempo estimado de construcción de las 3 calles antes mencionadas va a ser de 75 días, como se muestra en la Ilustración 32.

3.6. Presupuestos

Para determinar los presupuestos se debe tener en consideración los siguientes factores:

- Un ítem en común de los tres presupuestos es el transporte a botadero, en el cual se consideró el arriendo de un camión tolva de 15 m³ de capacidad debido a la cantidad de material a botadero que existe durante el proyecto, por lo que era más conveniente y se consideró el arriendo del equipo por el plazo de un mes, el arriendo del camión tiene un valor de \$200.000 por día, considerando 6 viajes al día da un valor de \$2.222 el m³ de material a botadero, se consideró un 30 % de esponjamiento debido a que el material excavado corresponde a un terreno de un camino previamente trabajado y compactado. Dando un total de \$ 3.103.791 millones para el retiro de todo el material a botadero establecido.
- Para el ítem de compactación del asfalto, se consideró el arriendo de dos equipos debido a que hay que compactar una superficie de 2686 m² para lo cual se utilizara rodillo simple y el rodillo neumático, considerando el arriendo de ambos en un total de \$ 70.000 la hora. Considerando 8 horas trabajadas en el día, diariamente saldría \$ 560.000 pesos su arriendo, para esta actividad se consideran dos días por lo que la compactación del asfalto tendrá un coste de \$ 1.120.000 pesos.
- Para el caso del corte del hormigón, se consideró el arriendo de una máquina cortadora la cual tiene un precio de \$ 15.000 el día, además del disco de corte de 12” el cual tiene un precio fijo de \$ 150.000 pesos más el jornal que tiene un pago diario de \$ 35.000 pesos. Se consideran 98 cortes en total con un ancho de 7,9 dando un total de 767,4 metros lineales a cortar, con un costo de \$ 300 pesos el metro lineal, dando un total de \$230.299 pesos para los cortes de las tres calles.
- Para el curado del pavimento la cual es de 2686 m² donde son los 340 metros lineales por los 7,9 m de ancho, se consideró la compra de 3 tinetas de antisol de 200 lts, un pulverizador de 15 lts de capacidad con el cual se aplicará el antisol y el jornal que desarrollará el trabajo. Teniendo un valor por m² de curado de \$ 250 pesos por los 2686 m² a curar da un total de \$ 671.500 pesos para el curado de las tres calles.

3.6.1 Presupuesto Adoquín

PRESUPUESTO PAVIMENTO DE ADOQUIN					
ITEM	OBRA GRUESA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL(\$)
1	Remoción de Estructuras de adoquin	m2	2686	25.000	67150000
2	Excavación de Corte en Terreno de Cualquier Naturaleza	m3	1074,4	6.700	7198480
3	Retiro a botadero	m3	1396,72	2.222	3103791
4	Preparación de la Subrasante	m2	2686	1.300	3491800
5	Sub-Base estabilizada e=15 cm	m3	402,9	20.500	8259450
6	Base estabilizada e=10 cm	m3	268,6	30.500	8192300
7	Cama de arena e= 4cm	m3	107,44	18.000	1933920
8	Adoquin prefabricado (20x10x6 cm)	m2	2686	20.000	53720000
9	Sello: relleno de juntas	m2	2686	8.000	21488000
				SUBTOTAL 1	\$ 174.537.741,18
				19% IVA	\$ 33.162.170,82
				TOTAL	\$ 207.699.912

Ilustración 33: Presupuesto Adoquín

Considerando los ítems mencionados en la tabla anterior, el presupuesto para desarrollar las calles de adoquín sería de \$ 207.699.912 millones de pesos.

El detalle de donde se sacaron los precios unitarios, fueron sacados de (ondac, 2017) y con apoyo de algunos presupuestos de (Ministerio de Hacienda, 2020)

3.6.2 Presupuesto Asfalto

PRESUPUESTO PAVIMENTO DE ASFALTO					
ITEM	OBRA GRUESA	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)
1	Remoción de Estructuras de adoquin	m2	2686	25.000	67150000
2	Excavación de Corte en Terreno de Cualquier Naturaleza	m3	1074,4	6.700	7198480
3	Retiro a botadero	m3	1396,72	2.222	3103791
4	Compactacion	dia	2	560.000	1120000
5	Preparación de la Subrasante	m2	2686	1300	3491800
6	Sub-Base estabilizada	m3	402,9	20.500	8259450
7	Base Granular CBR \geq 100% (e=20cm)	m3	537,2	30.500	16384600
8	Imprimación	m2	2686	1.500	4029000
9	Concreto Asfáltico de Rodadura e = 8,5 cm	m3	228,31	150.000	34246500
10	Demarcación, línea de eje segmentada	km	0,34	550.000	187000
				SUBTOTAL 1	\$ 145.170.621,18
				19% IVA	\$ 27.582.418,02
				TOTAL	\$ 172.753.039

Ilustración 34: Presupuesto Asfalto

Considerando los ítems mencionados en la tabla anterior, el presupuesto para desarrollar las calles de asfalto sería de \$ 172.753.039 millones de pesos.

El detalle de donde se sacaron los precios unitarios, fueron sacados de (ondac, 2017) y con apoyo de algunos presupuestos de (Ministerio de Hacienda, 2020)

3.6.3 Presupuesto Hormigón

PRESUPUESTO PAVIMENTO DE HORMIGON					
ITEM	OBRA GRUESA	UNI	CANTIDAD	P.UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)
1	Remoción de Estructuras de adoquin	m2	2686	25.000	67150000
2	Excavación de Corte en Terreno de Cualqu	m3	1074,4	6.700	7198480
3	Retiro a botadero	m3	1396,72	2.222	3103791
4	Preparación de la Subrasante	m2	2686	1300	3491800
5	Sub-Base estabilizada	m3	402,9	20.500	8259450
6	Base Granular CBR \geq 100% (e=15 cm)	m3	402,9	30.500	12288450
7	Hormigón G05 (e=10cm)	m3	268,6	61.769	16591153,4
8	Hormigón G25 (e=20 cm)	m3	537,2	115.000	61778000
9	Corte	ml	767,43	300	230229
10	Curado	m2	2686	250	671500
11	Demarcación, línea de eje segmentada	km	0,34	550.000	187000
				SUBTOTAL 1	\$ 180.949.853,58
				19% IVA	\$ 34.380.472,18
				TOTAL	\$ 215.330.326

Ilustración 35: Presupuesto Hormigón

Considerando los ítems mencionados en la tabla anterior, el presupuesto para desarrollar las calles de Hormigón sería de \$ 215.330.326 millones de pesos.

El detalle de donde se sacaron los precios unitarios, fueron sacados de (ondac, 2017) y con apoyo de algunos presupuestos de (Ministerio de Hacienda, 2020)

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS.

Al analizar los resultados entregados en cuanto a los posibles tipos de pavimentos que se estudiaron, los cuales corresponden a adoquín, asfalto y hormigón. En primera instancia se hizo un trabajo investigativo para ver las cualidades y defectos que poseen estas materialidades, además de saber un poco más de como surgieron y llegaron a ser utilizados en el ámbito de la construcción.

Una vez que nos interiorizamos más con las materialidades y teniendo datos previos para lo que se va a desarrollar, teniendo en cuenta que el ancho que poseen estas calles no es habitual, debido a que su ancho es de 7,9 m esto se debe a la antigüedad que poseen además de ser calles perimetrales de una plaza se deja mayor espacio para cualquier necesidad del usuario, otros factores que fueron relevantes fueron el estudio de suelos y el levantamiento topográfico correspondiente, con ayuda de los datos antes mencionados se llevó a cabo el diseño de los posibles pavimentos, manejando dos tipos diseños, siendo el diseño para pavimentos rígidos el cual corresponde al hormigón y el diseño de pavimentos flexibles correspondiente para el diseño del asfalto y adoquín. Sacando como conclusión que el pavimento con un diseño rígido es el más adecuado para este tipo de calles, debido al tránsito solicitado que poseen, su durabilidad y además de entregar mayor seguridad para sus usuarios y vecinos del sector debido a la materialidad, cabe mencionar que las pendientes que tendrán las nuevas calles serán de 3 % para la transversales por ser la pendiente típica de pavimentos en Chile y para la pendiente longitudinal seguirá en un 5,3 % debido a que los pavimentos existentes tienen ese valor y las nuevas calles deben empalmarse a las ya existentes.

En el caso del diseño flexible correspondiente al asfalto también es una buena opción debido a su rápida constructibilidad, pero es más adecuado para calles no tan transitadas debido al gran desgaste que posee con el tiempo, teniendo que ser necesario su reparación en tiempos más acotados en comparación del hormigón, ya para el caso del adoquín se descarta de inmediato en cuanto a su elección debido a que actualmente ya es de esa materialidad generando variados problemas con sus usuarios, además de no ser una buena alternativa por la cantidad de autos que la transitan a diario.

Con el resultado entregado de las dimensiones y características que van a tener cada uno de los diseños estudiados, se llevó a cabo y describió el procedimiento constructivo correspondiente a cada materialidad, detallando el paso a paso que se realizara para dejar cada una de las pavimentaciones terminadas según corresponda su materialidad. Además se realizó una carta Gantt con la cual se pudo identificar y ver varios factores que se deben considerar para el desarrollo óptimo de cada pavimentación en cuestión, determinando los tiempos estimados de

cada una de las materialidades. Según lo mencionado anteriormente y considerando que las actividades fueron consideradas en forma paralela en las cartas Gantt, con el fin de reducir los tiempos y por ende reducir los costos, ya que esta forma de trabajo permite ocupar menos costos debido a que se ocupa todo de forma continua y no hay tiempos muertos en el día a día.

Otro factor importante a considerar es que para realizar el trabajo no se puede cortar el tránsito por completo, tomando la alternativa de trabajar por vía según corresponda y realizar trabajos en simultaneo para poder acotar un poco más los tiempos, considerando lo anterior la que menos tiempo se demorara será la de asfalto, ya que sus procedimientos se pueden realizar de forma más rápida, el adoquín igual tiene un tiempo acotado pero se demora un poco más que el asfalto debido a que su forma de construcción es más lenta y repetitiva al momento de instalar los bloques de adoquín, siendo el hormigón el que más tiempo demora en quedar terminado debido a los tiempos de secado, es importante mencionar que las tres materialidades poseen sus actividades principales muy similares, variando en espesores, lo que se diferencian va a ser su terminación, ya sea de adoquín, asfalto o hormigón.

Finalmente se realizó un presupuesto para cada materialidad, para ver la diferencia en cuanto a costos de cada una, estando muy similares los costos, siendo el hormigón el que destaca al ser más elevado su precio, no alejándose mucho de lo que son el asfalto y el adoquín.

Por lo mencionado anteriormente se puede deducir que el más simple de realizar tomando en cuenta los factores antes mencionados es el adoquín, pero un factor importante para no escoger esta materialidad es que sea factible para los tipos de calles que se aplicara, no siendo adecuado para este lugar.

Tomando en cuenta tiempo, costo y calidad del material el más adecuado para realizar estas calles será el hormigón, debido a que en comparación a las otras dos materialidades tiene un tiempo y costo mayor, pero la calidad que posee es factor importante debido a la durabilidad y poca mantención que necesita en tiempos reducidos, además de entregar más seguridad y tranquilidad al usuario al ver que es un pavimento de hormigón.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con lo realizado a lo largo de la investigación se pudo recaudar información de los principales factores que se consideran al momento de querer realizar una nueva pavimentación, tomando en cuenta diseño, constructibilidad con sus respectivos tiempos estimados y presupuesto de las materialidades en estudio, con lo que al momento de realizarlo se llegó a resultados de los cuales se generaron varias interrogantes que son de gran importancia en el momento de la construcción, tales como la conservación de las soleras, ya que si no se hubiera realizado las respectivas visitas para ver las condiciones, no se habría tomado en cuenta que se encontraban en buenas condiciones pudiendo reutilizarlas, economizando costos, además que al momento de la construcción es necesario tener un buen plan de trabajo, para no cortar el tráfico habitual que poseen las calles, ya que son concurridas, analizando varias opciones para trabajar en esto, ya sea realizando la pavimentación por calle terminada y ahí ir avanzando o bien realizar el trabajo de forma paralela pero cortando solo un eje de la calle en cada una de ellas, lo cual es más factible debido a que no se interrumpe el tránsito y los tiempos se reducen.

Considerando todo lo anterior se pudo deducir y llegar a la conclusión que la materialidad más adecuada para este tipo de calles según diseño, constructibilidad y calidad de vida que entrega es el hormigón, otro factor que fue importante al momento de determinar el hormigón como solución fue que las calles adyacentes a las consideradas en estudio se encuentran realizadas en hormigón, otro dato relevante que se tomó en cuenta es que actualmente es mucho más fácil suministrar hormigón que asfalto debido a la cantidad de plantas que existen de hormigón es mayor, ratificando la decisión de que se realicen de hormigón como solución por el lugar donde se encuentran y el tráfico que poseen a diario.

Bibliografía

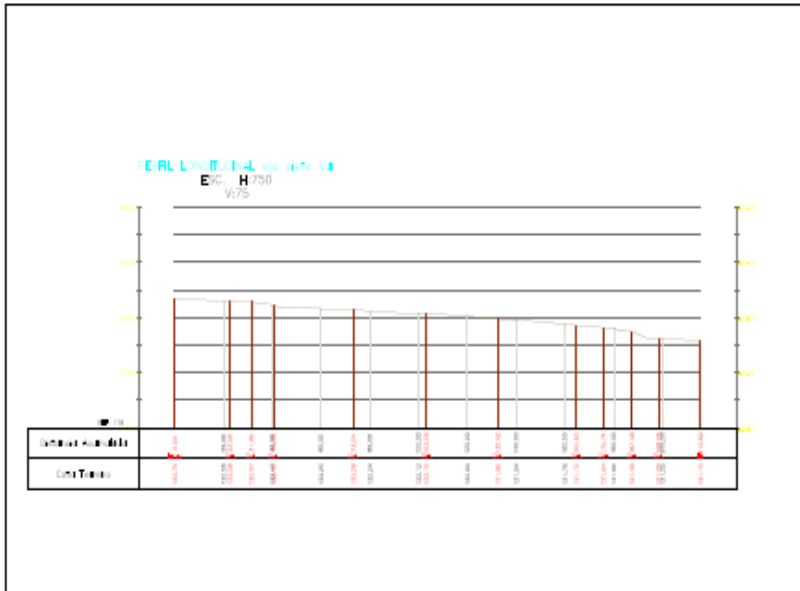
1. ACADÉMICA, C. -W. (2017). *Webnode*. Obtenido de <https://construmine.webnode.cl/l/historia-de-los-materiales-bituminosos-asfalto/#:~:text=La%20construcci%C3%B3n%20del%20primer%20pavimento,de%20la%20Isla%20de%20Trinidad.>
2. blog, g. (2020). *Por qué las estructuras de hormigón y asfalto actuales duran menos que las de antes*. Obtenido de <https://www.sibuscascoche.com/noticias/2017/carretera-recien-asfaltada-cuidado-parabrisas-coches-de-ocasion-baratos/>
3. BuenasTareas. (2022). *Historia de las carreteras*. Obtenido de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Historia-De-Las-Carreteras/2420277.html>
4. construccion, C. C. (1996). *COMISION DE DISEÑO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://extension.cchc.cl/datafiles/8538-2.pdf
5. Construcción, C. C. (2021). *INFRAESTRUCTURA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE 2022-2031*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cchc.cl/uploads/archivos/archivos/ICD-Informe-de-Infraestructura-para-el-Desarrollo-Sostenible-2022.pdf
6. CONSTRUNEIC. (2022). *Pavimento Flexible*. Obtenido de <https://construneic.com/pavimentos/pavimento-flexible/>
7. CORBLOCK. (s.f.). *PAVIMENTOS DE ADOQUINES INTERTRABADOS DE HORMIGÓN*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.corblock.com/pdf/metodo-constructivo-adoquines.pdf
8. Fenollar. (2018). *El pavimento de adoquines a lo largo de los siglos*. Obtenido de <https://alfredofenollar.com/el-pavimento-de-adoquines-a-lo-largo-de-los-siglos/>
9. GEOLOGIAWEB. (2022). *GEOLOGIAWEB*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/materiales/asfalto/>
10. GUSTAVO, H. O. (2007). *Materiales de Acabados: Los Adoquines*. Obtenido de <http://huizaortizmarcos.blogspot.com/2007/09/materiales-de-acabados-los-adoquines.html>
11. II, M. d. (2007). *Escuela de Ingeniería Técnica Civil. Arquitectura Técnica. Materiales II*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6202/mod_resource/content/1/Hormigon_01._Historia.pdf
12. ISSN, T. y. (2012). *EL HORMIGÓN: HISTORIA, ANTECEDENTES EN OBRAS Y FACTORES*. Obtenido de file:///C:/Users/Pedro%20Rebolledo/Downloads/577-586-1-PB.pdf

13. LLC, K. G. (2022). *Pavimentos de hormigón en Chile*. Obtenido de <https://www.construccionlatinoamericana.com/news/pavimentos-de-hormigon-en-chile/4135780.article>
14. Ltd, I. I. (1996-2022). *IndiaMART* . Obtenido de <https://www.indiamart.com/proddetail/koldmix-rm-12642620255.html>
15. Ltda., E. M. (2019). *Infraestructura vial*. Obtenido de <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=113&ni=infraestructura-vial-autopistas-y-caminos-en-pleno-desarrollo>
16. Ministerio de Hacienda, G. d. (2020). *Mercado Publico*. Obtenido de <https://www.mercadopublico.cl/Home>
17. Ministerio de Obras Públicas, M. (s.f.). *Historia de la Dirección de Vialidad*. Obtenido de <https://vialidad.mop.gob.cl/acercadeladireccion/Paginas/Historia.aspx>
18. ondac. (junio de 2017). *ondac manual de costos*. Obtenido de file:///C:/Users/Pedro%20Rebolledo/Downloads/Manual_de_Costos_Materiales_y_Actividades.pdf
19. Portals, W. (2022). *Wiki Online encyclopedia*. Obtenido de <https://www.duhoctrungquoc.vn/wiki/es/Adoqu%C3%ADn>
20. proccsa. (2015 – 2016). *DISEÑO DE PAVIMENTOS*. Obtenido de <https://www.proccsa.com.mx/disenio-de-pavimentos.html>
21. Ramos, R. T. (2007). *Vías, carreteras y otras calzadas*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/ctpmedia/publicaciones/documentos/Cimbra376_04.pdf
22. SL, P. D. (2018). *HISTORIA DE LOS ADOQUINES. LA EVOLUCIÓN DEL PAVIMENTO*. Obtenido de <https://www.prefabricadosjara.com/historia-de-los-adoquines-la-evolucion-del-pavimento/>
23. Zabaleta, H. (1998). *EL HORMIGÓN*. Obtenido de <http://elhormigonysuspropiedades.blogspot.com/p/antecedentes-historicos.html>

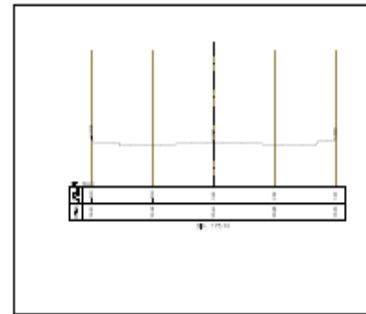
ANEXOS

1. Corte A-A Calle 7 sur con sus respectivos perfiles

Perfil Longitudinal calle 7 Sur



Perfil transversal Corte A Dm 175.74



Vista en planta calle 7 Sur

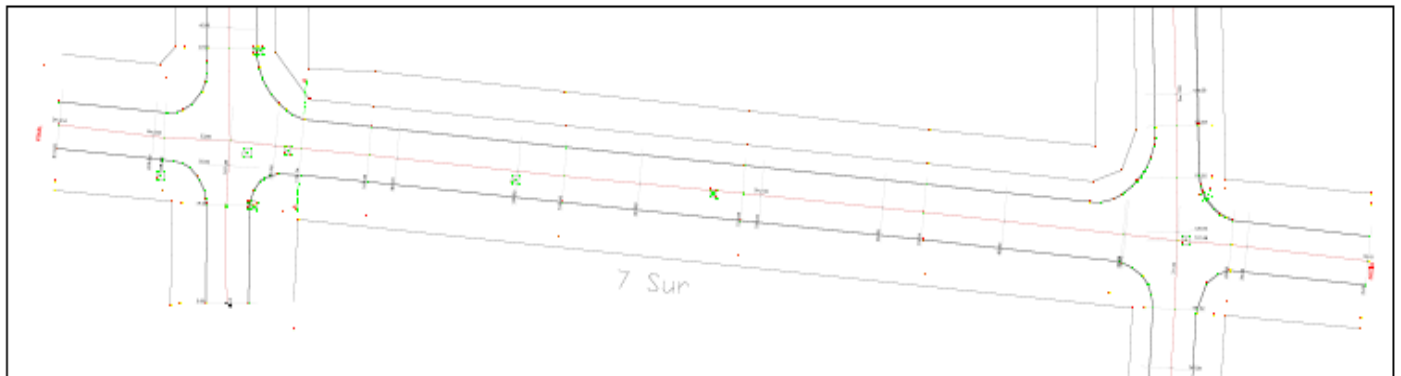
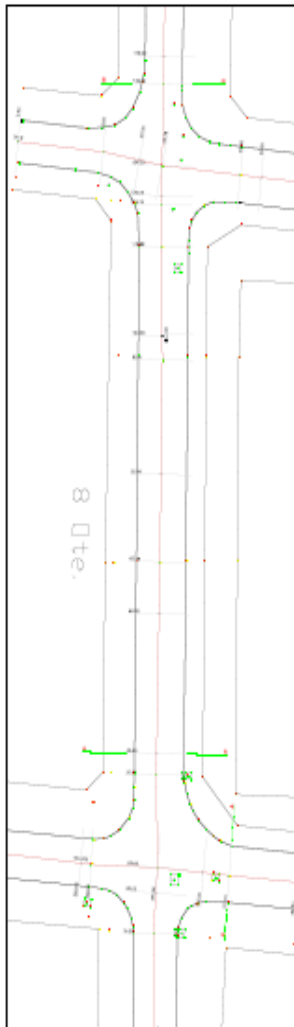


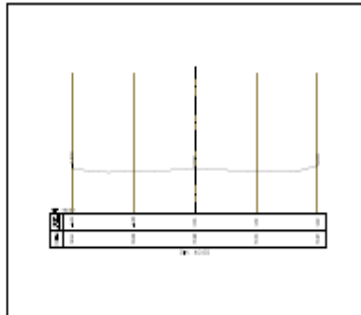
Ilustración 36: Corte A-A Calle 7 sur con sus respectivos perfiles.

2. Perfiles calles ocho y nueve oriente, con cortes A-A y B-B.

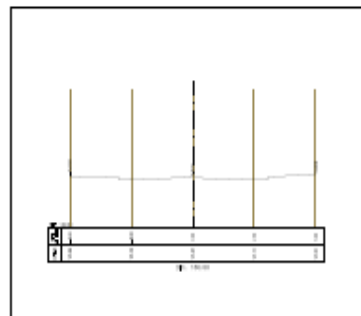
Vista en planta 8 Ote.



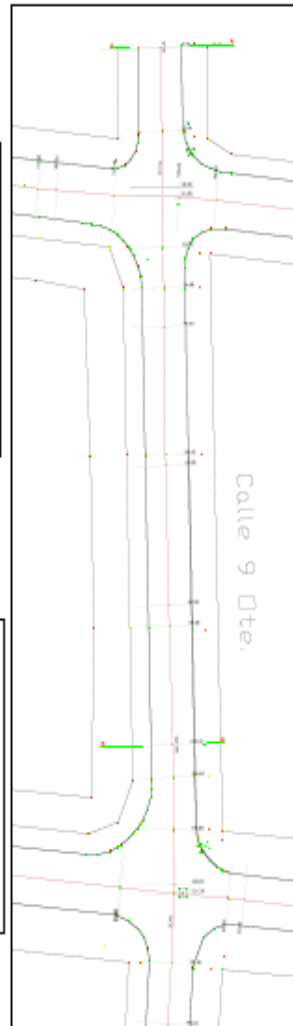
Perfil transversal
Corte A
Dm 40.00



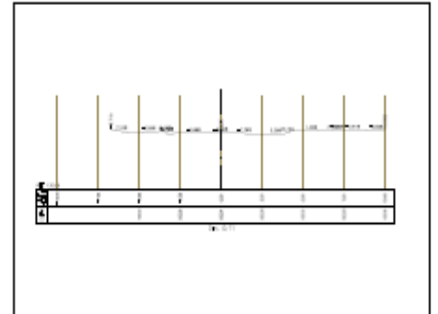
Perfil transversal
Corte B
Dm 160.00



Vista en planta 9 Ote.



Perfil transversal
Corte A
Dm 0.11



Perfil transversal
Corte B
Dm 100.00

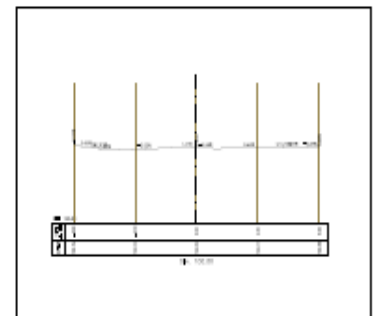


Ilustración 19: Perfiles calles ocho y nueve oriente, con cortes A-A y B-B.