



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**TEMA: TÉCNICA DE MEJORAMIENTO DEL PAVIMENTO A BASE DE
CONCRETO HIDRÁULICO EN EL SECTOR LA MARÍN EN LA CIUDAD DE
QUITO**

**Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Tecnólogo en Construcciones y
Domótica**

**Profesor Guía
Ing. Humberto Bravo**

**Autor
Hugo Daniel Naranjo Trujillo**

**Año
2018**

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Ing. Humberto Bravo Valencia
C. C. 1000872109

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Arq. Francisco Javier Zaldumbide Zurita

C. C. 1718906280

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

Hugo Daniel Naranjo Trujillo

C. C.1714080668

AGRADECIMIENTO.

Quiero agradecer profundamente a Dios por permitirme concluir la carrera, por sostenerme y ayudarme en los momentos más difíciles en el transcurso de la Universidad, a mis padres mi agradecimiento eterno por su apoyo incondicional, a mis hermanos Andy y Alejandro por ser mi soporte y darme fuerzas siempre que las necesite, a mi prima Estefanía Guzmán por su apoyo y ayuda en todo lo que necesite en el transcurso de la carrera, a Juan Mejía por ser un amigo incondicional en todo momento en el transcurso de la carrera y la vida, al Ing. Humberto Bravo por sus valiosas aportaciones en la tesis y la carrera cuando fue mi profesor, le quedo muy agradecido, Al Arquitecto Francisco Zaldumbide por su apoyo en las materias que tuve el agrado de tomar con él, y en cualquier inquietud que tuve que resolver en la universidad, a mis profesores: Arq. Patricio Herrera, Arq. Sergio Bermeo, Arq. Daniel Puga, por su entrega y dedicación en las clases y aportarme muchos conocimientos en la carrera , y a mis compañeros con quien tuve el gusto de compartir de toda mi carrera.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Hugo y Rocío, a mis abuelitos, con profundo amor, quienes son los pilares fundamentales en mi formación personal y profesional.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en la ciudad de Quito, en el sector de La Marín donde se analizaron dos tipos de alternativas de la estructura de pavimento vial, la primera corresponde al pavimento en base a la colocación de carpeta asfáltica en caliente con un espesor de 10 cm. y la segunda alternativa en pavimento rígido en base a la colocación de losa de concreto hidráulico con un espesor de 25 cm.

El estudio consiste en una guía técnica de mejoramiento en base a Concreto Hidráulico, este análisis se basó en dos métodos: 1) investigación bibliográfica y visitas en el campo, y 2) la investigación de materiales en el laboratorio de Resistencia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central y el Departamento de infraestructura de la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas.

En referencia a la investigación bibliográfica y resultados prácticos de las técnicas utilizadas en la colocación de las estructuras de pavimento de las vías de la ciudad de Quito, se elaboró el marco teórico que incluye las características del lugar, las diferentes etapas constructivas y los diferentes tipos de pavimento de concreto hidráulico. Por su parte, el marco conceptual describe los diferentes conceptos utilizados en este estudio.

Para un mejor entendimiento, las imágenes fueron realizadas utilizando el Software AutoCAD, además fotografías que muestran la situación actual del asfalto en el sector de la Marín. La descripción textual se respalda con el anexo fotográfico, completando el estudio se incorpora el diagnóstico de la situación actual que nos lleva a desarrollar una guía o Propuesta de mejoramiento del tipo de pavimento donde se estimó un presupuesto basándose en precios referenciales de la Cámara de la Construcción de Quito y del Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha. Se estimó que el precio del M2 para su instalación en el sector de la Marín asciende a USD \$124,38.

ABSTRACT

In the city of Quito, in the sector of La Marín, and two types of alternatives for the road pavement structure were analyzed, pavement based on the placement of hot asphalt binder with a thickness of 10 cm and the other alternative in rigid pavement based on the placement of hydraulic concrete slab with a thickness of 25 cm.

The subject of this study consist in a technical guide of improvement based on Hydraulic Concrete and this analysis was based on two forms: bibliographical research and visits in the field as well as the investigation of materials in the laboratory of Resistance of Materials in the school of Engineering of the Central University of Ecuador and the Department of infrastructure of the Metropolitan Public Enterprise of Mobility and Public Works.

In reference to the bibliographical research and practical results of the techniques used in the placement of the pavement structures placed in the city of Quito, the tehoric framework was elaborated that includes the characteristics of the place as well as the different construction stages and the different types of hydraulic The concrete pavement and the conceptual framework in which the different concepts used in this study are described.

For the best understanding, the pictures were taking using the software AutoCAD, moreover photographies show the current situation of the asphalt in the sector of LA MARIN. The textual description is supported with the photographic annex, in order to complete the study was incorporated the diagnostic of the current situation that develop a guide or suggestions of improvement of the type of pavement where was estimated a budget taking in count reference prices of the Camara de la Construccion and del Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, that price to M2 for its installation in the la Marín area will be USD\$ 124,38.

ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 TEMA O TÍTULO DEL PROYECTO	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3.1 Causas	2
1.3.2 Efectos.....	2
1.4 OBJETIVOS GENERAL	3
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.6 ALCANCE	3
1.7 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	5
1.7.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	5
CAPITULO II: CONCEPTOS GENERALES	12
2.1 PAVIMENTO DE CONCRETO	12
2.1.1 Subrasante	13
2.1.2 Sub-base	14
2.1.3 Base	14
2.1.4 Losa o carpeta asfáltica.....	15
2.2 VENTAJAS DEL PAVIMENTO DE CONCRETO	16
2.3 TIPOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO	17
2.3.1 Pavimentos de concreto simple	17
2.3.2 Pavimentos de concreto reforzado con juntas.....	19
2.3.3 Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.....	20
2.4 REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN	21
2.5 CONCRETO HIDRÁULICO	22
2.5.1 Concreto hidráulico de Clase 1.....	22
2.5.2 DEFINICIÓN del Cemento Portland	23

2.5.3	Resistencia del hormigón	24
2.5.4	Durabilidad del hormigón.....	24
2.6	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCRETO	
	HIDRÁULICO.....	24
2.6.1	Resistencia a Abrasión del Concreto.....	27
2.6.2	Prueba de Abrasión Los Ángeles.	28
2.6.3	Resistencia a la abrasión del agregado grueso.....	29
2.6.4	Concreto hidráulico hecho en obra.....	31
	CAPITULO III: DIAGNOSTICO DEL PAVIMENTO	
	ACTUAL	33
3.1	ANÁLISIS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO ACTUAL	33
3.2	ANÁLISIS DE DAÑO DE LA CALZADA	33
3.2.1	ANÁLISIS ZONA 1.....	35
3.2.2	ANÁLISIS ZONA 2.....	37
3.2.3	ANÁLISIS ZONA 3.....	38
3.3	ANÁLISIS PORCENTUAL.....	40
3.4	ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL.....	40
3.5	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD.....	41
	CAPÍTULO IV: APORTE A LA GUÍA TÉCNICA.....	44
4.1	TÉCNICA DE CONCRETO HIDRÁULICO.....	44
4.1.1	Definición del concreto hidráulico	44
4.2	CONTROLES MINUCIOSOS A LA CALZADA EN	
	GENERAL.....	45
4.3	CONTROL TÉCNICO PARA LA COLOCACIÓN DEL	
	CONCRETO HIDRÁULICO	46
4.4	APORTE TÉCNICO PARA LA TOMA DE DECISIÓN DE	
	LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO VS	
	PAVIMENTO RÍGIDO (CONCRETO HIDRÁULICO).	49
4.4.1	Análisis de la alternativa 1 (Asfalto).....	49

4.4.2	ANÁLISIS DE LA Alternativa 2 (CONCRETO HIDRÁULICO).....	51
4.5	ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO.....	52
4.5.1	Análisis económico ALTERNATIVA 1 Y ALTERNATIVA 2.....	52
4.6	CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA.....	54
4.7	RECOMENDACIÓN DE LA PROPUESTA	55
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
	CONCLUSIONES.....	56
	RECOMENDACIONES	57
	GLOSARIO.....	58
	REFERENCIAS.....	60
	ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demografía de Quito	7
Tabla 2. Crecimiento poblacional de Quito, 1534-1950	8
Tabla 3. Cantidades necesarias para elaborar un metro cúbico de concreto: agregado grueso, dimensión máxima 39mm.....	25
Tabla 4. Cantidades necesarias para elaborar un metro cúbico de concreto: agregado grueso, dimensión máxima 19mm.....	26
Tabla 5. Índice de rugosidad Internacional.....	41
Tabla 6. Índice de serviciabilidad	43
Tabla 7. Ficha de control y supervisión	48
Tabla 8. Análisis de costos entre pavimento y asfalto	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Playón la Marín	4
Figura 2. Mapa de Quito	6
Figura 3. Topografía	9
Figura 4. Cuencas Hidrográficas Quito	10
Figura 5. Suelos de la ciudad de Quito	11
Figura 6. Esquema del comportamiento de pavimentos	12
Figura 7. Comparación pavimento flexible y rígido.....	13
Figura 8. Subrasante.....	13
Figura 9. Sub-base.....	14
Figura 10. Base	15
Figura 11. Esquema de pavimento rígido.....	16
Figura 12. Pavimento de hormigón simple sin pasadores.....	18
Figura 13. Pavimento de hormigón simple con pasadores.....	19
Figura 14. Pavimento de concreto reforzado con juntas	20
Figura 15. Pavimento con refuerzo continuo	20
Figura 16. Vista lateral remoción de área por reparar	21
Figura 17. Efecto de la resistencia a compresión.....	27
Figura 18. Máquina de abrasión de Los Ángeles	28
Figura 19. Báscula con capacidad de 120 Kg. o balanza de 20 Kg	29
Figura 20. Mallas estándar de 1", ¾", ½", 3/8", No.4 y No.12	29
Figura 21. Máquina de los Ángeles de dimensiones especificada	30
Figura 22. Charolas rectangulares	30
Figura 23. Cucharón.....	30
Figura 24. Área de impacto del proyecto.....	32
Figura 25. Zona donde se realiza el análisis	34
Figura 26. Zona de estudio.....	34
Figura 27. División de tramo en zonas	35
Figura 28. Zona 1	36
Figura 29. Baches importantes Zona 1	36
Figura 30. Zona 2	37

Figura 31. Baches importantes Zona 2	38
Figura 32. Zona 3	39
Figura 33. Baches importantes Zona 3	39
Figura 34. Avenida Sucre	42
Figura 35. Estructura de la capa asfáltica	46
Figura 36. Remoción de asfalto.....	53

CAPITULO I INTRODUCCIÓN

1.1 TEMA O TÍTULO DEL PROYECTO

Técnica de mejoramiento del pavimento a base de concreto hidráulico en el sector la Marín en la ciudad de Quito

1.2 ANTECEDENTES

El cemento inicialmente se lo empieza a conocer hace 5000 años atrás, donde se encuentra la realización de paredes unidas con un conglomerante hidráulico procedente de la calcinación de algas, este método fue utilizado por los indios en Chile para cerrar sus chozas (Mejía, 2018). El cemento hidráulico fue descubierto y fabricado de forma industrial a partir de la caliza y la arcilla en 1824 en Francia.

En todo el mundo lo utilizan y lo fabrican 113 países con su propia materia prima. En Estados Unidos, en Detroit, fue donde Henry Ford realizó las creaciones de sus automóviles, creando un proceso de producción en cadena, es por esto que la primera ciudad donde se aplica la técnica de pavimento de concreto hidráulico es Detroit, decidiendo hacer una prueba piloto extendiendo una capa de concreto sobre un tramo de la Avenida Woodward, teniendo pruebas exitosas, por lo que se empieza a aplicar esta técnica en todo Estados Unidos y en Europa.

En nuestro país, Ecuador donde se obtiene una tasa de crecimiento vehicular anual del 10%, se ha utilizado el concreto hidráulico en los últimos 10 años en las carreteras de varias ciudades del país como: Bahía, San Vicente, Machala, Guayaquil, Esmeraldas, Ibarra, Cuenca y Quito, teniendo unas carreteras de hormigón de 15 centímetros de espesor, dando mayor vida útil, menor tiempo en el mantenimiento y mejorando la calidad de vida de los ecuatorianos.

En la ciudad de Quito, en el sector de la Marín por ser uno de los sectores críticos en donde pasan 20 operadoras (13 al sur y 7 al norte) se encuentra en gran deterioro de la carpeta asfáltica, tanto por el transporte público y el transporte privado, han hecho que el pavimento de la mayor parte del sector, se encuentre en mal estado.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 CAUSAS

- Es causado por el mal diseño del transporte público, ya que, al momento del diseño vial del Playón de la Marín, se pensó que el crecimiento vehicular no sería de tan gran magnitud como lo es en la actualidad
- El que los materiales utilizados en la construcción no cumplan con las especificaciones técnicas
- El exceso e incremento vehicular en el sector
- Las fuertes lluvias causadas por el cambio climático

1.3.2 EFECTOS

- El aumento del tráfico vehicular por el mal diseño vial, especialmente en las horas pico en el sentido de norte a sur, que por la gran cantidad de operadoras de buses públicos incluso realizan doble fila, lo que obstaculiza más el paso.
- La mala calidad de los materiales hace que el pavimento disminuya con su vida útil.
- El incremento vehicular aumenta el riesgo de seguridad vial tanto para transportistas como para los peatones.
- Las fuertes lluvias causan perforaciones o hundimientos en la capa de rodadura de la vía.

El mal estado de las calles, dan como resultado la insatisfacción de los usuarios, aumento del tráfico vial, generando pérdida de tiempo tanto para los transportistas públicos como los transportistas privados; daño de los vehículos por el paso brusco en los baches de la vía; riesgo en la seguridad de los transeúntes, ya que el mal estado de la vía incrementa el tráfico, existe pérdida de paciencia y estrés en los conductores, y por ser una de las vías centrales de la ciudad con una gran cantidad de peatones, aumenta el riesgo de accidentes de tránsito.

1.4 OBJETIVOS GENERAL

Desarrollar un aporte a la técnica de mejoramiento del pavimento vial a base de concreto hidráulico en el sector la Marín en la ciudad de Quito.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado del pavimento actual del sector la Marín
- Definir los daños más urgentes de reparar del sector la Marín
- Realizar un análisis de porcentaje de daño de la calzada.
- Analizar técnicas existentes del concreto hidráulico
- Definir los materiales apropiados para la estructura del pavimento nuevo

1.6 ALCANCE

Al ser el sector de la Marín muy extenso, la zona de estudio de este proyecto se concentrará en el área contenida entre la Avenida Pichincha y la Avenida Sucre, dentro de esta área se encuentra la estación de transporte público Metrobús, Ecovía y los buses con ruta al valle de los Chillos.

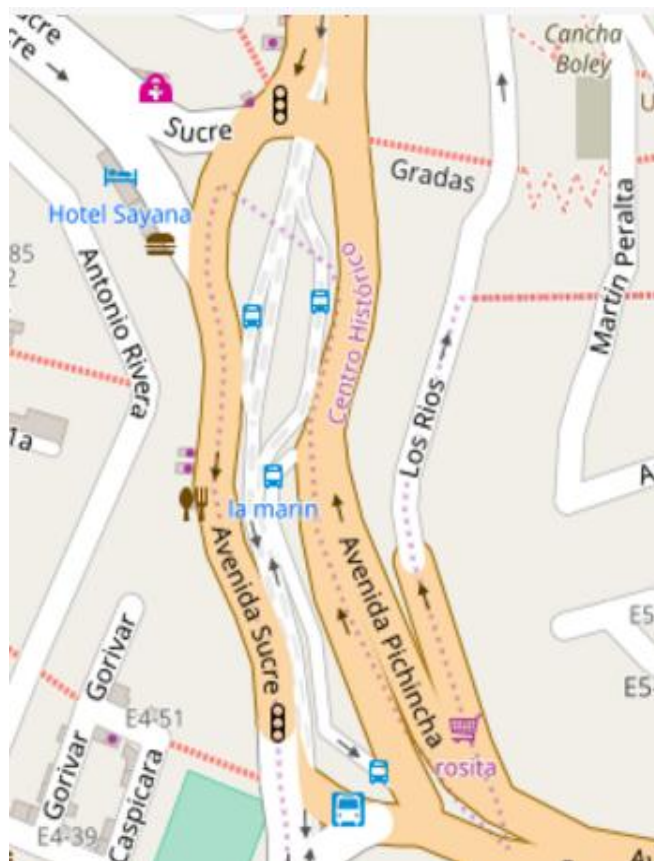


Figura 1. Playón la Marín

Tomado de Google Maps, 2017

Definidos los daños actuales y las causas por las que generan el desgaste en el pavimento de las vías de uno de los sectores más críticos de la ciudad, realizaremos una evaluación de daños en porcentaje del sector, definiendo cuáles de las dos vías en estudio requiere un mantenimiento urgente.

Las técnicas de mejoramiento de pavimento con concreto hidráulico son varias, extensas y aplicables en 113 países de todo el mundo, para el aporte que queremos dar a la técnica utilizaremos el manual de diseño de pavimento de concreto para vías con altos, medios y bajos volúmenes de tráfico del Instituto Nacional de vías de la República de Colombia.

Para establecer los materiales que serán utilizados en la técnica de mejoramiento del pavimento a base de concreto hidráulico utilizaremos las especificaciones técnicas dadas en la norma NEVI (norma para estudio y

diseños viales) del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador. Para el desarrollo de la guía de la técnica de mejoramiento, utilizaremos como material innovador al vidrio, de forma molida como aporte para el concreto hidráulico, proporcionando así mayor resistencia a la compresión del concreto. El análisis comparativo de costos se lo realizará entre el pavimento normal o flexible y la técnica propuesta, tanto en construcción como en ciclo de vida.

1.7 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.7.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

1.7.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

El Distrito Metropolitano de Quito está ubicado en la provincia de Pichincha, perteneciente a la sierra norte de la Cordillera de los Andes. La provincia tiene un área de 1.358.100 hectáreas, de las cuales el Distrito Metropolitano comprende más de 290.746 hectáreas y solamente la ciudad de Quito contiene 8 Administraciones zonales divididas en 32 parroquias urbanas y 33 rurales-suburbanas (FAO, 2008).

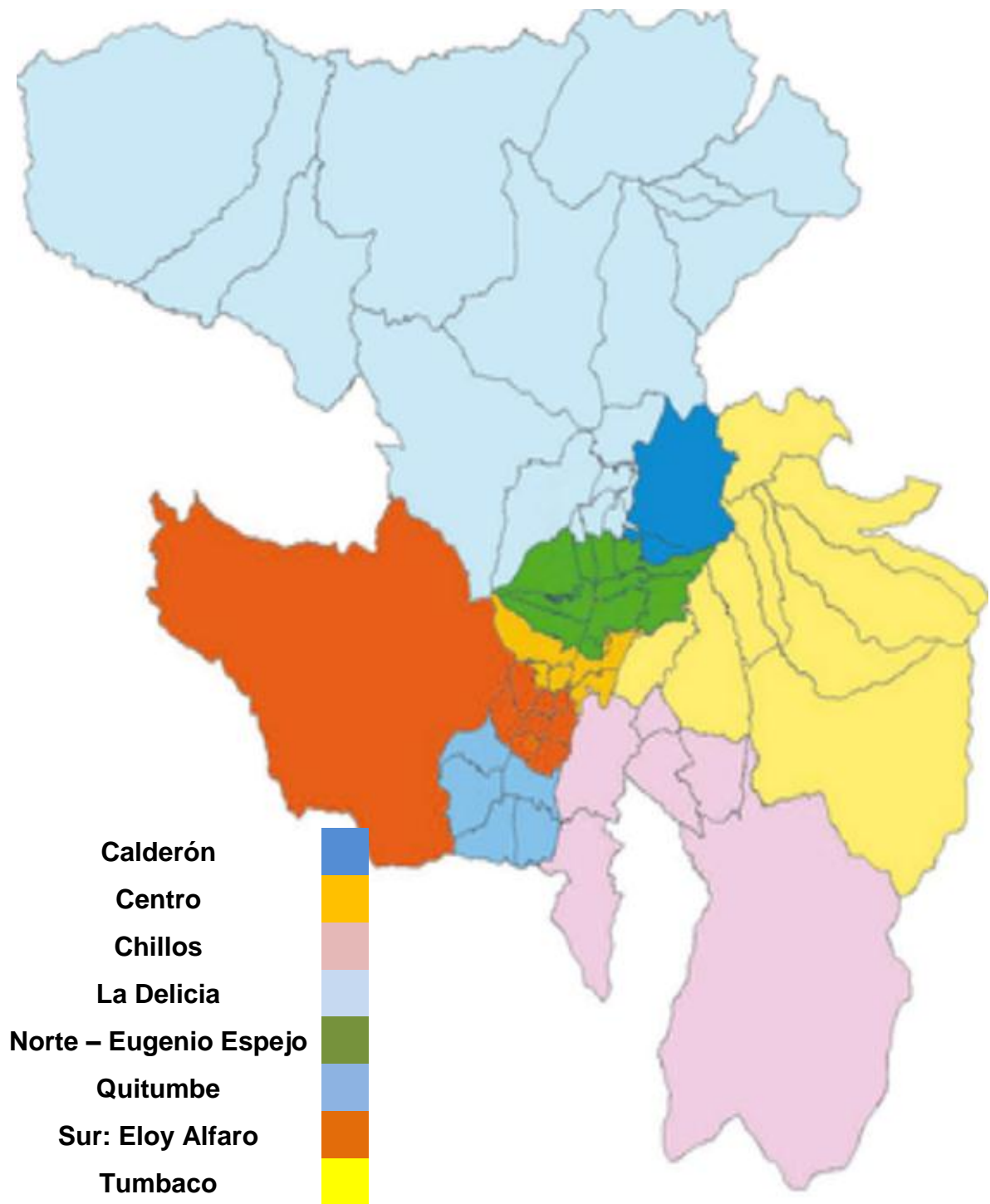


Figura 2. Mapa de quito
Tomado de Google Maps, 2017

1.7.1.2 CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS

Tanto las características de la población humana como los factores relacionados con la interacción de las poblaciones con el suelo “son relevantes para el contexto social y económico en el que se da el manejo del ecosistema forestal urbano en Quito” (FAO, 2008). Quito representa el 44.2% del territorio de la provincia de Pichincha (aproximadamente 4.2 mil Km²).

Tabla 1. Demografía de Quito

Población	2,239.2 mil hab.
Urbana:	71.8%
Rural:	28,2%
Hombres:	48.6%
Mujeres:	51.4%

Tomado de INEC Censo de población y vivienda, 2010

1.7.1.3 CRECIMIENTO POBLACIONAL

La ciudad de Quito fue fundada en 1534 en el lugar de un asentamiento incaico preexistente, con una población extranjera original de 203 españoles y 2 africanos. En la siguiente tabla se observa información referente al crecimiento poblacional histórico de la ciudad. “A pesar de existir serios problemas de calidad en algunos de estos datos, es evidente la existencia de un patrón general de crecimiento moderado (tasa de crecimiento poblacional o demográfica) desde el siglo dieciséis hasta finales del siglo diecinueve” (FAO, 2008). El patrón de crecimiento que se utiliza es la tasa de crecimiento poblacional en la ciudad de Quito.

Tabla 2. Crecimiento poblacional de Quito, 1534-1950

Área Cubierta	Año	Población total
Quito	1534	205
Quito	1650	3500
Quito	1748	58000
Quito y cinco parroquias	1779	60987
Provincia de Pichincha	1825	54250
Provincia de Pichincha	1840	79161
Quito	1858	27900
Quito	1886	39600
Quito	1906	51526
Quito	1922	80702
Quito	1933 (estimado)	107192
Quito	1947	187077
Quito (urbano y rural)	1950	224344

Tomado de FAO, 2008

1.7.1.4 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

Entre los principales aspectos a tomar en cuenta, se identifican los siguientes

1.7.1.5 Topografía

El área urbana de la ciudad de Quito, está situada en un valle montañoso localizado al Este de las faldas del volcán Guagua Pichincha. La cordillera de los Andes ha presionado para que el crecimiento de la ciudad ocurra de forma longitudinal, así Quito tiene actualmente de 5 a 8 km. de ancho, y más de 30 km. de largo, lo cual genera que las vías de movilización de norte a sur y viceversa, sean muy congestionadas. Además, frente a la incapacidad para expandirse aún más hacia el norte y sur de la ciudad, la población se ha movilitado también para la zona de los valles. Sin embargo, el centro comercial

de la ciudad recibe constantemente la afluencia de todas las zonas de la ciudad, lo cual ha ocasionado un caos vehicular en dicha zona.

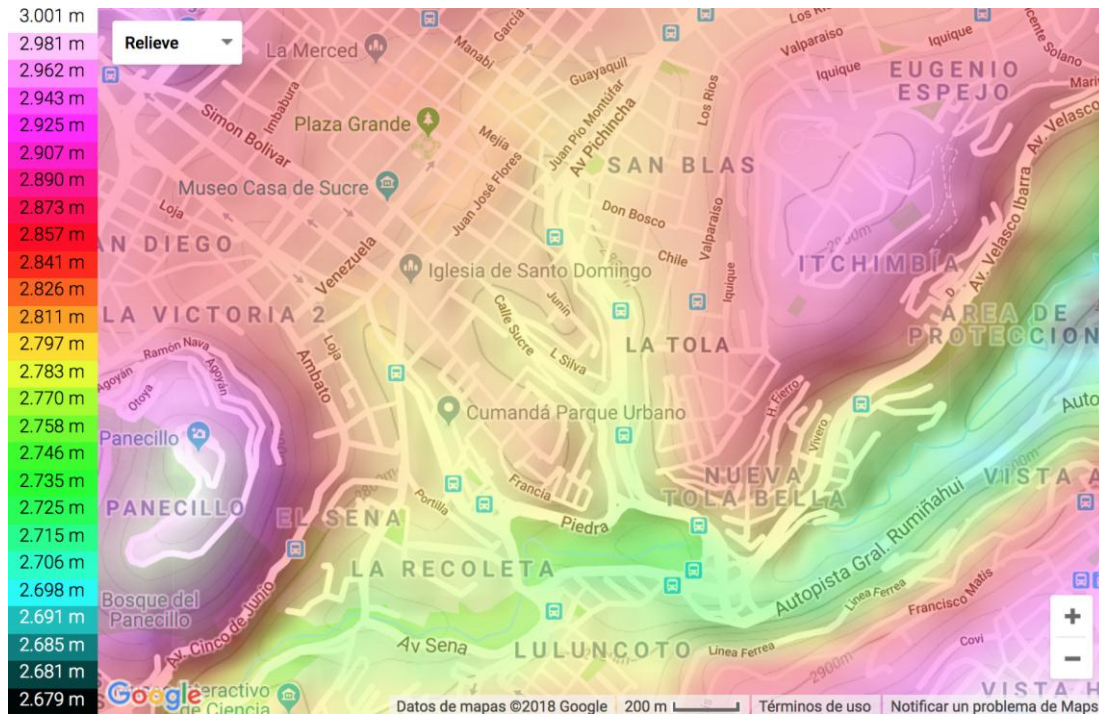


Figura 3. Topografía

Tomado de Topographic, 2018

1.7.1.6 Hidrología

Respecto a la hidrología, Quito está localizada en la subcuenca hidrológica del Guayllabamba y rodeada por la cordillera de los Andes. En esta zona fluyen ríos como el Guayllabamba, Machángara, Monjas, Pita y San Pedro, entre otros.

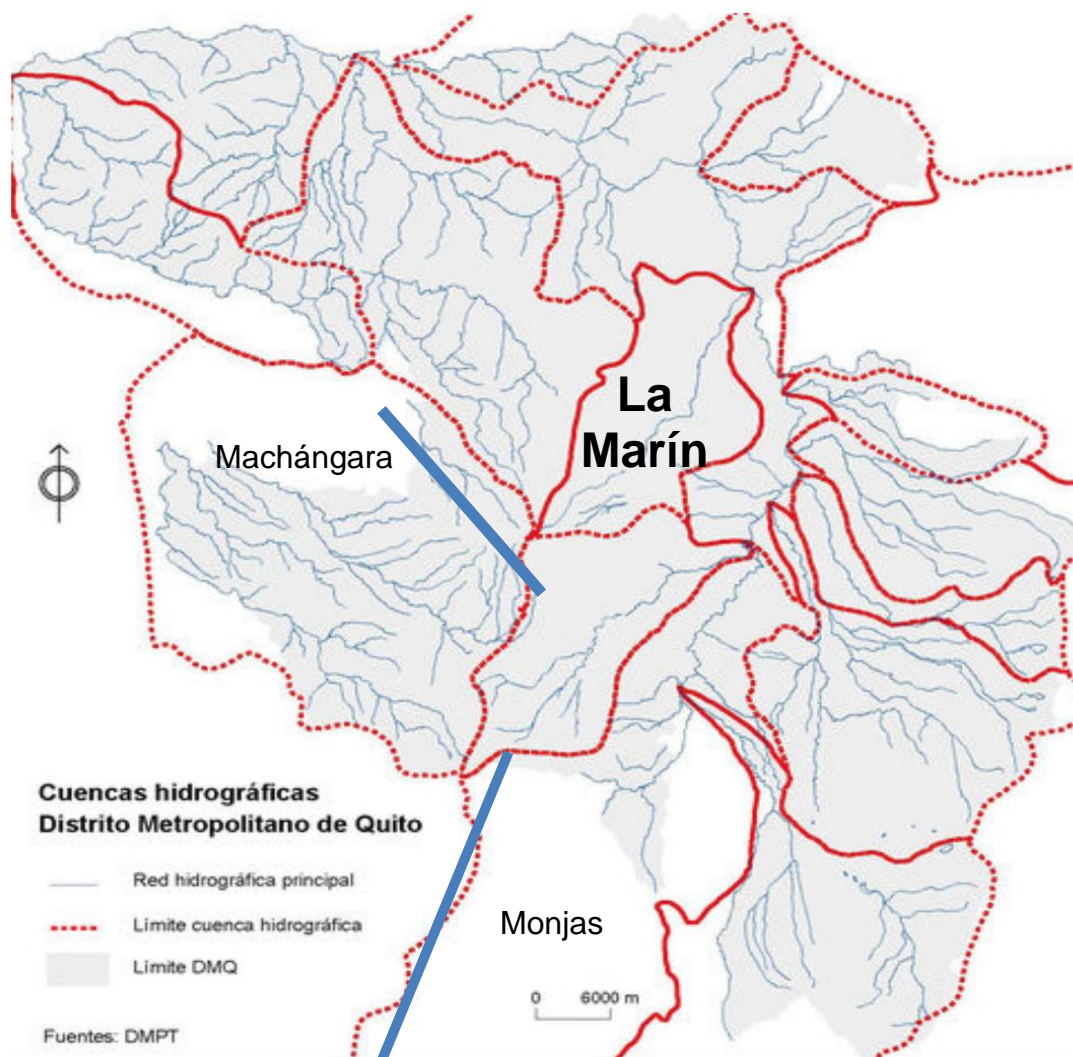


Figura 4. Cuencas Hidrográficas Quito
Tomado de Gifex, 2018

1.7.1.7 Suelos

La mayoría del suelo de la ciudad de Quito, posee un origen volcánico. En la periferia, específicamente en las zonas montañosas, los suelos poseen características particulares como francos y pseudo arenosos de textura fina. Por su naturaleza volcánica, dichos suelos tienen una capacidad de retención de humedad muy alta, sin embargo, y en algunos sitios debido a la difícil accesibilidad, estos suelos no pueden ser aprovechados para uso agrícola.

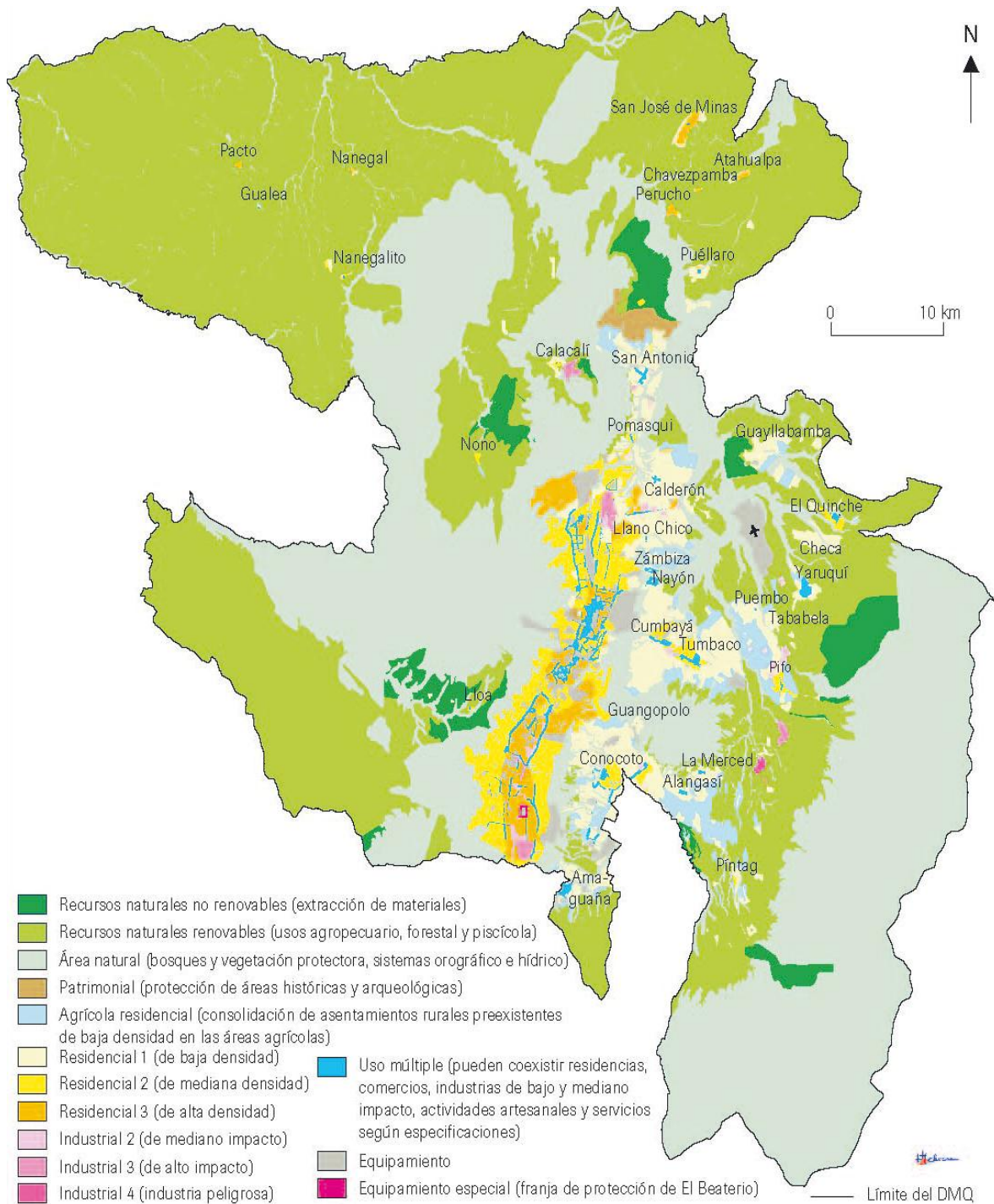


Figura 5. Suelos de la ciudad de Quito

Tomado de Municipio de Quito, 2018

CAPITULO II

CONCEPTOS GENERALES

2.1 PAVIMENTO DE CONCRETO

Un pavimento de concreto o pavimento rígido consiste básicamente en “una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase” (Morales, 2005, pág. 4). La losa es la encargada de absorber los mayores daños generados sobre el pavimento, esto es beneficioso puesto que distribuye la carga y no genera abolladuras en un solo punto. Opuesto a lo señalado anteriormente, en el caso de pavimentos flexibles, al tener menor rigidez, transmiten los esfuerzos hacia las capas inferiores. Una consecuencia de lo señalado es la mayor tensión generada en la zona subrasante, este fenómeno se observa en la siguiente figura.

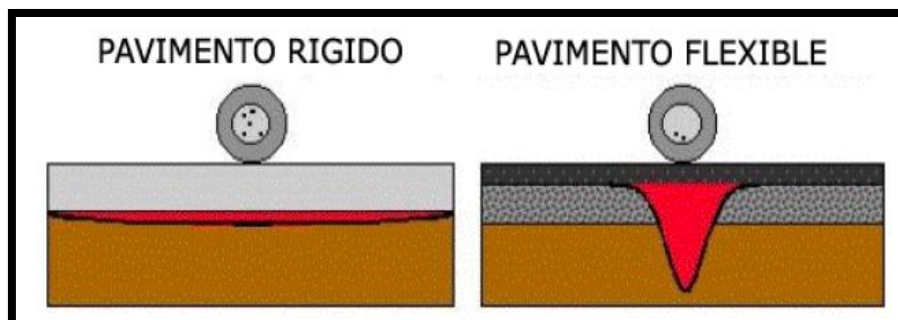


Figura 6. Esquema del comportamiento de pavimentos
Tomado de Morales, 2005, p.4.

Los principales elementos que conforman el pavimento rígido son: subrasante, sub-base, base y la losa de concreto. Cada uno de los elementos señalados se describen a continuación.

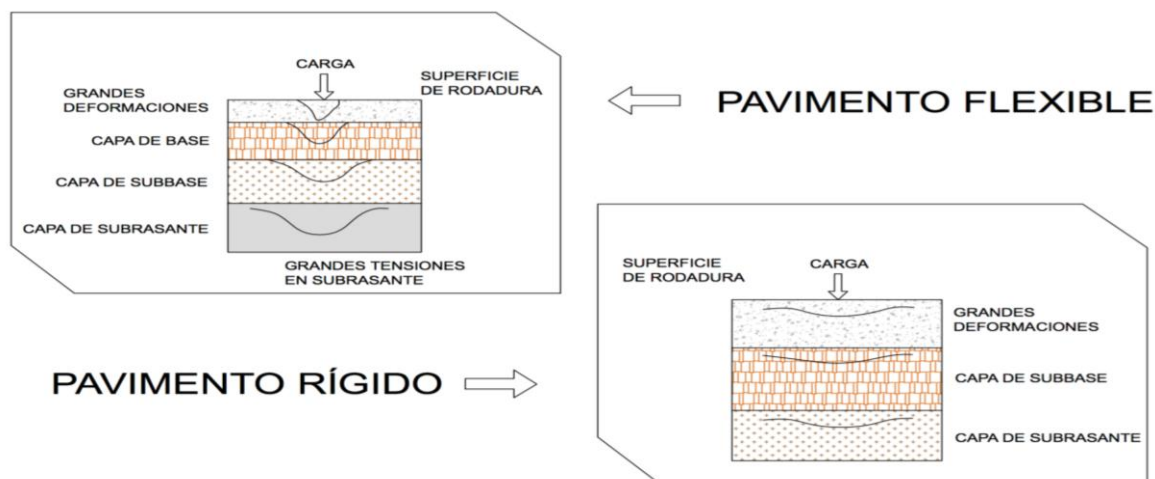


Figura 7. Comparación pavimento flexible y rígido

2.1.1 SUBRASANTE

La subrasante es “el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir la estructura del pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte” (Morales, 2005, pág. 4). Por lo señalado, la principal importancia de la subrasante es brindar estabilidad más que soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos.

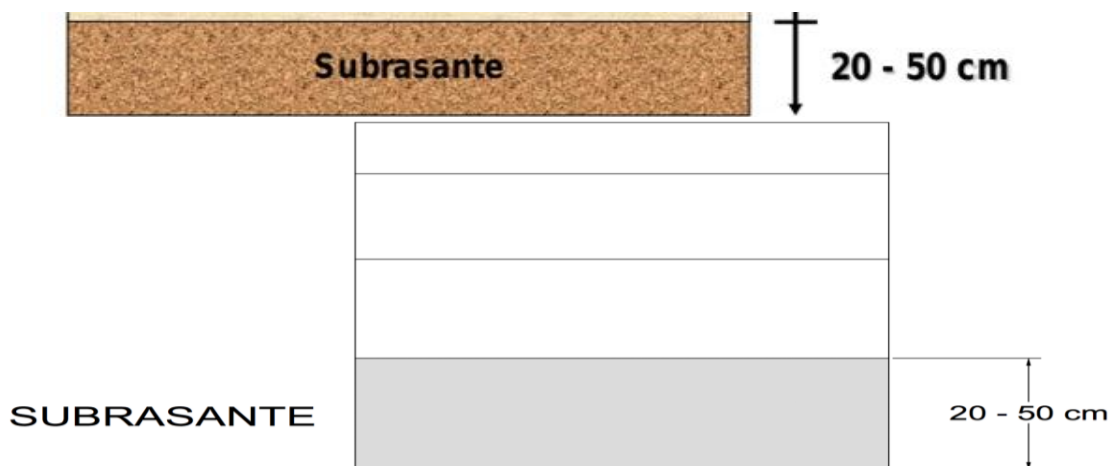


Figura 8. Subrasante

2.1.2 SUB-BASE

Es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la base o losa rígida. Consiste de “una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo” (Morales, 2005, pág. 4). Este tipo de sub-base se encuentra principalmente en pavimentos para autopistas, vías principales y donde existe afluencia de tránsito pesado.

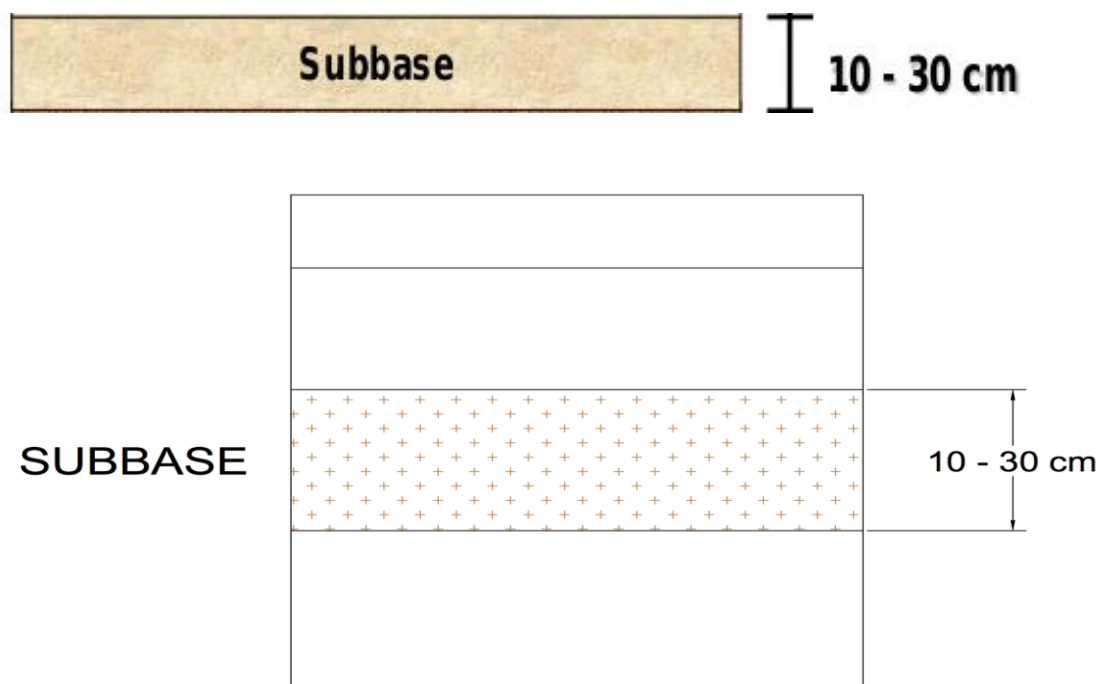


Figura 9. Sub-base

2.1.3 BASE

La capa base es aquella que recibe el mayor impacto generado por el tránsito vehicular, donde la carpeta es colocada sobre la sub-base por medio de la carga del material friccionante. El cemento es la base indispensable, puesto que proporciona sustento a las capas asfálticas delgadas. Una inadecuada base de cemento podría generar deformaciones en la vía.

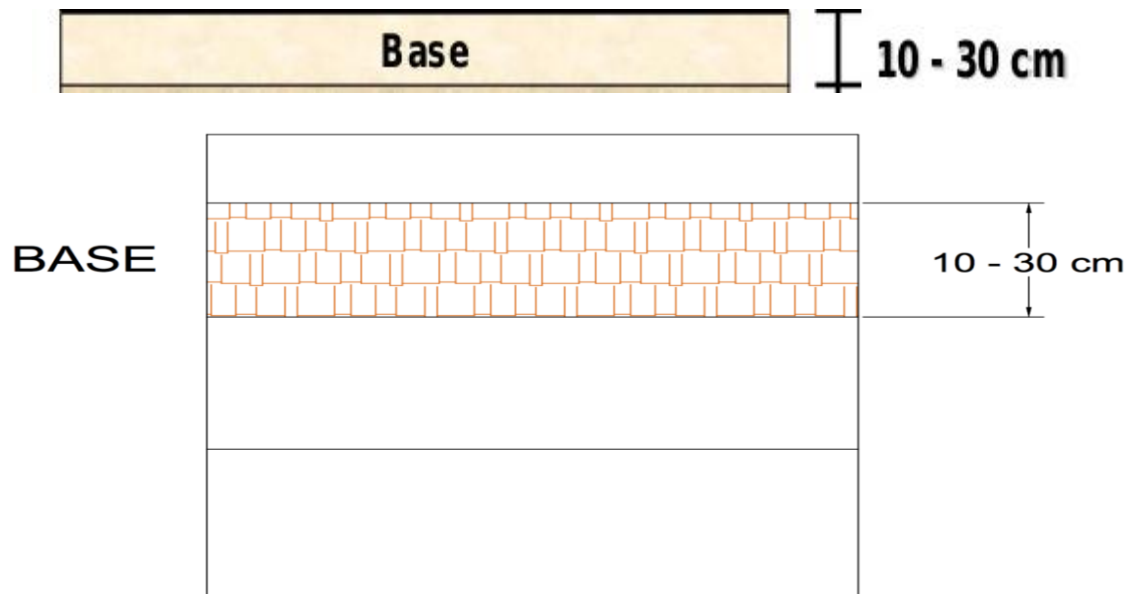


Figura 10. Base

2.1.4 LOSA O CARPETA ASFÁLTICA

La losa es construida en su totalidad por cemento; la cantidad de cemento debe determinarse en base a diversos ensayos de laboratorio, los mismos que comparen y determinen su resistencia y duración. Las diversas recomendaciones de expertos señalan que se deberá usar concreto “con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla” (Morales, 2005, pág. 13).

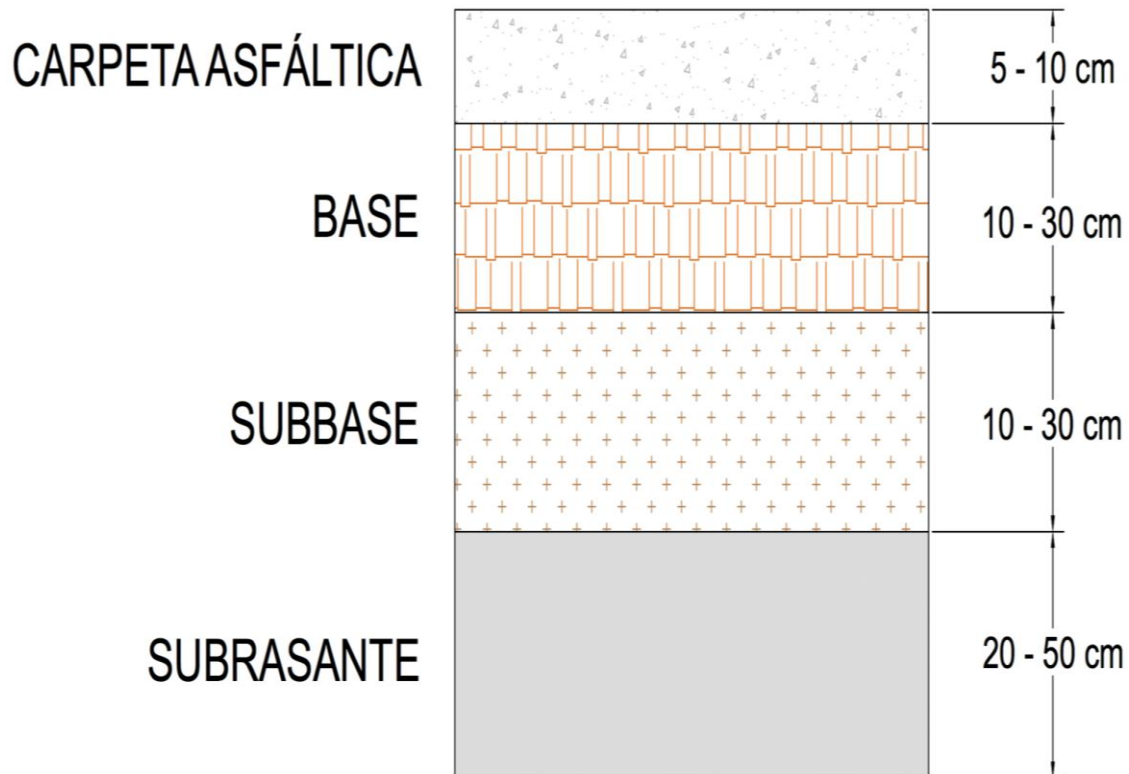


Figura 11. Esquema de pavimento rígido

2.2 VENTAJAS DEL PAVIMENTO DE CONCRETO

Entre las principales ventajas del pavimento de concreto se identifican las siguientes: a) calidad, puesto que ofrece mayor robustez y duración, b) confort del servicio ofrecido, lo cual puede ser corroborado por las personas que utilizan con frecuencia este tipo de vías, c) comportamiento, que se expresa en indicadores de control. El uso de una determinada zona vial genera seguridad o inseguridad en las personas que la transitan, esto debido principalmente a factores de control del vehículo. “El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial, del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en inglés)” (Morales, 2005, pág. 18).

El PSI califica homogeneidad del pavimento, el cual se estima en base a una escala de valores de 0 a 5. Incluso un pequeño agrietamiento en la superficie, a

pesar que no cause deformaciones significativas, genera una calificación más baja. “El diseño estructural basado en la serviciabilidad, considera necesario determinar el índice de serviciabilidad inicial (P0) y el índice de serviciabilidad final (Pt), para la vida útil de la estructura” (Morales, 2005, pág. 18). El diseño del pavimento rígido, entre otras características, debe tener las siguientes especificaciones: a) vida útil de al menos 40 años, b) facilidad de construcción, c) alta resistencia, d) versatilidad y adaptabilidad, menor necesidad de tiempo versus materiales similares, d) características particulares como sismo resistencia.

2.3 TIPOS DE PAVIMENTO DE CONCRETO

Teniendo en cuenta los costos de cada tipo de pavimento, a continuación, se muestran los principales, desde el más económico hasta el más costoso.

- Pavimentos de concreto simple: 1) sin pasadores, 2) con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

2.3.1 PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLE

Sin pasadores

Este tipo de pavimento “no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas” (Morales, 2005, pág. 5). En este caso se utiliza un espaciamiento corto entre las juntas. Para una carretera como por ejemplo una autopista, la cual recibe un flujo vehicular elevado, se generan losas de 6 m por 3,5 m, sin embargo, en casos de uso para aviones se puede alcanzar de 20 cm o superior.

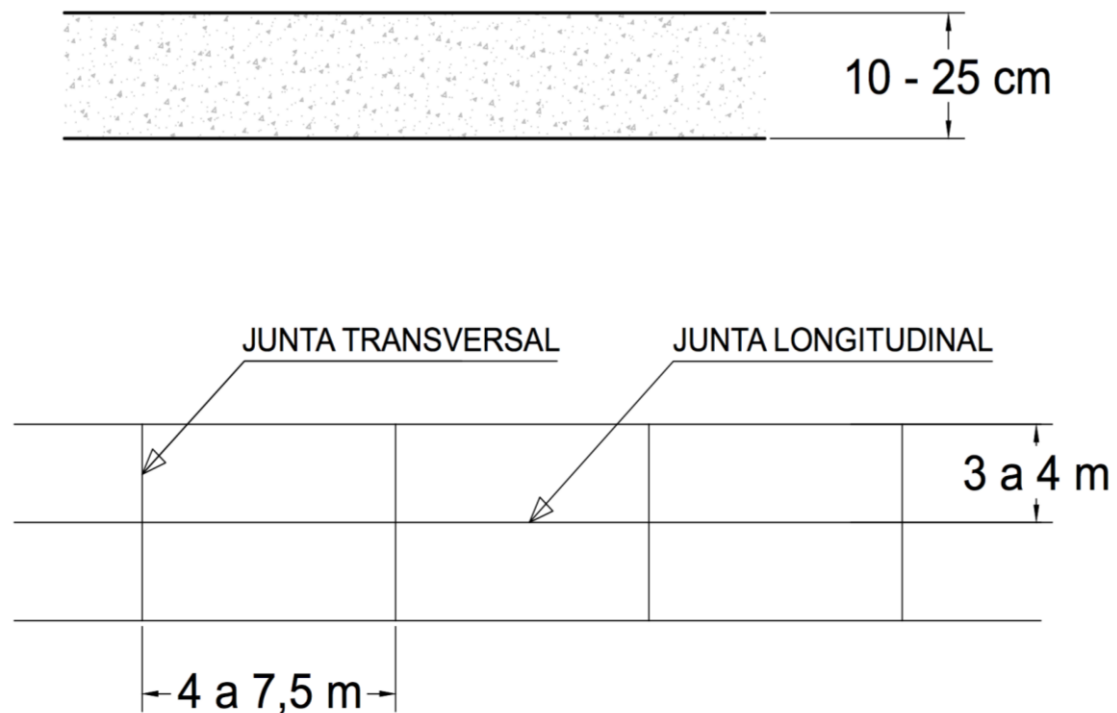


Figura 12. Pavimento de hormigón simple sin pasadores

Con pasadores

Los pasadores (dowels) son “pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas” (Morales, 2005, pág. 6). Así se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos). Este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más.

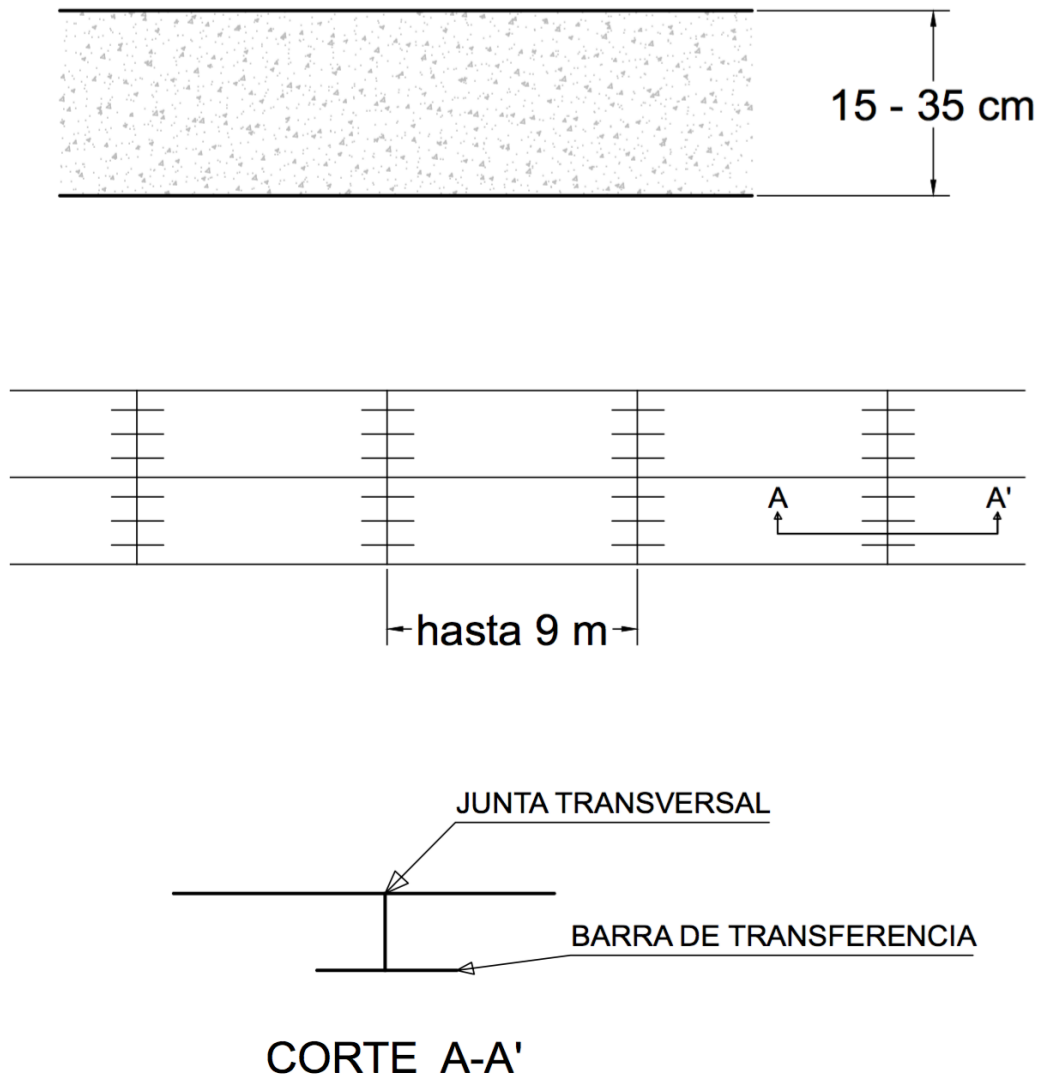


Figura 13. Pavimento de hormigón simple con pasadores

2.3.2 PAVIMENTOS DE CONCRETO REFORZADO CON JUNTAS

Este tipo de pavimento, además del refuerzo, cuenta con “pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electro soldado” (Morales, 2005, pág. 7).

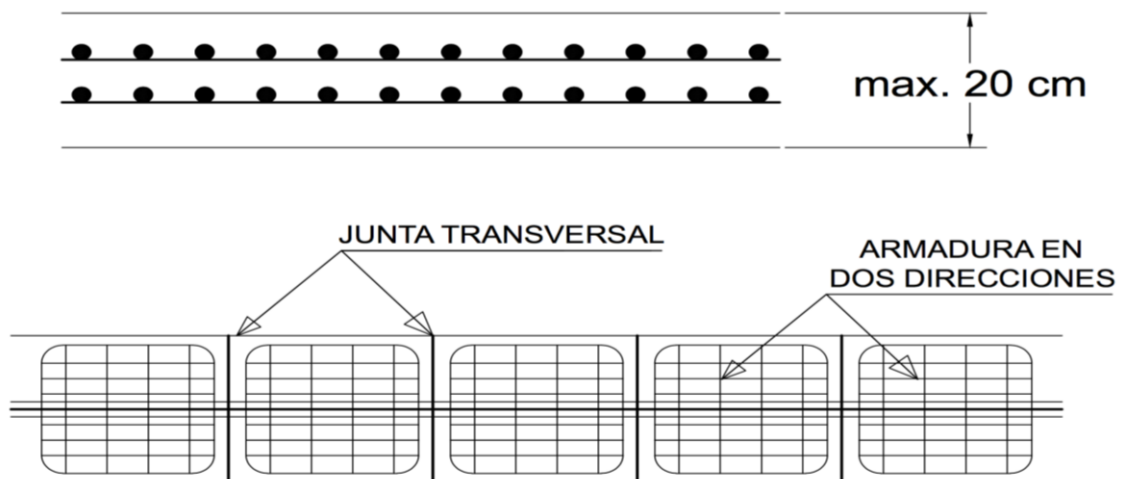


Figura 14. Pavimento de concreto reforzado con juntas

2.3.3 PAVIMENTOS DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUÓ

Este tipo de pavimento se construye sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal “es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimentos” (Morales, 2005, pág. 7).

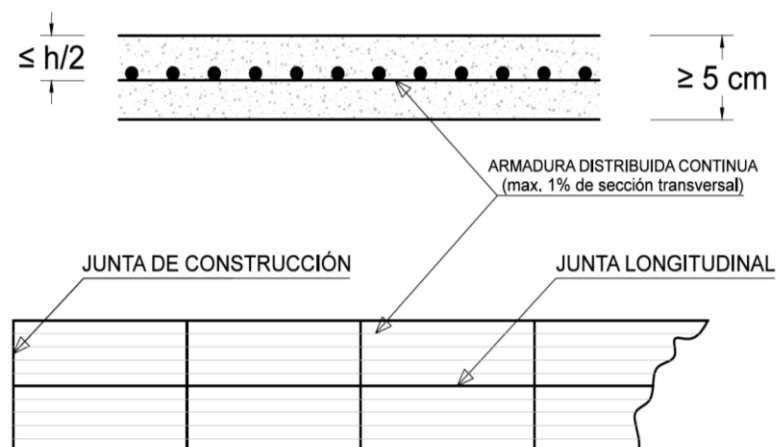


Figura 15. Pavimento con refuerzo continuo

2.4 REPARACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LA CAPA DE PAVIMENTO DE HORMIGÓN

La reparación de espesor completo implica el proceso de remoción y reemplazo (total o parcial), de todo el espesor de la losa, “las reparaciones de espesor completo pueden mejorar las condiciones del rodado y de integridad estructural, así como extender la vida útil del pavimento” (Morales, 2005, pág. 60).. La ejecución considera los siguientes pasos: a) corte de espesor, b) extracción de losa, c) colocación de barras de transferencias, d) colocación de concreto premezclado, e) vibrar y curar el concreto, este punto es muy importante puesto que un curado defectuoso generará en el futuro menor duración del concreto.

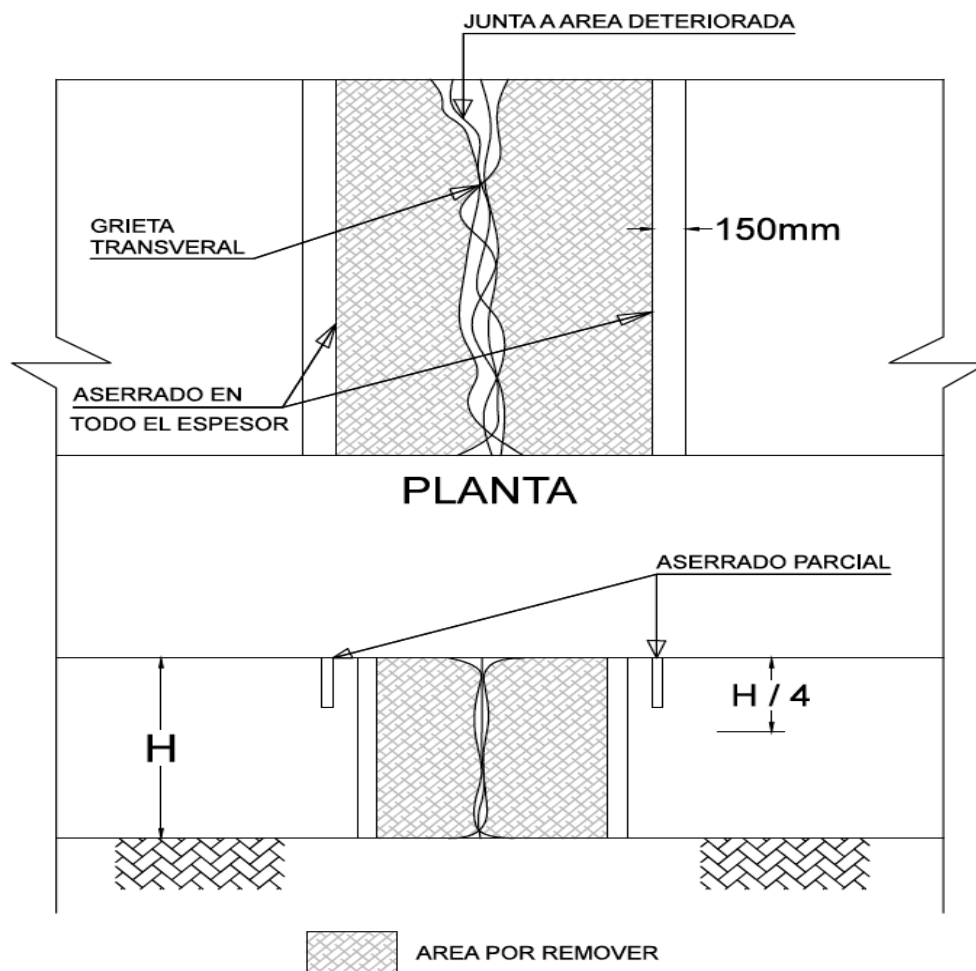


Figura 16. Vista lateral remoción de área por reparar

2.5 CONCRETO HIDRÁULICO

El concreto hidráulico tiene como característica principal permitir que el agua fluya libremente y no sea absorbida por este.

El concreto normal absorbe agua y al paso del tiempo este se cuartea o se fisura a diferencia del concreto hidráulico

El concreto hidráulico es una mezcla homogénea de varios materiales:

- Cemento Portland
- Agregados pétreos, finos como la arena
- Agregados gruesos como el ripio
- Agua
- Aditivos, por ejemplo, reductores de agua, impermeabilizantes, acelerantes de fraguado.

Convirtiéndose en una mezcla que se pueda moldear y cuando se fragua el concreto da como resultado un material rígido y resistente. El concreto hidráulico es el material hoy en día más utilizado en las construcciones actuales por su durabilidad, trabajabilidad, su alta resistencia. El concreto hidráulico se clasifica en dos clases que desarrollaremos a continuación.

2.5.1 CONCRETO HIDRÁULICO DE CLASE 1.

El concreto hidráulica clase 1 posee una masa volumétrica cuando se encuentra en su estado fresco de 2200 y 2400 kg por m³, cuando se ha llegado a su fraguado máximo a los 28 días tendrá una resistencia a la compresión mayor a $f_c = 24,5$ mega pascales (250 kg/cm²). El concreto hidráulica clase 1, se utiliza frecuentemente en edificios de gran altura, puentes, vías de tráfico pesado.

2.5.1.1 El Concreto hidráulico de clase 2.

Este posee una masa volumétrica en estado fresco desde 1800 a 2200 kilogramos por metro cúbico, cuando se ha llegado a su fraguado máximo a los 28 días tendrá una resistencia a la compresión menor a $f_c = 24,5$ mega pascales. Este tipo de concreto se utiliza en losas de vivienda de baja altura, pisos industriales, contrapisos, entre otros.

$$1 \text{ Mpa} = 10,2 \text{ kg/cm}^2$$

Características del Concreto con Includor de Aire

Al llegar a su fraguado final, tendrá una resistencia a la compresión (f_c) menor de veinticuatro comas cinco (24,5) mega pascales (250 kg/cm²).

2.5.2 DEFINICIÓN DEL CEMENTO PORTLAND

El cemento Portland es el elemento más importante de todos los aglutinantes del concreto hidráulico. Es el elemento que ha permitido el desarrollo de las más grandes obras de ingeniería civil. Los principales componentes de este tipo de cemento son: Compuestos de cal (silicatos, aluminatos). Los cementos que se utilizan en la fabricación de hormigón, tienen la propiedad de “fraguar y endurecer con el agua, en virtud de que experimentan una reacción química con ella y, por lo tanto, se denominan cemento hidráulico” (Morales, 2005, pág. 33).

Para lograr una mayor eficiencia en la utilización del cemento, su dosificación varía de acuerdo al tipo de obra y sus requerimientos, si se habla de cemento en forma general; pero puede ser necesario variar el tipo de cemento (no su dosificación), por necesidades de obra. Por ejemplo: cemento tipo I, para todo tipo de obra en condiciones ambientales normales, cemento tipo II, para presas, por su bajo calor de hidratación, para evitar fisuramiento. En nuestro

medio se usa el tipo II, para alcantarillas y suelos sulfatados; en otros medios es conveniente al tipo IV.

2.5.3 RESISTENCIA DEL HORMIGÓN

Para fines netamente estructurales, la resistencia del hormigón es la propiedad fundamental. En otros casos puede ser más importante la durabilidad, la impermeabilidad, el acabado, etc. Sin embargo, cualquiera de estas propiedades, está relacionada con la resistencia. “La resistencia del hormigón está determinada, entre otras cosas por las proporciones de sus ingredientes y por la calidad misma de los ingredientes. A más de las propiedades mencionadas que influyen en la resistencia del hormigón” (Rivera, 2017).

2.5.4 DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

Dentro de los requisitos de diseño de una estructura de hormigón, se debe considerar la durabilidad a más de la resistencia. Entendiéndose como durabilidad cuando el hormigón resiste sin deteriorarse el mayor tiempo posible. “Las condiciones ambientales a las que está sometida la estructura de hormigón. La durabilidad del hormigón depende de dos factores: interno y externo. Los factores externos pueden ser: acción de cargas, sulfatos, sales, ácidos, cambios térmicos, abrasión, acción de gases, etc. Entre los factores internos tenemos básicamente la reacción álcali-agregado” (CDT, 2016).

2.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CONCRETO HIDRÁULICO.

Como objetivo principal de este estudio es definir un aporte a la Guía Técnica para mejorar la estructura del pavimento asfáltico existente en el sector de La Marín al reemplazar la capa asfáltica por el pavimento de Hormigón o Concreto hidráulico. Con solo el hecho del cambio de la estructura se logra un impresionante mejoramiento en la capa de rodadura.

Tabla 3. Cantidades necesarias para elaborar un metro cubico de concreto:
agregado grueso, dimensión máxima 39mm

Proporción	Cemento kg.	Arena m3	Grava m3	Agua m3	Fatiga (f'c) a la rotura a los 28 días kg/cm2
1:1,5:1,5	526	0,521	0,521	0,221	303
1:1,5:2,0	472	0,468	0,623	0,215	270
1:1,5:2,5	423	0,419	0,698	0,212	245
1:1,5:3,0	390	0,366	0,773	0,203	230
1:2,0:2,0	412	0,544	0,544	0,222	217
1:2,0:2,5	381	0,503	0,503	0,221	195
1:2,0:3,0	353	0,466	0,699	0,212	185
1:2,0:3,5	325	0,429	0,75	0,208	164
1:2,0:4,0	305	0,403	0,805	0,207	140
1:2,0:5,0	345	0,569	0,569	0,227	156
1:2,5:3,0	320	0,528	0,634	0,218	147
1:2,5:3,5	300	0,495	0,693	0,216	132
1:2,5:4,0	281	0,474	0,758	0,213	118
1:3,0:4,0	262	0,517	0,592	0,220	94
1:3,5:4,5	247	0,489	0,734	0,212	89
1:3,0:5,0	234	0,464	0,772	0,211	80

Tomado de CICP Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha

En presencia de una mayor cantidad de cemento por m³, se incrementa la resistencia del pavimento hidráulico a 303 kg/cm². Por el contrario, cuando se incrementa la cantidad de agregado fino y grueso, la resistencia disminuye a 80 kg/cm², como se aprecia en la rotura a los 28 días.

Tabla 4. Cantidades necesarias para elaborar un metro cubico de concreto:
agregado grueso, dimensión máxima 19mm

Proporción	Cemento kg.	Arena m3	Grava m3	Agua m3	Fatiga (f'c) a la rotura a los 28 días kg/cm2
1:1,5:1,5	532	0,527	0,527	0,234	288
1:1,5:2,0	480	0,475	0,634	0,220	270
1:1,5:2,5	434	0,43	0,716	0,211	245
1:1,5:3,0	400	0,396	0,792	0,208	230
1:2,0:2,0	418	0,552	0,552	0,234	205
1:2,0:2,5	388	0,512	0,64	0,225	195
1:2,0:3,0	362	0,478	0,717	0,217	185
1:2,0:3,5	344	0,441	0,772	0,214	164
1:2,0:4,0	313	0,413	0,827	0,213	147
1:2,5:2,5	351	0,579	0,579	0,232	156
1:2,5:3,0	327	0,54	0,648	0,229	140
1:2,5:3,5	307	0,507	0,709	0,221	132
1:2,5:4,0	287	0,474	0,758	0,218	118
1:3,0:4,0	266	0,527	0,703	0,223	94
1:3,0:4,5	252	0,499	0,749	0,222	84
1:3,0:5,0	240	0,48	0,742	0,221	76

Tomado de CICP Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha

En la tabla anterior se observa que la resistencia del pavimento hidráulico es de 288 kg/cm² con una dosificación de 1:1.5:1.5 de 532 kg de cemento, 0.527 m³ de arena, 0.527 m³ de grava y 0,234 m³ de agua. Para una dosificación de 1:3,0:5,0 de 240 kg de cemento, 0.48 m³ de arena, 0.742 m³ de grava y 0.221 m³ de agua, se alcanza una resistencia a la rotura a los 28 días de 76 kg/cm².

Con este análisis de las diferentes dosificaciones de los componentes del concreto podemos observar la variedad de resistencias a la rotura de los

cilindros de prueba que alcanzan a los 28 días, es importante determinar que a mayor cantidad de cemento mayor resistencia del concreto, lo que no sucede con los agregados esto es que a mayor cantidad de agregados la resistencia del concreto bajo. Para mejorar la resistencia, como nos podemos dar cuenta debemos mejorar la resistencia de los agregados que componen el concreto esto es en el agregado grueso o ripio, para lo cual existe un ensayo de este material que es el ENSAYO DE RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL CONCRETO, lo que a continuación se describe en que consiste este ensayo que se lo realiza en el laboratorio de resistencia de materiales.

2.6.1 RESISTENCIA A ABRASIÓN DEL CONCRETO.

Los pisos, pavimentos y estructuras hidráulicas son expuestos a abrasión o al desgaste, por lo que en estas aplicaciones el concreto necesita tener alta resistencia a abrasión.

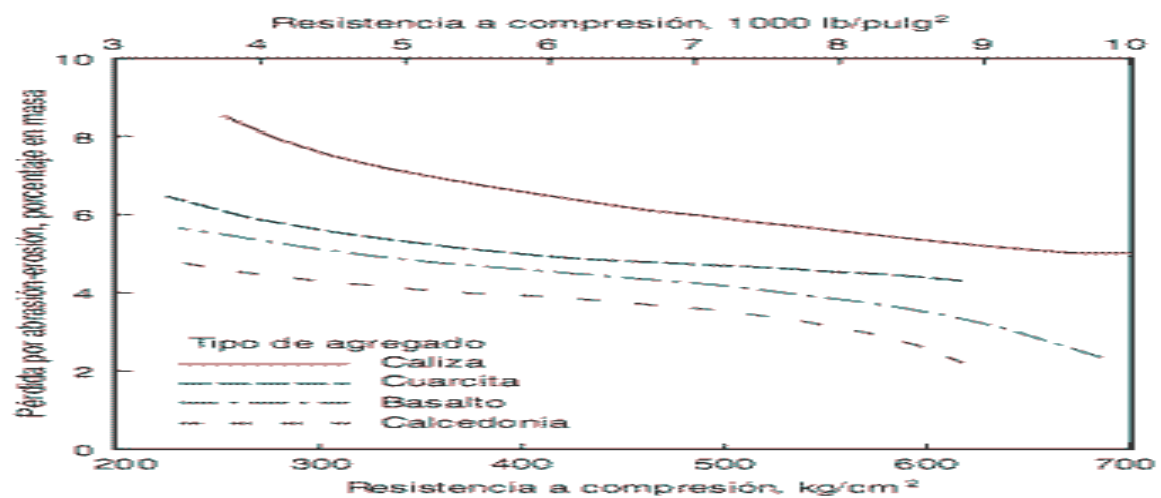


Figura 17. Efecto de la resistencia a compresión

La Figura anterior muestra los resultados de ensayos de resistencia a abrasión en concretos con diferentes resistencias a compresión y diferentes tipos de agregados, por ejemplo: la caliza tiene una densidad de 2.400 kg/m³, la cuarzita 2.600 kg/m³, el basalto 2.400 kg/m³ y la calcedonia 2.600 kg/m³. La

figura muestra el porcentaje de desgaste de material que se obtiene cuando se alcanza una determinada resistencia de kg/m^3 .

2.6.2 PRUEBA DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES.

Esta es la prueba que “más se aplica para averiguar la calidad global estructural del agregado grueso. Este método establece el procedimiento a seguir para determinar el desgaste, por abrasión, del agregado grueso, menor de $1\frac{1}{2}$ ” (38 mm), utilizando la máquina de Los Ángeles” (Ingeniería Civil, 2018).



Figura 18. Máquina de abrasión de Los Ángeles
Tomado de Ingeniería Civil, 2018

La máquina de Los Ángeles consiste en “un tambor cilíndrico hueco, de acero, cerrado en sus extremos. La carga abrasiva consiste de esferas de acero” (Ingeniería Civil, 2018). Una valiosa información referente a la uniformidad de la

muestra que se ensaye puede obtenerse determinando la pérdida por desgaste después de 100 revoluciones. Esta maquinaria permite medir la resistencia a la abrasión del agregado grueso del material a utilizar.

2.6.3 RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Los equipos necesarios para realizar el procedimiento son: 1. Báscula con capacidad de 120 Kg. o balanza de 20 Kg, 2.- Mallas estándar de 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4 y No.12, 3.- Máquina de los Ángeles, de dimensiones especificadas, 4. Charolas rectangulares, 5.- Cucharon. A continuación, se muestran los equipos requeridos.



Figura 19. Báscula con capacidad de 120 Kg. o balanza de 20 Kg



Figura 20. Mallas estándar de 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", No.4 y No.12



Figura 21. Máquina de los Ángeles de dimensiones especificada



Figura 22. Charolas rectangulares



Figura 23. Cucharon

El procedimiento para determinar el desgaste por abrasión de agregado grueso mayor a $\frac{3}{4}$ "(19 mm) utilizando la máquina de Los Ángeles, se describe en la ASTM C-535. El porcentaje de desgaste determinado en ambas condiciones (ASTM C 131 y ASTM C-535) no es el mismo. La muestra consistirá de agregado limpio y debe ser representativa del material que se vaya a ensayar. Una vez que se alcanza el número requerido de revoluciones del tambor, se tamiza el agregado para determinar el porcentaje de agregado que ha sido

reducido hasta un tamaño menor que 1.7mm (tamiz N°12) (Ingeniería Civil, 2018)

2.6.4 CONCRETO HIDRÁULICO HECHO EN OBRA.

Se fabrica en la obra mediante un equipo mecánico ligero denominado revolvedora, dosificando generalmente sus componentes en volumen, o bien con equipos mayores como plantas dosificadoras, donde el proporcionamiento se hace por masa. El concreto normal absorbe agua al paso del tiempo y este se cuartea a diferencia del concreto hidráulico que tiene la capacidad de no absorber el agua y permite que el agua fluya libremente. Para el suministro y colocación del concreto hidráulico se deben realizar algunos trabajos previos:

- Contar con los planos definitivos del proyecto en los que constarán los niveles, alineaciones verticales como horizontales.
- Debe existir las redes de instalaciones.
- Retiro de estructuras de pavimento viejo.
- Compactación de la subrasante.
- Tendido, compactación, hidratación de las capas de subbase y base que son el soporte para la losa de concreto hidráulico y deberán ser de los espesores que constan en el diseño.
- Una vez que el concreto hidráulico empieza a fraguar se debe proceder con el curado respectivo de la superficie de concreto hidráulico para lo cual se emplea una emulsión en agua y base parafina de color claro.
- Curado y fraguado el concreto hidráulico se procederá a realizar las juntas de dilatación que son cortes al tercio de su espesor cada 5 metros en sentido transversal y que son los sitios donde se colocan los Dowels (varillas de transferencia de carga).
- Se procederá con el sellado de las juntas con un producto de poliuretano.

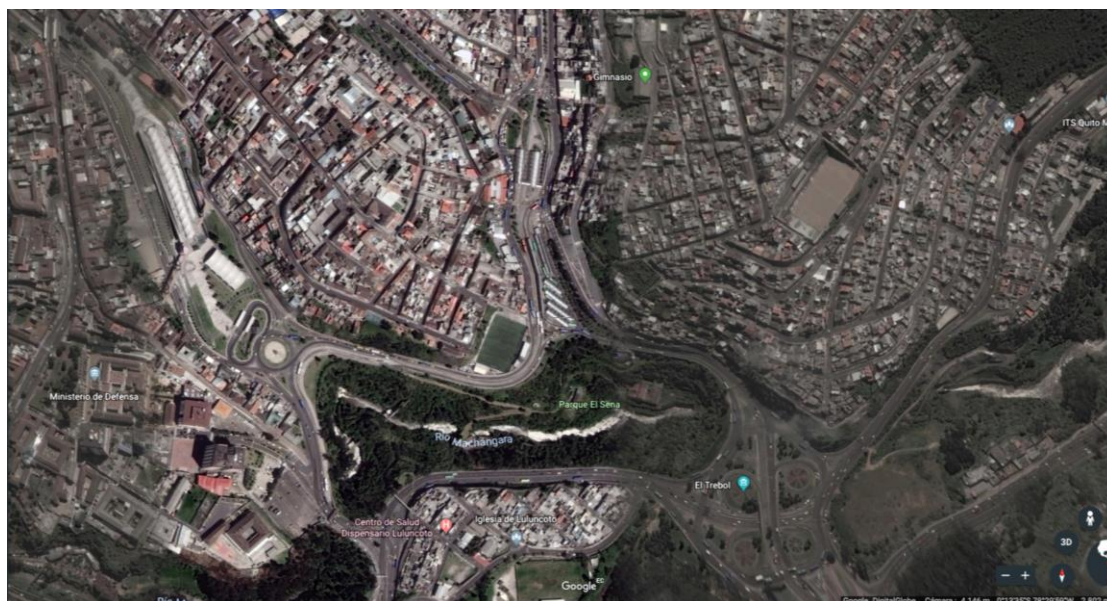


Figura 24. Área de impacto del proyecto
Tomado de Google Earth

CAPITULO III DIAGNOSTICO DEL PAVIMENTO ACTUAL

3.1 ANÁLISIS DEL ESTADO DEL PAVIMENTO ACTUAL

Para el análisis del pavimento actual se ha realizado una visita técnica a la zona de estudio (área contenida entre la Avenida Pichincha y la Avenida Sucre). Definidos los daños actuales que generan el desgaste en el pavimento de las vías de uno de los sectores más críticos de la ciudad, realizaremos una evaluación de daños en porcentaje del sector, definiendo cuáles de las dos vías en estudio requiere un mantenimiento urgente. En la siguiente figura se puede observar los tres sectores más críticos de la zona de estudio. En la Avenida Sucre se encuentra el daño más grave, puesto que es una calle muy transitada por ser la entrada principal de la escuela Sucre. En el semáforo frente a la parada del Playón la Marín se tiene un daño del pavimento muy grave, ya que el Municipio se encuentra realizando la restauración del alcantarillado. El daño más serio en la Avenida Pichincha se encuentra en la entrada de los buses inter parroquiales del valle de los chillos.

3.2 ANÁLISIS DE DAÑO DE LA CALZADA

Con estas tres zonas críticas, se realiza el análisis de porcentaje de daño de la calzada, en el cual se obtiene características de los baches encontrados, dando como resultado una tabla en la que se define el sector más crítico en el que se aplicará la técnica de mejoramiento del pavimento a base de concreto hidráulico.



Figura 25. Zona donde se realiza el análisis
Tomado de Google Earth

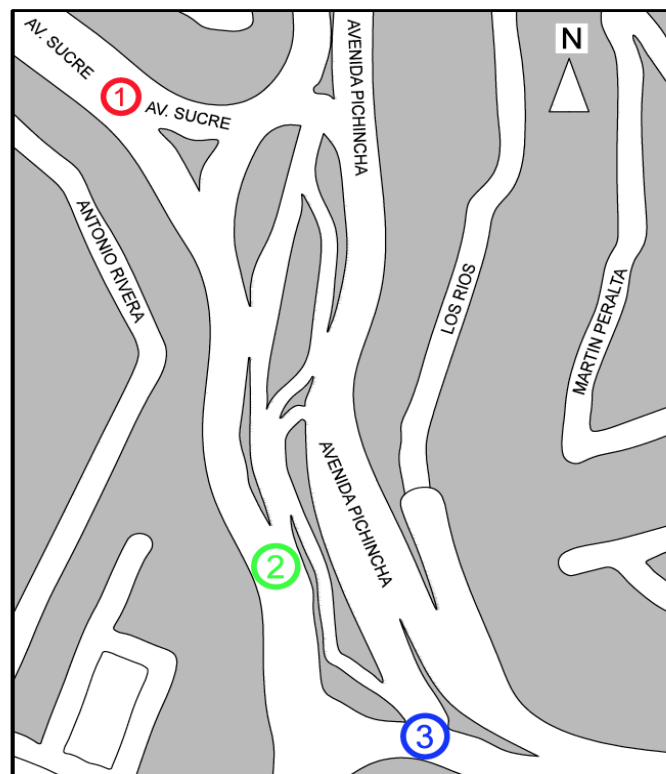


Figura 26. Zona de estudio

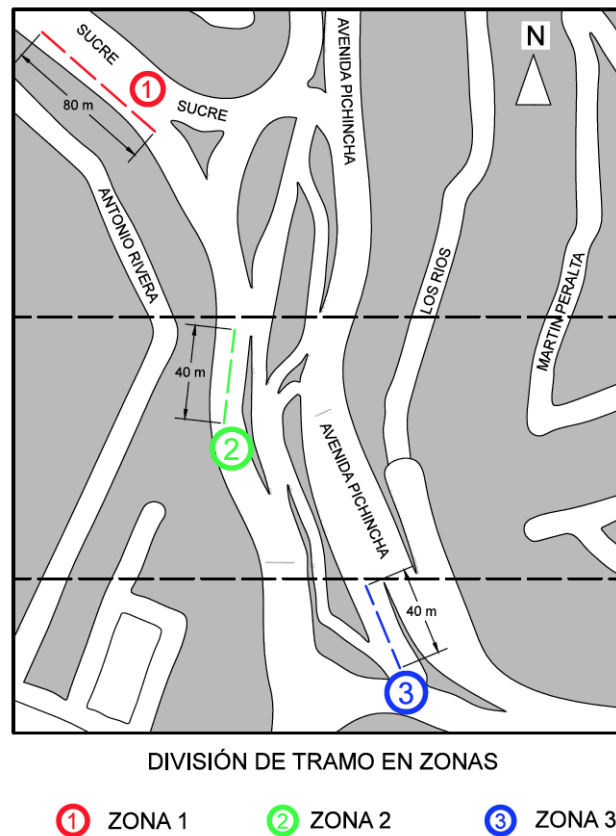


Figura 27. División de tramo en zonas

3.2.1 ANÁLISIS ZONA 1

- El lugar denominado Zona 1 se encuentra en la Avenida Sucre, en la entrada a la Escuela Sucre en un área aproximada de 480 m².
- El 80% del ancho de la vía se encuentra en mal estado.
- Existe un promedio de tres baches de hasta 60cm de diámetro, 15 baches de 50 cm de diámetro y profundidad de 2cm aproximadamente, 5 baches de 30 cm e innumerables baches que van de los 5cm a 25cm. Por tal razón se determina que el área afectada corresponde al 80% del total de la calzada.
- La mayor profundidad de los baches es de 6cm.

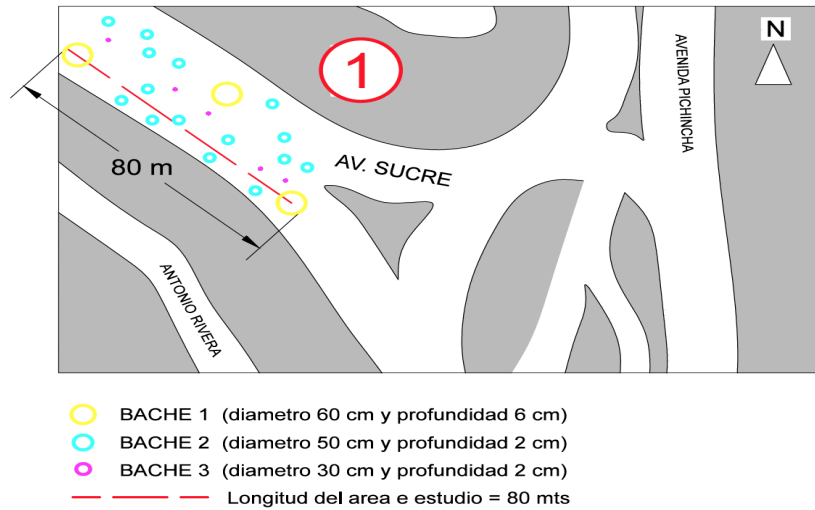


Figura 28. Zona 1



Figura 29. Baches importantes Zona 1

	N. Baches	Diámetro mayor (cm)	Profundidad mayor (cm)	% ancho afectado
Zona 1	3	60	6	80
	15	50	2	
	5	30	2	

En la tabla anterior se observa la cantidad de baches existentes en la zona, lo cual en su totalidad afecta al 80% de la calzada.

3.2.2 ANÁLISIS ZONA 2

- El lugar denominado Zona 2 se encuentra en el semáforo de la Avenida Sucre frente a la estación de transporte público Metro bus
- El 40% del ancho de la vía se encuentra en reparación.
- Por estar en estado de reparación, la vía está sin pavimento o capa de rodadura
- Se encuentra un promedio de 2 baches en todo el largo de la vía de 10cm de diámetro y de 3cm de profundidad
- La profundidad o espesor del nuevo pavimento es de 7cm

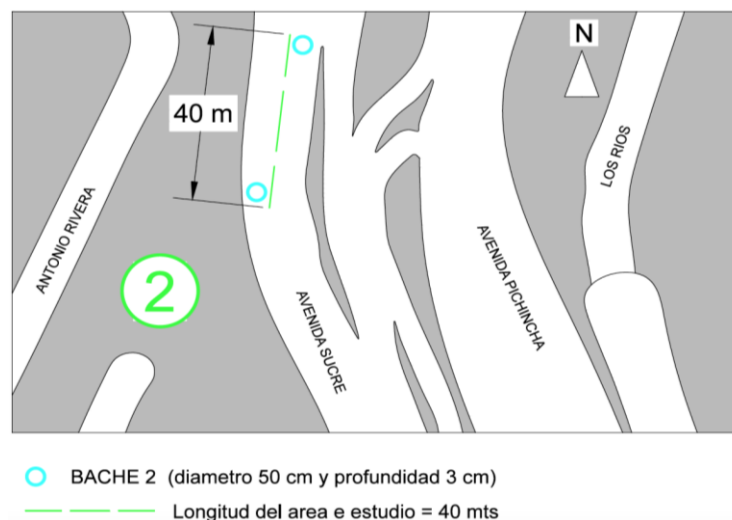


Figura 30. Zona 2

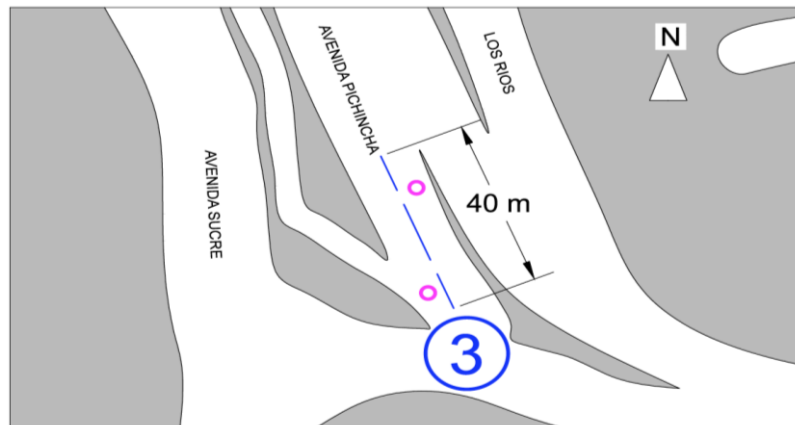


Figura 31. Baches importantes Zona 2

	N. Baches	Diámetro mayor (cm)	Profundidad mayor (cm)	% ancho afectado
Zona 2	2	50	3	40

3.2.3 ANÁLISIS ZONA 3

- El lugar denominado Zona 3 se encuentra en la entrada al Playón de los buses inter parroquiales del valle de los chillos
- El 35% del ancho de la vía se encuentra en mal estado
- Existe un promedio de 2 baches de hasta 20cm de diámetro
- La mayor profundidad de los baches es de 4cm



- BACHE 3 (diametro 20 cm y profundidad 4 cm)
- — — Longitud del area e estudio = 40 mts

Figura 32. Zona 3



Figura 33. Baches importantes Zona 3

	N. Baches	Diámetro mayor (cm)	Profundidad mayor (cm)	% ancho afectado
Zona 3	2	20	4	35

3.3 ANÁLISIS PORCENTUAL

Se realiza el análisis porcentual y la definición de la zona crítica a partir del número de baches, del diámetro y profundidad o espesor mayor de los baches y del porcentaje de ancho afectado de la vía de cada zona. Con este análisis se determina que la zona más crítica es la Zona 1, en la cual se podrá poner en práctica la aplicación de la técnica de mejoramiento de pavimento.

3.4 ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL

El índice de rugosidad internacional “surgió como una necesidad para unificar los criterios de medición de la rugosidad superficial de las carreteras, constituyéndose como uno de los parámetros de mayor aceptación y utilización para medir el deterioro superficial de las carreteras” (Caro & Peña, 2012). La regularidad superficial se define normalmente por un índice que se refiere a una determinada longitud de carretera.

Para determinar el índice de rugosidad de la zona crítica del proyecto, se ha utilizado estimaciones de valores subjetivos y medidas sin calibrar. Se ha realizado la determinación del índice de rugosidad por método estático de levantamiento con miras, empleando el equipo tradicional de topografía (estación total) en donde se establece la cota horizontal de referencia y se mide la distancia longitudinal a lo largo de la huella de la rueda. El índice de rugosidad para la vía de este proyecto es 4.1. Se puede confirmar que el estado del pavimento de la zona 1 es Regular según el valor del índice de rugosidad.

Tabla 5. Índice de rugosidad Internacional

IRI	Pavimento hidráulico	Pavimento asfáltico
Muy bueno	<3.2	<2.8
Bueno	3.2 - 3.9	2.8 - 3.5
Regular	4.0 - 4.6	3.6 - 4.3
Malo	>4.6	>4.3

Tomado de AASHTO, 2014, p.242

3.5 ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD

El índice de Serviciabilidad es una condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un servicio confortable, esta evaluación se realiza mediante una ecuación matemática de la norma AASHTO LRFD 2014 basada en la inventariación de fallas del pavimento.

$$PSI = 5,03 - 1,91 \log(1 + Sv) - 0,001(Cf + P)^{0,5} - 1,38RD^2$$

Siendo:

PSI: Índice de Serviciabilidad

Sv: Variación de las cotas en sentido longitudinal (Rugosidad en sentido longitudinal IRI)

Cf: Suma de las áreas afectadas en pies cuadrados

P: Área bacheada en pies cuadrados

RD: Profundidad media en pies

Datos (Zona 1):

Sv = 4.1

P = (60 cm de diámetro del bache) = 1.13 m² = 12.16 pies²

$$C_f = (3 \text{ baches}) = 36.48 \text{ pies}^2$$

$$RD = 6 \text{ cm} = 0.20 \text{ pies}$$

$$PSI = 5,03 - 1.91 \log(1 + 4.8) - 0.01(36.48 + 12.16)^{0.5} - 1.38(0.20)^2$$

$$PSI = 3.45$$

Con el cálculo se obtiene un índice de Serviciabilidad de 3.45 el cual califica a la carretera de la zona de estudio como Regular.

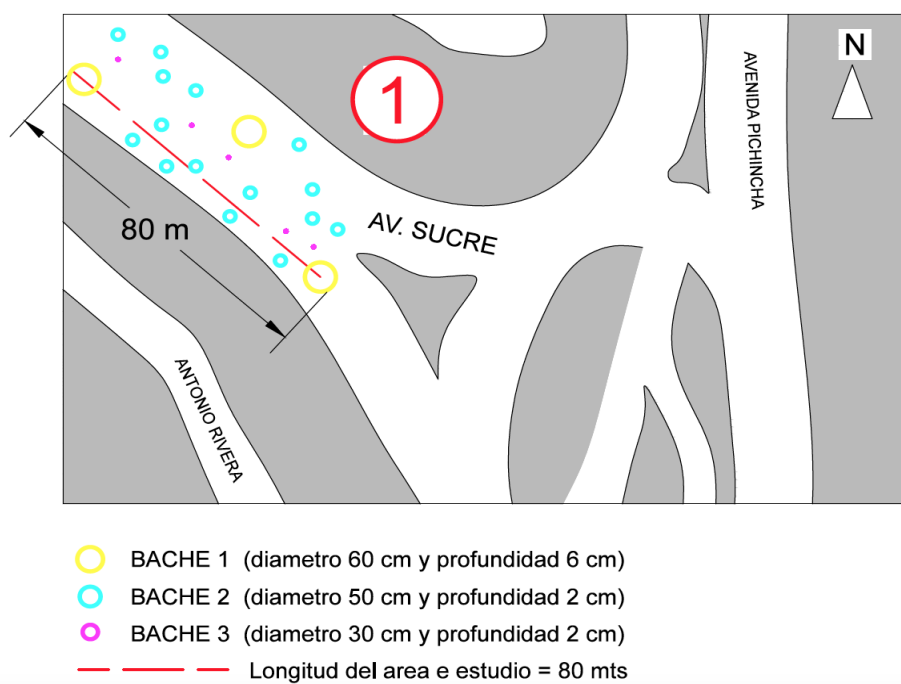


Figura 34. Avenida Sucre

El cálculo realizado corresponde a la zona 1 que se observa en la figura respectiva.

Tabla 6. Índice de serviciabilidad

Calificación	Índice de serviciabilidad PSI
Muy bueno	5-4
Bueno	4-3
Regular	3-2
Malo	2-1
Muy malo	1-0

Tomado de AASHTO, 2014, p.244

De la determinación matemática encontramos un valor de $PSI=3,45$, donde, según la tabla 6, corresponde a una calificación regular. Por lo tanto, se recomienda cambiar a una nueva capa de rodadura de la calzada.

CAPÍTULO IV

APORTE A LA GUÍA TÉCNICA

4.1 TÉCNICA DE CONCRETO HIDRÁULICO

4.1.1 DEFINICIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO

El concreto hidráulico tiene como característica principal permitir que el agua fluya libremente y no sea absorbida por este. El concreto normal absorbe agua y al paso del tiempo este se cuartea o se fisura a diferencia del concreto hidráulico

El concreto hidráulico es una mezcla homogénea de varios materiales:

- cemento Portland
- agregados pétreos, finos como la arena
- agregados gruesos como el ripio
- agua
- aditivos, (en varias circunstancias)

Convirtiéndose en una mezcla que se pueda moldear y cuando se fragua el concreto da como resultado un material rígido y resistente.

El concreto hidráulico es el material hoy en día más utilizado en las construcciones actuales por su durabilidad, trabajabilidad, su alta resistencia y varios procesos de fabricación y por su economía.

El concreto hidráulico se clasifica en dos clases que desarrollaremos a continuación:

Concreto hidráulico de Clase 1.

El concreto hidráulica clase 1 posee una masa volumétrica cuando se encuentra en su estado fresco de 2200 y 2400 kg por m³, cuando se ha llegado

a su fraguado máximo a los 28 días tendrá una resistencia a la compresión mayor a $f^c = 24,5$ mega pascales (250 kg/cm^2).

El Concreto hidráulico de clase 2.

Este posee una masa volumétrica en estado fresco desde 1800 a 2200 kilogramos por metro cubico, cuando se ha llegado a su fraguado máximo a los 28 días tendrá una resistencia a la compresión menor a $f^c = 24,5$ mega pascales

1 Mpa = $10,2 \text{ kg/cm}^2$

4.2 CONTROLES MINUCIOSOS A LA CALZADA EN GENERAL

- Determinar las zonas críticas a ser intervenidas con el levantamiento de áreas, volúmenes, obras adicionales como ducteria para instalaciones eléctricas, telefónica, fibra óptica.
- En el caso de requerir reparación o instalaciones nuevas de agua potable, alcantarillado mejoramiento de suelo etc. todo para que cuando ya este ejecutado no volver a realizar estos trabajos. esta información nos llevara a determinar el presupuesto real.
- Realizar un control minucioso de la conformación de la subrasante cuyo porcentaje de compactación será la obtenida en el ensayo proctor modificado en laboratorio. en campo se determinará la densidad y el contenido de humedad in situ la misma que se la realizará con el densitómetro nuclear cada 50 metros cuyo porcentaje de compactación debe ser mayor que 95% para conseguir una buena estabilidad de la calzada.
- Para las capas granulares de base y sub-base, el suministro tendido e hidratación, conformación y compactación de este material granular

aprobado se debe garantizar una compactación del 98 al 100%, esto se consigue realizando capas de hasta 20 cm debidamente hidratadas y compactadas con el rodillo pata de cabra y rodillo lizo vibratorio.

- Verificar en base a los datos del proyecto las diferentes cotas, niveles, alineaciones tanto vertical es como horizontales, así como los cortes y las secciones transversales típicas.

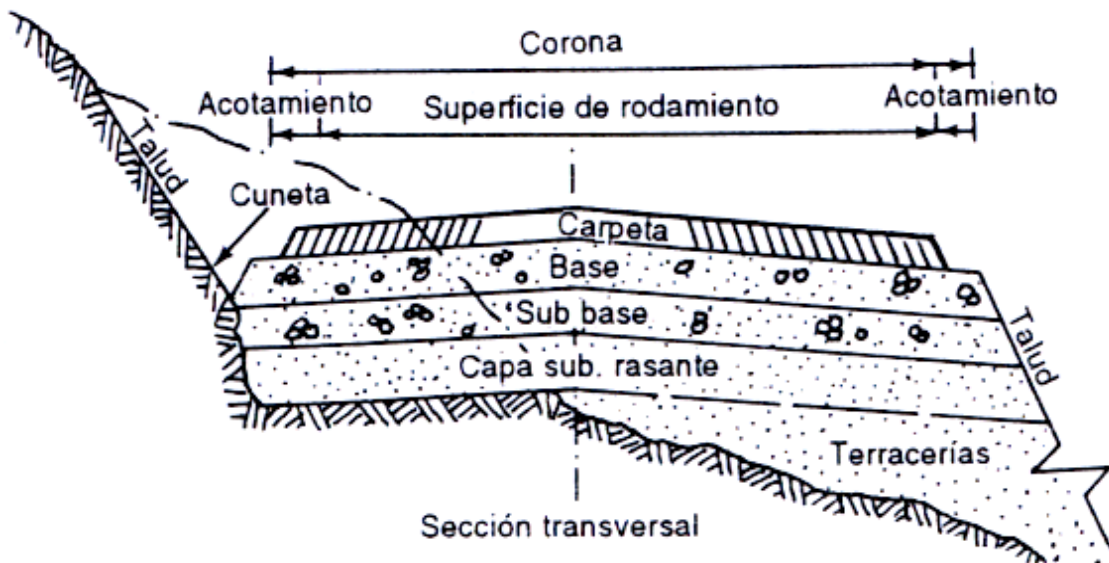


Figura 35. Estructura de la capa asfáltica

4.3 CONTROL TÉCNICO PARA LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO HIDRÁULICO

Para el suministro y colocación del concreto hidráulico se debe realizar algunos trabajos previos:

- Se supervisará que el asentamiento del concreto hidráulico con el cono de Abrahams sea de 8 a 10 cm.
- Se debe contar con los planos definitivos del proyecto en los que constara los niveles, alineaciones verticales como horizontales.
- Debe existir las redes de instalaciones.

- Retiro de estructuras de pavimento viejo.
- Compactación de la subrasante.
- Tendido, compactación, hidratación de las capas de subbase y base que son el soporte para la losa de concreto hidráulico y deberán ser de los espesores que constan en el diseño.
- Una vez que el concreto hidráulico empiece a fraguar se debe proceder con el curado respectivo de la superficie de concreto hidráulico para lo cual se emplea una emulsión en agua y base parafina de color claro.
- Curado y fraguado el concreto hidráulico se procederá a realizar las juntas de dilatación que son cortes al tercio de su espesor cada 5 metros en sentido transversal y que son los sitios donde se colocan los dowels (varillas de transferencia de carga).
- Se procederá con el sellado de las juntas con un producto de poliuretano.

Tabla 7. Ficha de control y supervisión
CHECK LIST DEL TRAMO A COLOCAR PAVIMENTO HIDRÁULICO

FECHA:
OBRA:
CONTRATISTA:
UBICACIÓN:
ABSCISA:
PLAZO DE EJECUCIÓN:

	SI	NO	ZONA	ABSCISA	OBSERVACIONES
PLANOS DEFINITIVOS	X		1	0+ 50	
RETIRO DE PAVIMENTO VIEJO	X		1		
EXISTE REDES DE INSTALACIONES		X	1		
SE NECESITA REDES	X		1		
COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE	X		1		
NIVELES DE LA RASANTE	X		1		
COMPACTACIÓN DE LA SUB-BASE	X		1		
COMPACTACIÓN DE LA BASE	X		1		
NIVELES DE LA BASE	X		1		
ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN	X		1	12 CM	
COLOCACIÓN DE DAWELS O VARILLAS DE TRANSFERENCIA DE CARGA	X		1		VARILLA DE 12 MM CON CAPUCHO ENGRASADO
CAJAS Y DUCTERIA NUEVAS		X	1		
HORMIGONADO DEL TRAMO	X		1		
CURADO DEL HORMIGÓN	X		1		
CORTE DE JUNTAS DE DILATACIÓN	X		1		CADA 6 MTS
SELLADO DE JUNTAS	X		1		
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL EN LA CALZADA		X	1		SE REALIZARÁ UNA VEZ QUE EL HORMIGÓN ALCANCE SU RESISTENCIA DE DISEÑO

REALIZADO POR: DANIEL NARANJO T.
RESPONSABLE: ING. HUMBERTO BRAVO

4.4 APORTE TÉCNICO PARA LA TOMA DE DECISIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE PAVIMENTO ASFÁLTICO VS PAVIMENTO RÍGIDO (CONCRETO HIDRÁULICO).

Se ha realizado un análisis comparativo de las alternativas existentes de mejoramiento vial, determinando las ventajas y desventajas de las mismas. El aporte técnico se plantea realizar en el sector de la Marín debido a que, por la gran afluencia vehicular, la calzada se encuentra en pésimas condiciones.

4.4.1 ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA 1 (ASFALTO)

Se procederá a realizar la provisión de mezcla asfáltica, a ejecutar la repavimentación inicial, la posterior conservación vial por niveles de servicio y mantenimiento de las calles de la zona de estudio que comprenden tres zonas. La zona 1, comprende la avenida Sucre, en la entrada de la escuela Sucre, la zona 2, comprende la avenida sucre frente a la estación de transporte público Metro bus y la zona 3 se encuentra en el playón de los buses interparroquiales del valle de los Chillos. Se determinaron 3 zonas de impacto en el sector de la Marín, las mismas que ya se plantearon anteriormente.

4.4.1.1 ANTECEDENTES

La repavimentación de las calles y avenidas en el sector de la Marín, se generó a partir de la necesidad de ofrecer al Sistema Trolebús una mejor calidad en las vías. Consecuentemente, la estructura debe tener la suficiente capacidad para soportar las cargas y más condiciones que imprime este tipo de vehículo. Para el estudio y diseño de la estructura de pavimento para las calles de la Marín se utilizó el pavimento rígido, aduciendo para ello varias razones de orden técnico. Dichos estudios están respaldados por ensayos de deflectometría, con la ayuda de un

equipo llamado deflectómetro de impacto con el que se determina las deflexiones y medidas de rugosidad (IRI),

Alternativa Existente: Base asfáltica y carpeta

4.4.1.2 ETAPAS CONSTRUCTIVAS:

- Remoción de la estructura actual del pavimento en 32.50 cm.
- Conformar, Compactar e Imprimir la capa granular restante.
- Colocar 15 cm de Base asfáltica en caliente, mezclada en planta.
- Colocar la capa de rodadura de 10,00 cm.
- El nivel se mantiene igual.

4.4.1.3 VENTAJAS

- Una vez colocada la capa de Base asfáltica, la capa de rodadura puede ser colocada casi inmediatamente.
- El material retirado puede ser usado para mezclas en frío, rellenos, etc
- El costo inicial de un pavimento flexible es inferior al de un pavimento rígido.

4.4.1.4 DESVENTAJAS

- No se puede dar circulación vehicular, después de colocada la capa de Base asfáltica, en razón de que la diferencia de niveles.
- El nivel de intervención, con el retiro del material existente, puede comprometer la infraestructura de las empresas Eléctrica y Telefónica.
- La situación actual del País, en relación con el abastecimiento de cemento asfáltico, que es demasiado irregular, como se ha comprobado en el presente año, lo que incidido en continuas paralizaciones y prórrogas de plazo.
- Al ser sometido a cargas vehiculares tipo Trolebús, se corre el riesgo de ahuellamientos, como los que se tiene en la actual vía del Trolebús.

- La Vida útil de un pavimento flexible, es notablemente inferior a la de un pavimento Rígido.
- El mantenimiento que requiere un pavimento flexible, es superior al de uno rígido, y por consiguiente su costo es mayor.

4.4.2 ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA 2 (CONCRETO HIDRÁULICO)

4.4.2.1 ETAPAS CONSTRUCTIVAS

- Remoción de la estructura actual del pavimento en 25 cm.
- Conformar, Compactar la capa granular restante.
- Fundir una losa de 25 cm de hormigón hidráulico de 350 Kg. /cm² (Mr = 40 a 50 MPA.)
- El nivel actual se mantiene.

4.4.2.2 VENTAJAS

- El nivel de intervención (25.00 cm) es menor, con menos probabilidad de comprometer ductos eléctricos y/o telefónicos.
- En los últimos tiempos, el abastecimiento de cemento Portland, ha sido normal y sin interrupciones, por lo que se estima que el plazo se ceñirá a lo programado
- La estructura soportará las cargas de vehículos tipo Trolebús, cuando sea utilizado por este sistema.
- Mayor durabilidad de la estructura, con menor mantenimiento, lo que beneficiará a los usuarios con menos interrupciones en el periodo de la vida útil.
- El nivel de rasante será igual al actual.
- La Vida útil de un pavimento rígido, es notablemente superior a la de un pavimento flexible.

- El mantenimiento que requiere un pavimento rígido, es menor al requerido por un pavimento flexible, y por consiguiente su costo es menor.

4.4.2.3 DESVENTAJAS

- Se presentarán molestias a los usuarios de las vías, durante la construcción, que se estima en 45 días.
- Los tramos que se irán fundiendo, se cerrarán al tránsito, al menos 8 días, hasta alcanzar la resistencia mínima requerida.

4.5 ANÁLISIS ECONÓMICO COMPARATIVO

4.5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO ALTERNATIVA 1 Y ALTERNATIVA 2

4.5.1.1 RUBROS A SER EJECUTADOS

Remoción de pavimento

Acabado de obra básica a nivel de sub-base

Losa hormigón hidráulico 350 kg/cm² e=25 cm

4.5.1.2 PLAZO

Plazos parciales:

- | | |
|---|---------|
| • Remoción de pavimento | 90 días |
| • Acabado de obra básica a nivel de sub-base | 90 días |
| • Losa hormigón hidráulico 350 kg/cm ² e=25 cm | 4 años |



Figura 36. Remoción de asfalto

Tabla 8. Análisis de costos entre pavimento y asfalto

ASFALTO	UN.	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
REMOCIÓN DE PAVIMENTO	M3	1,0	1,79	1,79
ACABADO DE OBRA BÁSICA A NIVEL DE SUB-BASE	M2	1,0	0,42	0,42
IMPRIMACIÓN	LTS	1,3	0,23	0,30
BASE DE HOR. ASFALTICO MESCLADO EN PLANTA	TON	1,00	15,35	15,35
ASFALTO DILUIDO PARA RIEGO DE ADHERENCIA	LTS	0,27	0,21	5,67
CARPETA DE RODADURA DE 10 CM	M2	1,0	4,73	4,73
CARPETA DE RODADURA DE 7,5 CM	M2	1,0	6,30	6,30
SUBTOTAL				34,56
FACTOR DE REAJUSTE 48%				16,59
TOTAL COSTO HASTA AGOSTO				51,15 M2

HORMIGÓN HIDRÁULICO	UN.	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
REMOCIÓN DE PAVIMENTO	M3	1,00	1,79	1,79
ACABADO DE OBRA BÁSICA A NIVEL DE SUB-BASE	M2	1,00	0,42	0,42
LOSA HORMIGÓN HIDRÁULICO 350 KG/CM2 e=25 CM	M2	1,00	119,96	119,96
SUBTOTAL				122,17
FACTOR DE REAJUSTE 48% (REMOCIÓN Y ACABADO O. BÁSICA)				2,21
TOTAL COSTO HASTA AGOSTO				124,38 M2

Las estimaciones de los costos planteados en la tabla anterior, se basó en precios de mercado ofrecidos por la Cámara de la construcción de Quito y Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha.

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE COSTOS

ASFALTO M2 = \$ 51,15

HORMIGÓN HIDRÁULICO M2 = 124,38

Diferencia en costo = \$ 73,23

% de incremento en costo = 58,87 %

4.6 CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA

Con los antecedentes expuestos, se concluye lo siguiente:

- La alternativa con losa de hormigón hidráulico, es de mejor calidad puesto que requiere menor mantenimiento frente a estructuras similares de asfalto.
- Al intervenir con la alternativa de pavimento rígido, se tendrá menos interrupciones de tránsito, como consecuencia del mantenimiento, durante la vida útil. Esto se da puesto que el material fragua más rápido y, además, no requiere de mantenimientos tanto rutinarios como periódicos, lo cual si se requiere para vías asfaltadas.
- Se reduce en forma notable las ampliaciones de plazo por el desabastecimiento de materiales como ha sido la tónica, durante los últimos tiempos, con el asfalto.
- El pavimento rígido es superior en 58,87 % al costo del pavimento flexible o asfalto.
- La vida útil de la losa de hormigón hidráulico es aproximadamente 25 años mientras que la vida útil de la carpeta asfáltica es de 4 años.
- El costo – beneficio de la losa de concreto hidráulico o de pavimento rígido es más beneficioso a lo largo del tiempo, por lo que es más rentable al concluir su vida útil.
- El mantenimiento Rutinario y periódico es bajo

4.7 RECOMENDACIÓN DE LA PROPUESTA

- Teniendo en consideración las bondades del hormigón hidráulico y los beneficios antes señalados, a pesar de su mayor costo, se recomienda adoptar dicha alternativa, por su durabilidad y bajo costo en mantenimiento.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

La implementación del hormigón hidráulico en la ciudad de Quito presenta algunas experiencias, una de las más importantes es la concerniente al corredor central norte donde su eje principal va desde la avenida América hasta el sector de la Ofelia. Dicha obra fue ejecutada en el año 2006 y hasta la presente fecha se encuentra en perfectas condiciones de movilidad vehicular. Otra obra de similares características es la vía del Trolebús, además de muchas vías del oriente ecuatoriano y del país en general. Por lo expuesto a lo largo de la investigación, se concluye que la utilización del pavimento vial a base de concreto hidráulico es una excelente alternativa de mejoramiento vial en la ciudad.

A continuación, se plantean algunas conclusiones puntuales de la investigación realizada.

- Dentro del estado actual del pavimento asfáltico en la Marín se determina que es urgente su intervención técnica para evitar mayores deterioros lo cual generaría inconvenientes de movilidad vehicular en el sector.
- Los daños más urgentes en el sector son: a) la calzada y b) la señalización horizontal tanto peatonal como vehicular.
- Luego del análisis comparativo de las alternativas planteadas, se identifica que los costos de las obras a ser ejecutadas con el paso de los años, y de acuerdo a la vida útil a base del concreto hidráulico, es más económico no solo por la durabilidad de la calzada, también genera un menor deterioro en los automotores que circulan por la zona.
- De las investigaciones realizadas al concreto hidráulico, se desprende que es una técnica constructiva y no requiere de equipo especializado como el que se utiliza para el pavimento asfáltico, el mismo que requiere de todo un

equipo vial que a continuación se detalla: fresadora, para levantar el asfalto existente pala mecánica, motoniveladora, volquetas, cargadoras, finisher o pavimentadora de asfalto, rodillo liso vibratorio, tanquero y rodillo pata de cabra, etc.

- Para una correcta elección de los diferentes materiales que conforman el concreto hidráulico, existen ensayos específicos, económicos y rápidos, como el ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles. Dicho ensayo permite definir la dureza y resistencia al desgaste de la capa de rodadura de la losa de concreto hidráulico.
- Una vez que en el presente estudio se ha descrito los pasos a seguir para cada elemento del mejoramiento del pavimento con concreto hidráulico y el aporte a la técnica propuesta, se concluye que es la mejor alternativa existente frente a otras opciones, como por ejemplo el asfalto.

RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan algunas recomendaciones que se consideran importantes y de aplicación urgente, para mejorar la movilidad vehicular en el sector de la Marín:

- Promover la aplicación y ejecución de la alternativa de mejoramiento planteada en el presente trabajo con el fin de dar una solución a largo plazo para la zona afectada.
- Incluir en los planes y en la planificación de las entidades correspondientes, por ejemplo, el Municipio de Quito y Ministerio de Obras Públicas (MTO), la necesidad de intervención de la calzada en el sector de la Marín ya que se trata de un sitio de gran afluencia tanto peatonal como vehicular.
- Promover la investigación planteada con el fin de implementarla en otros sectores de la ciudad y del país, esto mejoraría sustancialmente la calidad de las vías dando como resultado un menor deterioro del parque automotor.

GLOSARIO

Pavimento. - “Capa lisa, dura y resistente de asfalto, cemento, madera, adoquines u otros materiales con que se recubre el suelo para que esté firme y llano” (Oxford University Press, 2018).

Serviciabilidad. - “Condición necesaria de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro y confortable en un determinado momento” (Ingeniería Civil, 2018).

Pavimentos Rígidos: Son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada.

Módulo de Elasticidad.- El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es “un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young” (Wikispaces, 2018).

Cemento Portland.- El cemento Portland “es un conglomerante o cemento hidráulico que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas y discretas tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada hormigón” (Cemento Portland, 2018). Es el más usual en la construcción y es utilizado como aglomerante para la preparación del hormigón (llamado concreto en Hispanoamérica). Como cemento hidráulico tiene “la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al reaccionar químicamente con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes” (Cemento Portland, 2018).

Junta de Construcción.- Se llama junta al pequeño espacio que queda entre las dos superficies de los sillares o ladrillos inmediatos unos a otros de una construcción que se llena de mortero o de cemento a fin de unirlos y ligarlos sólidamente.

REFERENCIAS

- CANACEM. (18 de octubre de 2016). *http://canacem.org.mx/cemento-3/historia-del-cemento/*. Obtenido de *http://canacem.org.mx/cemento-3/historia-del-cemento/*
- Caro, F., & Peña, G. (2012). Análisis y criterios para el cálculo del Índice de Rugosidad Internacional (IRI) en vías urbanas colombianas que orienten la elaboración de una especificación técnica. *Intekhnia Vol. 7 No. 1*, 57-72.
- Casado, D. (14. de noviembre de 2017). *Planos: cómo será la nueva Gran Vía después de su remodelación*. Obtenido de *https://www.somosmalasana.com/planos-como-sera-la-nueva-gran-via-despues-de-su-remodelacion/*
- CDT. (2016). *Pavimentos*. Obtenido de *http://registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/Pavimentos.pdf*
- Cemento Portland. (8 de febrero de 2018). *Cemento y Hormigón 18*. Obtenido de *https://sites.google.com/site/cementoyhormigongrupoc18/home*
- CICP. (abril de 2018). *Capacitaciones*. Obtenido de *http://www.cicp-ec.com/index.php/capacitacion*
- FAO. (2008). *El contexto de Quito*. Obtenido de *http://www.fao.org/docrep/W7445S/w7445s03.htm*
- Gifex. (30 de mayo de 2018). *Cuencas hidrográficas del Distrito Metropolitano de Quito*. Obtenido de *http://www.gifex.com/detail/2011-10-25-14671/Cuencas-hidrogrficas-del-Distrito-Metropolitano-de-Quito.html*
- INEC. (2010). *Base de Datos – Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de *http://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda/*
- Ingeniería Civil. (8 de febrero de 2018). *Índice de serviabilidad - Pavimentos de concreto asfáltico método AASHTO-93*. Obtenido de *http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/09/indice-de-serviabilidad-pavimentos-de.html*

- Ingeniería Civil. (5 de abril de 2018). *Prueba de Abrasión Los Angeles (NB 302) (ASTM C 131)*. Obtenido de <http://www.ingenierocivilinfo.com/2011/01/31-prueba-de-abrasion-los-angeles-nb.html>
- Mejía, A. (abril de 2018). *Trabajo de morteros*. Obtenido de <https://vdocuments.site/trabajo-de-morterospdf.html>
- Morales, J. (enero de 2005). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo*. Obtenido de <http://docplayer.es/9992598-Tecnicas-de-rehabilitacion-de-pavimentos-de-concreto-utilizando-sobrecapas-de-refuerzo.html>
- Municipio de Quito. (30 de mayo de 2018). *Plano de la ciudad de Quito*. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2015/Sesi%C3%B3n%20Extraordinaria%202015-02-13/PMDOT%202015-2025/Volumen%20III/Plano%20PUOS%20U1.pdf
- Oxford University Press. (8 de febrero de 2018). *Pavimento*. Obtenido de <https://es.oxforddictionaries.com/definition/pavimento>
- Rivera, G. (18 de enero de 2017). *Concreto simple*. Obtenido de <https://documents.tips/education/tcm587ed4d81a28abdb198b5d5f.html>
- Topographic. (30 de mayo de 2018). *Mapa de Quito*. Obtenido de <http://es-es.topographic-map.com/places/Quito-988023/>
- Wikispaces. (8 de febrero de 2018). *Modulo de Young*. Obtenido de <https://elasticidad.wikispaces.com/Modulo+de+Young>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de precios unitarios de las alternativas

Según el departamento de Infraestructura, Fiscalización y la Unidad de Contrataciones de la Empresa Pública de Movilidad y Obras Públicas del Distrito Metropolitano de Quito, se determinan los respectivos Análisis de Precios Unitarios para las diferentes alternativas de este estudio.

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE MOVILIDAD Y OBRAS PÚBLICAS UNIDAD DE CONTRATACIONES ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ENERO 2018

RUBRO No : V920
DESCRIPCIÓN : CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE e=10cm. INC.TRANS.
ESPECIFICACIÓN : Mezcla en planta, tendido, conformación y compactación. Incluye transporte de mezcla a la obra. 405-5.

UNIDAD: m2

EQUIPOS

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	I/R (h/u)	TOTAL COSTO	%
26	RODILLO NEUMATICO 100 HP	1.0000	31.2200	0.01000	0.3122	2.29
28	RODILLO VIBRATORIO LISO 130 HP	1.0000	33.4600	0.01000	0.3346	2.45
31	TERMINADORA DE ASFALTO 100 HP	1.0000	54.7400	0.01000	0.5474	4.01
48	VOLQUETA 8 m3 250 HP	4.0000	33.6000	0.01000	1.3440	9.85
14	CARGADORA FRONTAL 140 HP	1.0000	39.0600	0.01000	0.3906	2.86
19	DEPOSITO DE ASFALTO	1.0000	0.3400	0.01000	0.0034	0.02
18	PLANTA DE ASFALTO 80-120 TPH	1.0000	107.5200	0.01000	1.0752	7.88
PARCIAL M					4.0074	29.38

MANO DE OBRA

CODIGO	CUADRILLA TIPO	CANTIDAD	S.R.H.U	I/R (h/u)	TOTAL COSTO	%
01	ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	8.0000	3.5100	0.01000	0.2808	2.06
11	ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO GI	2.0000	3.9300	0.01000	0.0786	0.58
12	ESTRUC. OCUPAC. C2 OPERADOR EQUIP.PESADO GII	3.0000	3.7400	0.01000	0.1122	0.82
09	ESTRUC. OCUPAC. D2 ENGRASADOR O ABAS.RESP.	5.0000	3.5500	0.01000	0.1775	1.30
07	ESTRUC. OCUPAC. C1 CHOFER PROFESIONAL	4.0000	5.1500	0.01000	0.2060	1.51
PARCIAL N					0.8551	6.27

MATERIALES

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITAR.	TOTAL COSTO	%
1400	DIESEL	gl	0.8500	1.0400	0.8840	6.48
0299	ARENA Especific. MOP-001-F2002 TRANS.PLANT	m3	0.0580	12.2700	0.7117	5.22
0298	RIPIO TRIT.Esp.MOP-001-F2002,TRANS.PLANT	m3	0.0890	15.2900	1.3608	9.98
2300	ASFALTO	gl	4.5880	1.2700	5.8268	42.72
PARCIAL O					8.7833	64.39

TRANSPORTE

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	TOTAL COSTO	%
PARCIAL P					0.0000	0.00

COSTO DIRECTO :	13.65	100.00
COSTO INDIRECTO (20.0000 %) :	2.73	0.00
PRECIO UNITARIO TOTAL	16.38	0.00

EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE MOVILIDAD Y OBRAS PÚBLICAS
UNIDAD DE CONTRATACIONES
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - ENERO 2018

RUBRO No : 4801 UNIDAD: m3
 DESCRIPCIÓN : PAVIMENTO RÍGIDO DE HORMIGÓN 350kg/cm2.
 ESPECIFICACIÓN : Colocación obra, encofrado, terminadora hormigón, conjunto de pasadores, curado hormigón, corte y sellado juntas transv. y long.
 e=4mm, p=6cm. 458(1).

EQUIPOS

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	I/R (h/u)	TOTAL COSTO	%
C4	TERMINADORA DE HORMIGON RIGIDO 150HP	1.0000	81.3500	0.16666	13.5578	8.89
03	HERRAMIENTA MANUAL	6.0000	0.1300	0.16666	0.1300	0.09
PARCIAL M					13.6878	8.97

MANO DE OBRA

CODIGO	CUADRILLA TIPO	CANTIDAD	S.R.H.U	I/R (h/u)	TOTAL COSTO	%
01	ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	6.0000	3.5100	0.16666	3.5099	2.30
11	ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO GI	1.0000	3.9300	0.16666	0.6550	0.43
09	ESTRUC. OCUPAC. D2 ENGRASADOR O ABAS.RESP.	1.0000	3.5500	0.16666	0.5916	0.39
03	ESTRUC.OCUPAC. D2 (ALBAÑIL,ETC)	3.0000	3.5500	0.16666	1.7749	1.16
05	ESTRUC. OCUPAC. B3 INSPECTOR DE OBRA	0.1000	3.9400	0.16666	0.0657	0.04
PARCIAL N					6.5971	4.32

MATERIALES

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITAR.	TOTAL COSTO	%
0614	VARILLA REDONDA LISA 24.5mm	Kg	8.5000	1.0500	8.9250	5.85
3370	IMPRIMANTE BITUMINOSO PARA ESTRUCT. ENTERRADAS	Kg	0.0054	3.6100	0.0195	0.01
3368	SELLANTE JUNTAS DE POLIURETANO GRIS ALUMINIO 600ml	u	0.0130	23.8900	0.3106	0.20
1605	TABLON RUSTICO 4x23x240cm	u	0.1000	8.5200	0.8520	0.56
3709	MANGUERA PVC 1" CABI.FADO FIJECTRICO	M	0.4500	0.3800	0.1710	0.11
3369	NIVELANTE DE JUNTA 1/4" 1kg=1m	M	1.0000	0.2700	0.2700	0.18
0302	HORMIGON PREMEZCLADO f _c =350kg/cm2, INC.ADIT. CURADO	m3	1.0000	121.7200	121.7200	79.79
PARCIAL O					132.2681	86.70

TRANSPORTE

CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	TOTAL COSTO	%
PARCIAL P					0.0000	0.00

COSTO DIRECTO :	152.55	100.00
COSTO INDIRECTO (20.0000 %) :	30.51	0.00
PRECIO UNITARIO TOTAL	183.06	0.00

Anexo 2. Resumen fotográfico.

Muestra de bache, sector La Marín, Av. Sucre



Bache en la avenida Sucre, longitud de la falla 60cm y profundidad 6cm



Muestra de agregado grueso, sector La Marín, Av. Sucre



Anexo 3. Descripción fotográfica del ensayo de abrasión con la máquina de los Ángeles en el Departamento de Resistencia de Materiales de la Universidad Central del Ecuador.

Tipos de agregado grueso



Laboratorio de suelos Universidad Central, Facultad de Ingeniería Civil



Esferas para ensayo de abrasión



Malla estándar de tamices. Charola rectangular, Cucharon.



Peso de las muestras previo al ensayo de abrasión



Máquina de Los Ángeles

