



Facultad De Estudios Superiores "Aragón".

**"Propuesta De Sustitución De Concreto
Asfáltico A Concreto Hidráulico En La
Carretera Transpeninsular De Baja
California Sur, En La República
Mexicana".**

**Tesis para obtener el título de:
Ingeniero Civil.**

**Presentado por:
Carlos Javier Merchan Najera.**

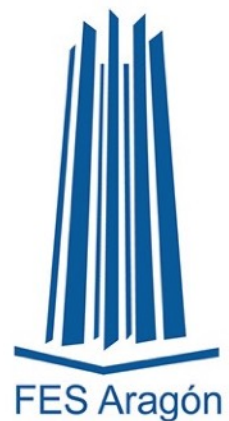
Director De Tesis:

M. En C. Luis Pomposo Viguera Muñoz.

San Juan de Aragón, Nezahualcóyotl, Estado De Mexico,
2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE.

INTRODUCCIÓN. 4

OBJETIVOS.5

ANTECEDENTES HISTÓRICOS.6

UBICACIÓN GEOGRAFÍA.8

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.9

CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS. 13

PAVIMENTOS FLEXIBLES.13

PAVIMENTOS RÍGIDOS.13

CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CONCRETE COMPACT ROLLER).14

CAPAS.16

CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.16

CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO.16

BASES ESTABILIZADAS.17

DISEÑO DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS. 21

AGREGADO FINO.21

AGREGADO GRUESO.22

SELECCIÓN DE BANCOS.24

ALMACENAMIENTO DE BANCOS DE MATERIALES.25

CEMENTO.25

TIPOLOGÍA.26

LOGÍSTICA.28

AGUA.28

ADITIVOS DEL CONCRETO.30

INCLUSORES DE AIRE.34

REDUCTOR DE AGUA.35

RETARDANTES.35

ADITIVOS ACELERANTES.36

MÉTODO AASHTOO.40

ESPESOR.41

SERVICIALIDAD.41

TRÁNSITO.43

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL.....	45
FACTOR DE SENTIDO.....	46
FACTOR CARRIL.....	46
FACTOR DE EQUIVALENCIA DEL TRÁFICO.....	47
LA TRANSFERENCIA DE CARGAS.....	48
SOPORTE LATERAL.....	50
PASAJUNTAS.....	50
MÓDULO DE RUPTURA.....	51
MÓDULO DE RUPTURA PROMEDIO.....	52
MÓDULO DE ELASTICIDAD.....	54
DRENAJE.....	54
CONFIABILIDAD.....	55
EJEMPLO RESUELTO.....	57
MÉTODO DE LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND (PCA).....	60
EJEMPLO DEL DISEÑO POR EL MÉTODO DE LA PCA.....	61
COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.	69
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONCRETOS ASFÁLTICOS.....	69
CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS.....	69
CARACTERÍSTICAS DE LOS CONCRETOS HIDRÁULICOS.....	71
CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS.....	72
ADHESIÓN Y COHESIÓN.....	73
MATERIALES PÉTREOS.....	73
VENTAJAS ECONÓMICAS EN EL CONCRETO HIDRÁULICO.....	76
CICLO DE VIDA DEL CONCRETO HIDRÁULICO.....	79
COSTO DEL CICLO DE VIDA.....	80
COSTOS POR CONSIDERAR.....	83
COSTO DE LA CONSERVACIÓN ANUAL.....	84
COSTO DE REHABILITACIÓN, REFUERZO Y RECONSTRUCCIÓN.....	84
VIDA REMANENTE.....	85
CONCLUSIÓN.	88
BIBLIOGRAFIA.	90

INTRODUCCIÓN.

Esta investigación será dirigida a una problemática actual en Baja California Sur dentro de la Republica Mexicana enfocándonos a tomar la mejor decisión con respecto a los materiales propuestos para un proyecto carretero futuro para la región ya antes mencionada donde los usuarios de la región y de Mexico puedan verse los beneficios que traerá consigo a cada uno de los sectores que participan en la economía activa del estado, ante el uso de ambos materiales con una comparativa que enfocara a manera de introducción las técnicas que se utilizan en ambos casos como son los métodos para algunos casos, no olvidando el costo - beneficio que acarrearán cada uno de ellos en los plazos determinados.

No obstante tomar una decisión sin saber la historia de la carretera transpeninsular de la península de Baja California llevando por nombre Benito Juárez número uno, causa por la cual no será una solución adecuada debido a que se podrá repetir el error de haber optado por la misma elección; es así como llegaremos a conocer el problema y como se puede atacar por medio de un diseño de pavimentos adecuado. El tomar nuevos conocimientos se es pensar en un futuro adecuado a las exigencias de una sociedad en crecimiento variado en el cual se contemple un mejor país con respecto a su infraestructura carretera se refiere, actualizar un país en su red carretera es primordial para una sociedad en pleno crecimiento, de esta manera superar los estándares y/o exigencias de los usuarios.

No haciendo omisión del uso del concreto asfáltico, pero sí hacer notar los estragos y deterioros que sufre éste, los cuales son conocidos como roderas canalizaciones, ondulaciones transversales, protuberancias, baches, desprendimientos de agregados, desprendimiento de sellos, pulidos de superficies, desintegración, desintegración de carpetas. se deberán por deficiencias en su trabajabilidad, colocación como son algunos de sus materiales. Bien o mal debemos de comentar también el uso de los presupuestos para cada una de las tareas a las cuales se designa el factor económico.

Todo lo anteriormente especificado son indicadores de una mala vialidad del flujo del tránsito, inseguridad del usuario, desconfianza del usuario y abandono de la sociedad

para la cual fue hecha la obra. Es así como se busca integrar los estudios o conocimientos a fines a las vías terrestres con lo cual se busca dar alternativas para los ingenieros civiles que busquen de conocer las opciones a las que pueden aspirar.

OBJETIVOS.

Analizar las propuestas comparando económicamente aquella que se utiliza en gran parte de la construcción Mexicana donde se es manejada en la pavimentación de vías de comunicación y desarrollo en general.

Debido a ello se debe dar la descripción de dichas opciones mismas que se clasificaran para poder definir aquel proyecto indicado donde sea adecuado. Es por ello que la exposición del análisis sobre las propuestas se es lo mas apropiado e ahí el conocer y observar las pruebas y/o estudios de campo como sus ventajas y desventajas en el lugar donde se planea la construcción o bien la sustitución de un pavimento como lo es pensado en el estado de Baja California Sur, lugar que ofrece una variedad de climas como también es lugar propenso a ciertos fenómenos naturales; tomar en cuenta varios de estos puntos para hacer las observaciones correspondientes, las cuales serán previamente estudiadas, analizadas.

Es por eso que nosotros al hablar de desarrollo, recordemos la incesante búsqueda de procesos constructivos así como de los materiales con lo cual se está asegurando una larga vida de nuestras infraestructura carretera, al actualizar las vialidades, enfocándonos al desarrollo de pavimentos de concreto hidraulico pre-mezclados puedan ser obras de gran utilidad y solucionar los problemas que residen en dicho país, siendo la opción mas favorable, en cuanto mas ha vida útil en obras, nos referimos y pocos gastos de mantenimiento¹.

¹ Montañó H.J., R., Chávez, J. and Guerini, A. (2015). Pavimentos de Concreto Hidraulico: Retos y Oportunidades. Construcción y Tecnología en Concreto, [online] pp.12-15. Available at: <http://www.revistacyt.com.mx/images/portada/2015/pdf/OCTUBRE.pdf> [Accessed 13 Sep. 2016].

ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

Baja California Sur no tuvo carretera de concreto asfáltico hasta los años de 1917 donde era existente una vía de comunicación por terracerías cual fue puesta en secciones por cinco municipios: Los Cabos, La Paz, Comóndu, Loreto, Mulege, los cuales conforman el estado. Fue en la administración del general Manuel Mezta quien tomara posesión como gobernador para octubre de 1917 donde se inicia los tramos carreteros de la transpeninsular comprendiendo el tramo de la Ciudad de la Paz - Bahía Magdalena.

No siendo los únicos que llevaron consecutivamente a contemplarse como la obra predecesora de la construcción con concreto asfalto, pero hablamos de brechas de terracerías transitables.

Pasarán varios años para que el general Lázaro Cárdenas lanzara su “manifiesto a la nación” el 28 de septiembre de 1936, donde explica a la entonces Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (S.C.O.P.) esclareciendo la importante necesidad de construir la carretera peninsular la unirá los dos extremos de la nación.

Para el 12 de octubre de 1942 el licenciado Moisés Peña, Ulises Irigoyen con el patrocinio de del general Francisco J. Mujica, iniciando con un viaje desde La Paz para la investigación económica de la construcción de la carretera transpeninsular; dicho recorrido produjo la obra de nombre “carretera transpeninsular de Baja California” donde se hace constar que la comunicación existente es deficiente en extremo

“Haciendo también constar a la parte sur de la península, se hace notar que no tiene un solo kilómetro de primera clase; se está re-acondicionando un tramo de camino revestido - único de la zona - entre la Paz y San Pedro, de donde siguen los caminos de tierra para Todos Santos y San Lucas por la costa del Pacífico, y para Santiago, San José y San Lucas por el litoral del golfo. Las distancias son, de La Paz a San Lucas por Santiago, de 234 km., y al mismo puerto, por todos Santos y Pescadero, de 202 kilómetros. La más urgente medida de promoción, antes que las obras de riego y

cualquier otra, es la de construir una carretera de primera clase en la zona, pues ninguna otra puede dar resultado debido si falta el indispensable medio de comunicación, económico y expedito, los camiones hoy hacen 20 km. por hora en tiempo, o sea menos de la mitad de lo usual de un buen camino”².

Hacer una carretera de Tijuana - San Quintin se puede justificar por el simple hecho de ser una región que se puede explotar como lo es el valle de Santo Domingo, pero como Justificar una carretera de La Paz - Santa Rosalía donde son mas de 600 kilómetros, en su mayoría son llanos, surgen muchas dudas sobre porque invertir en un camino tan poco probable se vea reflejada su inversión debido a la exposición por un sacrificio muy costoso para que se inutilizara después por no tener una justificación de la existencia de la vía de comunicación.

Para 1944 el General Agustin Olachea Aviles impulsa la construcción de la carretera transpeninsular, en Baja California Sur³.

Se llego a la conclusión después de los estudios realizados se da por hecho que las comunicaciones entre las poblaciones aun mas con las zonas de producción con las de consumo son de vital importancia y va de la mano con el desarrollo pero no es de exclusividad de las vías de comunicación pero es reflejo o consecuencia de ellas, es que el potencial económico de un sector resulte bajo, seguro es que un caminó eleva el poder adquisitivo y el nivel de vida de cada uno de sus habitantes.

Cabe destacar la existencia de los procedimientos para el desarrollo de un proyecto, como lo son en sus diferentes tipos que son el convencional, clásico, fotogrametrico - electrónico; en el caso especifico de la carretera transpeninsular, cabe aclarar que el proyecto para los últimos tramos construidos fue elaborado por medio del método

² Irigoyen, U. (1942). Carretera Transpeninsular de Baja California (p. 34). Mexico.

³ Cardenas de la Peña, E. (1976). Paralelo 28: Testimonio Vivo de un Camino (p. 53). Mexico: Secretaria de Obras Publicas.

fotogrametrico - electrónico, modificando en algunos aspectos para hacerlo mas racional con base en experiencias obtenidas en base al uso de su aplicación en el medio en sus tres etapas cuales son: selección de etapas, el proyecto preliminar, proyecto definitivo.

UBICACIÓN GEOGRAFÍA.

La carretera transpeninsular inicia en el estado de baja california sur en las coordenadas (28°00'00.0"N 114°00'44.1"W)⁴ en el municipio de Mulege pasando por los municipios de Loreto, Comondù, La Paz. Terminando en el municipio de Los Cabos en las coordenadas (22°53'47.0"N 109°54'18.5"W)⁵.

⁴ 28°00'00.0"N 114°00'44.1"W. (2016). Google.es. Retrieved 22 December 2015, from <https://www.google.es/maps/place/22°53'46.9%22N+109°54'18.2%22W/@22.896348,-109.9072437,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d22.896348!4d-109.905055>

⁵ 22°53'47.0"N 109°54'18.5"W. (2016). 22°53'47.0"N 109°54'18.5"W. Retrieved 20 December 2015, from <https://www.google.es/maps/place/27°59'60.0%22N+114°00'44.2%22W/@27.999989,-114.013123,18z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d27.999989!4d-114.012283>

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La península de Baja California cuenta con la única vía de comunicación desde el norte hasta el sur, en el estado de Baja California Sur debido a que se es la única conexión con el macizo continental por la parte norte donde colinda con el estado de Baja California. Desde un inicio el proyecto se hizo con el material conocido como concreto asfáltico sin olvidar que el diseño se estableció para los años en que se inicio la construcción de la misma.

Actualmente cuenta con la misma ruta en su mayoría también con el mismo tipo de material lo sigue conservando salvo por algunas ampliaciones como es en el tramo de Ciudad Constitución - Ciudad Insurgentes, donde actualmente se encuentran constituida por cuatro carriles como se hace notar en la imagen 1.0⁶.



Imagen 1.0.- Carretera tramo Cd. Constitución - Cd. Insurgentes cuatro carriles.

Al hablar de esta carretera, vía de comunicación única para todos los asentamientos humanos a lo largo del estado de Baja California Sur al enlazar todos los municipios, no debemos de olvidar el tema del mantenimiento al concretos asfaltico con el cual se encuentra compuesta. El diseño del entonces proyecto iniciador era un vehículo considerado pesado de siete toneladas en la actualidad los vehículos mas pesados pueden ser de mas de cincuenta toneladas, así mismo debemos de recordar también el desarrollo de los autos al día de hoy, dichos vehículos van cambiando así como mejorando en varias cosas como son las velocidades, tamaños al similar es su peso lo

⁶ (BCS noticias, 2015)

Planteamiento Del Problema.

cual repercute en la losa con la distribución de carga, así como cambiar los espesores de las capas que constituyen la estructura interna del pavimento. Lo cual será duplicado en muchos casos por parte del clima que predomina en las regiones por donde pasa la carretera; como lo es la temperatura que en algunos lugares son consideradas extremas lo cual tendría cierta afectación a nuestros concretos asfálticos.

De la misma forma con las pocas lluvias que se dan en algunas regiones que repercuten de manera gradual en la carretera; ya que en los momentos de las catástrofes naturales que en su mayoría son huracanes, tormentas, ciclones; sufre la región año con año siendo causa de que aquellos ríos que permanecen secos durante toda la temporada de sequías y se reaviven de manera progresiva o abruptamente con lo cual se desborde o salga del cause del río, lo cual daña de forma total a la vía de comunicación, evitando que se pueda dar el flujo del tránsito vehicular así como la comunicación continua entre los municipios; como se muestra en las imágenes 1.1 y la 1.2.



A la izquierda Imagen 1.1.- Los puentes reciben con fuerza los grandes niveles de agua de los ríos crecidos, con lo cual acaba por destruirlos; A la derecha Imagen 1.2.- Por otro lado existen tramos en los que el agua termina por cubrir o borrar la carretera.

El terreno por donde se establece la carretera transpeninsular, desierto, valle, zonas costeras, montañosa. En las cuales podrá darse cuenta de los desprendimientos o derrumbes del cuerpo rocoso a causa de los temblores, vibraciones o por el intemperismo causado a las superficie de la roca lo cual debilita dando como resultado lo que se aprecia en la Imagen 1.4. Muchos de los casos a los que se hace referencia en

Planteamiento Del Problema.



Imagen 1.4.- Se puede apreciar en la imagen el desprendimiento de los cuerpos rocosos; los desprendimientos se pueden dar por varios sucesos que los originan en las partes donde la carretera cruza por las sierras.

esté planteamiento suelen ser parte de los fenómenos naturales a los que es vulnerable por su ubicación geográfica tanto son huracanes, ciclones, tormentas, terremotos.

Imagen	Fuente
1.0 .- Carretera tramo cd. constitución - cd. insurgentes cuatro carriles.	BCS noticias,. (2015). <i>Presentan nueva fase para la ampliación de la carretera Ciudad Constitución-La Paz</i> . Retrieved from http://www.bcsnoticias.mx/presentan-nueva-fase-para-la-ampliacion-de-la-carretera-ciudad-constitucion-la-paz/
1.2 .- Los puentes reciben con fuerza los grandes niveles de agua de los ríos crecidos, con lo cual acaba por destruirlos	[Odile catástrofe e improvisación, Zuñiga y Ramirez]. (mexico, 2014). abandono, rapiña e ineficiencia oficial; privilegian a turistas sobre damnificados. Baja California Sur.
1.3 .- Por otro lado existen tramos en los que el agua termina por cubrir o borrar la carretera.	[crecida de arroyo impide el paso en cataviña, flores mancilla]. (mexico, 2014). cataviña, Baja California Sur.
1.4 .- se puede apreciar en la imagen el desprendimiento de los cuerpos rocosos; los desprendimientos se pueden dar por varios sucesos que los originan en las partes donde la carretera cruza por las sierras.	[derrumbe en la carretera transpeninsular y Villalobos Davis], (mexico, 2013). loreto, baja california sur

numero	referencias
1	Ulises Irigoyen (1942), <i>carretera transpeninsular de Baja California</i> , tomo 1, pag. 59 - 60. visto en paralelo 28 de Enrique Cárdenas De La Peña. pag. 50 - 53
2	Cardenas de la Peña, E, (1976), <i>Paralelo 28</i> , mexico. Revista SOP.
3	Cardenas de la Peña, E, (1970 - 1976), <i>Paralelo 28</i> , Mexico, Revistas SOP, pag. 48 - 53.
4	28°00'00.0"N 114°00'44.1"W. (2016). Google.es. Retrieved 22 December 2015, from https://www.google.es/maps/place/22°53'46.9%22N+109°54'18.2%22W/@22.896348,-109.9072437,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d22.896348!4d-109.905055
5	22°53'47.0"N 109°54'18.5"W. (2016). 22°53'47.0"N 109°54'18.5"W. Retrieved 20 December 2015, from https://www.google.es/maps/place/27°59'60.0%22N+114°00'44.2%22W/@27.999989,-114.013123,18z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d27.999989!4d-114.012283

bibliografías

Cardenas de la Peña, E, (1976), *Paralelo 28*, Mexico, ciudad de mexico, Revista SOP.

CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS.

Se define al pavimento como el conjunto de capas de materiales seleccionados, que estructurados de tal forma que reciben y resisten los esfuerzos del tránsito, sin falla estructural los transmiten adecuadamente distribuidos a las capas inferiores, proporcionan a la superficie de rodamiento para que el tránsito se efectúe en forma rápida y cómoda.

PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Su superficie de rodamiento corresponde a una carpeta asfáltica la cual se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin falla estructural. Los esfuerzos del tránsito los transmite a las capas inferiores por medio de las características de cohesión y fricción de los materiales que constituyen sus capas que son: carpeta, base y sub-base, sub-rasante



Imagen 2.1.- Se puede observar las distintas capas que constituyen al pavimento asfáltico o bien un pavimento flexible.

PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Son de superficie es una losa de concreto hidráulico que tiene una falla frágil por lo cual no acepta deformaciones sin presentar la falla estructural, los esfuerzos del tránsito los transmite a las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y se apoya con las losas adyacentes de tal forma que los esfuerzos que transmite son mínimos. Sus capas son losa y sub-base.

Aunque su carpeta es flexible, presenta un límite de falla frágil, siendo que los esfuerzos del tránsito se transmiten por las características de cohesión y fricción de los materiales, sus capas son carpetas de bases o sub-base son estabilizadas con cemento o cal.



Imagen 2.2.- Se puede notar la diferencia de capas que conforman a un pavimento rígido, en el poblado de Santa Rosalia, municipio de Mulege, B.C.S.

CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (CONCRETE COMPACT ROLLER).

El uso del concreto compactado con rodillos varía en sus lugares de implementación como son minas, calles, instalaciones de manejo de abono, aserraderos, pistas de rodamiento de camiones. Es por ello que estos concretos capacitados con rodillo sean de un control más rígido que en la construcción de obras más grandes.

La mezcla de revenimiento cero será algo que podamos combinar con el concreto compactado con rodillo en una central dosificadora compactando la mezcla en un periodo de 60 minutos del inicio del mezclado, a pesar de que las condiciones ambientales pueden aumentar o disminuir este periodo, el concreto compactado con rodillo se coloca normalmente en capas con espesor de 125 mm a 250 mm. Los equipos de pavimentación de alta densidad son comúnmente más utilizados en capas más espesas que 150 mm. La compactación adicionalmente se ve reducida. Donde el diseño requiera un espesor mayor que 250 mm., el concreto se debe colocar en capas múltiples.

Además tipo de construcción, es importante que haya un retraso mínimo en la colocación de capas subsecuentes, a fin de asegurarse una buena adherencia entre las capas. Después de su colocación, el concreto compactado con rodillo se puede compactar con una combinación de rodillos vibratorios de llantas de acero y de llantas de caucho.

Un curado en la construcción de pavimentos con concretos compactados con rodillo son uno de los puntos más importantes. Relacionando el agua - cemento en la etapa inicial de mezclado significa que el concreto secará muy rápidamente después de su colocación. Donde se recomienda un curado continuo con agua, a pesar que el rociado de emulsiones asfáltica y compuestos de curado de concreto se usan usualmente. Estos pavimentos generan una resistencia de 360 kg. / cm.² o su aproximación de 35 mega - pascales, de igual manera debemos de utilizar concretos de alto impacto como de cargas abrasivas fue descubierto en los años 90; para ello debemos de tener una mezcla en la que nuestros agregados en conjunto del humo de sílice con lo cual nosotros aseguraremos que nuestra mezcla de concreto hidráulico tenga una resistencia más prolongada ante los efectos del intemperismo al que se ve sometido por los usuarios.

El Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute) trata el concreto compactado con rodillos por dos normas cuales son englobadas en:

1. ACI 207.5 concreto masivo compactado con rodillos que trata de estructuras de control de aguas (roller compacted mass concrete)⁷.
2. ACI 325.10 pavimento de concreto compactado con rodillos que cubre los nuevos desarrollos de pavimento compactado con rodillo (roller compacted concrete pavements)⁸.

⁷ Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi. (2004). diseño y control de mezclas de concreto . Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association. (p. 388)

⁸ Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi. (2004). diseño y control de mezclas de concreto . Skokie, Illinois, EE.UU.: Portland Cement Association. (p. 388)

CAPAS.

De acuerdo al tipo de capa estructural que integra a un pavimento, estos se clasifican generalmente en dos, rígidos y flexibles donde los flexibles tienden a tener superficialmente una capa asfáltica como superior y los rígidos tienen superficie de concreto hidráulico.

CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.

Las carpeta asfáltica es aquella que esta formada por los suelos con características especial y cemento asfáltico, sobre ella actúan directamente aquellas cargas ejercidas por el tránsito vehicular y en muchos casos se encarga de proporcionar las características funcionales al pavimento. Estructuralmente absorbe y transmite los esfuerzos horizontales y verticales a las capas que hacen bajo ella.

Desempeño del pavimento flexible incluye tanto al comportamiento estructural como el funcional. Estructuralmente se refiere a la capacidad del pavimento para soportar las cargas del tránsito sin deformaciones permanentes excesivas y sin agrietamiento en función a la capacidad del pavimento asfáltico pueda ser una de las superficies sea mas cómoda y segura para los usuarios que suelen ser quienes la transitan.

Dichas mezclas deben de estar dentro de los márgenes que marca la norma establecida por el departamento de infraestructura del transporte de la secretaria de comunicaciones y transportes escatimada dentro de la norma N-CMT-4-05-003⁹ la cual esta dentro de la normatividad para la infraestructura del transporte, donde se nos indica la calidad de los asfáltos indicando en dicho apartado para las carreteras.

CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO.

El pavimento rígido es aquel cuya capa superior, está constituida por una losa de concreto hidráulico. La losa puede ser de concreto hidráulico simple o con acero de refuerzo continuo. Si son de concreto simple, éstas se construirán con o sin dispositivos

⁹ (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2016)

de transferencia de carga entre losas de concreto hidráulico cada vez que una carga pasa a través de ellas, los pasajuntas funcionarían como uniones de transferencia. Esto sin olvidar que el refuerzo es una cosa distinta al pasajuntas, por ello no olvidemos que el concreto hidráulico es muy susceptible a los efectos de la expansión y contracción generados por los cambios de temperatura.

Suele requerirse de extrema precaución y control de conservación en el sellado de juntas para evitar problemas posteriores. Los materiales que se utilicen para elaborar concreto hidráulico cumplirán con la calidad indicada en la normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes no obstante retomar aquellas normas internacionales como lo son las normas de la PCA¹⁰, ACI¹¹, ASTM¹², AASHTO¹³. Sin olvidar que se debe de tener un buen cuidado de como se construyen estos caminos, para ello no está de más deber anexar a lo ya visto las características del módulo de ruptura en cada uno de los tiempos, estableciendo los 28 días donde el concreto alcanza su mayor dureza; con lo cual definiremos la resistencia del concreto.

BASES.

BASES ESTABILIZADAS.

Se le llama así aquella capa de materiales integrada por suelos seleccionados que se construye previo a la capa de rodadura o a la carpeta estructural. Su construcción depende del aspecto económico; algunas de las funciones de la base son:

1. Transmitir las cargas de tránsito vehicular a la capa donde se apoya.
2. Drenar el agua.
3. Evitar la ascensión capilar.

¹⁰ *portland cement association* (asociación de cemento portland).

¹¹ *American concrete institute* (instituto americano del concreto).

¹² *American society for testing and materials* (sociedad americana para ensayos y materiales).

¹³ *Association of state highway and transportation officials* (asociación americana de los funcionarios de las autopistas estatales).

Cuando se agrega agua al material de base para su compactación entonces a esta capa se le llama base hidráulica. Si la calidad no cumple con los requisitos indicados dentro de la norma de la Secretaria de Comunicaciones Transportes (S.C.T.) o bien si la resistencia del material no es suficiente para soportar las cargas del tránsito vehicular, entonces se construyen las denominadas bases modificadas o estabilizadas, las cuales se elaborarán agregando al suelo algún producto químico para modificar la calidad o resistencia del material, según corresponda.

En todos los casos es necesario efectuar las pruebas de laboratorio para determinar las características de calidad y resistencia. Las bases más usadas en México, según el producto químico que se agregue al material, son las siguientes:

1. Modificadas con Cemento Hidráulico (BMC).
2. Estabilizados con Cemento Hidráulico (BEC).
3. Estabilizadas con Asfalto (BEA).
4. Asfáltica o base Negra (BMA).
5. Concreto Hidráulico Magro (concreto pobre) o de Baja Resistencia (BCP).

A continuación en la tabla 2.1. se mostrara algunas de las características más importantes de las bases modificadas y estabilizadas.

Tipos de Bases	Tabla 2.1.- Características
Modificadas con cemento hidráulico	Se incorpora al suelo que formará la base, de 3 a 4 por ciento en masa de cemento hidráulico para modificar su plasticidad
Estabilizadas con cemento hidráulico	Se le incorpora al suelo que formará la base, de 6 a 10 por ciento en masa de cemento hidráulico para aumentar la resistencia a la compresión simple determinada a los 7 días de edad.
Estabilizadas con asfalto	Se agrega al suelo que integra la base, de 3 a 4 por ciento en masa de cemento asfáltico para mejorar su comportamiento mecánico y disminuir la plasticidad. El asfalto se agrega en forma de emulsión.
Asfáltica (<i>Base negra</i>)	Se añade al suelo que integra la base, de 4 a 5 por ciento en masa de cemento asfáltico para formar una capa de concreto asfáltico magro. El asfalto se añade en caliente o en frío.
Concreto hidráulico magro o de baja resistencia	Se agrega al suelo que formará la capa, cemento hidráulico necesario para obtener una resistencia a la compresión simple a los 28 días de edad de 150 kg/cm ² a 200 kg/cm ² .

Trabajando en rehabilitación de pavimentos y se elaboran bases modificadas o estabilizadas con cemento hidráulico, aprovechando el material de los pavimento existente, se recomienda que el cemento hidráulico se agregue en forma de lechada.

En esos casos se sugiere que la elaboración de la base estabilizada con cemento Portland se realice conforme al procedimiento siguiente: recuperar el pavimento existente en el espesor que indique el proyecto.

Al producto del corte podemos agregarle en caso de ser necesario material de banco con calidad de base hidráulica, adicionar en forma de lechada el porcentaje en peso de cemento Portland que indique el proyecto, para obtener la resistencia a compresión simple ($f'c$) especificada en dicho proyecto, la resistencia obtenida se evalúa a los 7 días de edad.

Hecho lo anterior homogeneizar, humedecer, tender y compactar el material al 100% de la masa volumétrica seca máxima modificada en cinco capas, cuidando que entre la aplicación del agua y el compactado del material no transcurra más de una hora. La compactación se debe hacerse primero con rodillo pata de cabra, posteriormente afinar y dar el acabado con rodillo liso.

Previo a la compactación hacer las juntas transversales con cuchilla (quilla) que deje una membrana de asfalto en casi todo el espesor de la capa, las juntas hacerlas hasta una profundidad de un tercio ($1/3$) del espesor de la capa, esviajadas H:V (6:1) como se indica en la imagen respecto al eje longitudinal de la carretera, con separación entre juntas no mayor de tres metros, antes de iniciar la obra el porcentaje de cemento que se agregara al material recuperado deberá obtenerse en pruebas de compresión simple donde son elaboradas con el material recuperado compactando al 100% de la masa seca máxima, AASHTO se modifica en cinco capas, donde la resistencia deberá ser mínimo de la indicada en el proyecto, a los siete días de edad.

Se hará una prueba de 200 m. de longitud como mínimo en donde lo designara el organismo antes de iniciar los trabajos para ajustar el porcentaje de cemento Portland, así como el numero de pasadas de los equipos compactadores y su velocidad, frecuencia de oscilaciones.

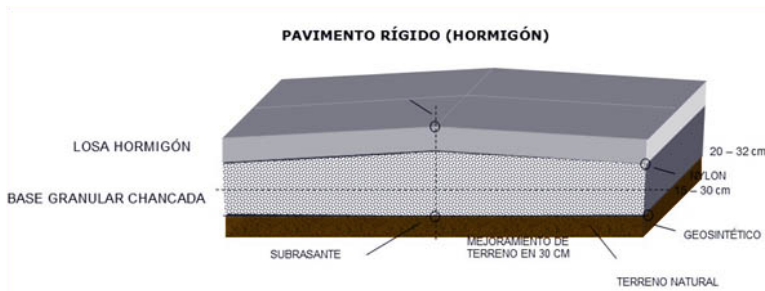


Fig. 2.3.- Composición de un pavimento de concreto hidraulico o pavimento rígido.

Pavimento Rígido (Hormigón).

Su superficie es una losa de concreto hidráulico que tiene una falla frágil por lo cual no acepta deformaciones sin presentar la falla estructural, los esfuerzos del tránsito los transmite a las capas inferiores por medio de toda la superficie de la losa y se apoya con las losas adyacentes de tal forma que los esfuerzos que transmite son mínimos. Sus capas son losa y sub - base.

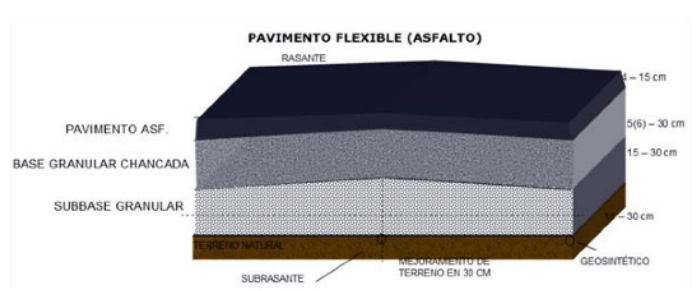


Fig. 2.4.- Estructura interna de un pavimento flexible o de asfalto.

Pavimento Flexible (Asfalto).

Su superficie de rodamiento corresponde a una carpeta asfáltica la cual se pliega a pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin falla estructural. Los esfuerzos del tránsito los transmite a las capas inferiores por medio de las características de cohesión y fricción de los materiales que constituyen sus capas que son: carpeta, base y sub - base.

En las figuras 2.3 y 2.4 se muestran las estructuras de los cuerpos a los que se tienen que remitir cada uno cuando se aprecien desde un corte de vista lateral o dado que tengamos un corte en nuestra estructuras de pavimentos. Tener una vía bien construida puede ofrecer un pavimento con una fiabilidad considerable ya que tendrá una superficie de rodamiento segura, rápida y cómoda para los usuarios.

DISEÑO DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS. AGREGADO FINO.

Para dicho agregado fino existen requisitos que los cubre una de las normas donde se nos da un rango realmente amplio, para su granulometría. Las especificaciones son dispuestas por las obras donde que vayan a requerir de sus usos como lo es para lograr una buena trabajabilidad se es necesario que se aproxime al máximo porcentaje para que pase por el tamiz.

Se debe de tener siempre consiente la relación que existe de agua - cemento pero no olvidemos que son importantes las relaciones que debemos de tener con el agregado fino - agregado grueso donde se puede utilizar un amplio rango de granulometría lo cual repercutiría económicamente en la mezcla de concreto hidraulico.

Tabla 2.2.- Limites Granulométricos Del Agregado Fino	
Tamiz +	porcentaje que pasa (en masa)
9.5 mm (3/8 pulg.)	100
4.75 mm (no. 4)	95 - 100
2.36 mm (no. 8)	80 - 100
1.18 mm (no. 16)	50 - 85
600 µm (no. 30)	25 - 60
300 µm (no. 50)	10 - 30
150 µm (no. 100)	2 - 10
+ abertura de los tamices especificados	
* De acuerdo con la norma estadounidense asta c 33 con un limite de 5% - 30%	
** Con la norma estadounidense asta c 33 nos marca que el limite es del 0% - 10%	

Apoyándose en la tabla 2.2¹⁴. donde se marca los tamices con lo que se debe revisar la granulometría fina.

¹⁴ (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

El módulo de finura es un índice de agregado cuanto mayor la finura será mas grueso el agregado, las proporciones de los agregados finos es de útil importancia para dar las proporciones. Lo podemos obtener sumando el acumulado de las masas retenidas por cada tamiz y dividiéndose por la suma individual retenida en masa. Como se hace un ejemplo en la tabla 2.3¹⁵.

Tabla 2.3. - Modulo de finura de agregados finos.			
Tamiz	porcentaje de la fracción individual retenida, en masa.	porcentaje acumulado que pasa, en masa.	porcentaje retenido acumulado, en masa.
9.5 mm (3/8 pulg.)	0	100	10
4.75 mm (no. 4)	12	98	2
2.36 mm (no. 8)	13	85	15
1.18 mm (no. 16)	20	65	35
600 µm (no. 30)	20	45	55
300 µm (no. 50)	24	21	79
150 µm (no. 100)	18	3	97
Fondo	3	0	-
Total	110		293
Modelo de finura = 293 ÷ 110 = 2.6636			

Si el modulo de finura es mayor, más grueso es el agregado, tal que si el módulo de finura estimara las proporciones de agregado fino y grueso en el concreto.

AGREGADO GRUESO.

La calidad de los agregados, están acorde a las demandas del concreto fresco o endurecido los cuales son establecidos por los porcentajes. generalmente el conjunto de agregados finos como gruesos representan el 60% - 75% cuando en pesos son simbolizados por un 70% - 90% del cuerpo.

¹⁵ (Pavimentos de concreto para carreteras, 2002)

Los agregados gruesos están conformados por gravas o bien materiales triturados cuyo tamaño predomina mayormente a los 5 mm, pero mas normalmente se pueden ver entre los 9.5 mm - 38 mm; los depósitos naturales o bien llamados bancos de materiales o minas, suelen ser los lugares donde se extraerán estos materiales dichas gravas tienen combinación con concreto con simples tratamientos mínimos; la excavación, extracción o dragado son los métodos para su obtención. minas, ríos, lagos, sin olvidar el triturado de roca de cantera, piedra bola, guijarros, boleos. Son los lugares donde comúnmente consideramos como bancos de materiales.

Los agregados se gradúan desde la planta de extracción de igual forma se pueden observar algunas de las propiedades los cuales varían dependiendo de los diferentes Depósitos geológicos de una misma mina de explotación. El no limitar los muestreos solo a los sitios de extracción. El espécimen a utilizar debe de cumplir con requisitos mínimos como lo son las pruebas en la tabla 2.4¹⁶:

1. Partículas Limpias.
2. Partículas Duras.
3. Partículas Resistentes.
4. Partículas Libres De Sustancias Químicas.
5. Partículas Libre De Recubrimientos Plásticos.

Tabla 2.4.- Pruebas De Laboratorio Para Determinar La Calidad De Los Materiales.

terracerias	clasificación: limites de consistencia, granulometría. calidad: peso volumétrico máximo, en ocasiones vale relativo de soporte (CBR), expansión.
capa sub-rasante	clasificación: limites de consistencia, granulometría. calidad: peso volumétrico máximo, valor relativo de soporte, expansión, equivalente de arena. diseño: obtención del CBR de acuerdo con el cuerpo de ingenieros de EUA, pruebas de hveem, modulo de residencia.
bases y sub-bases	clasificación: limites de consistencia, granulometría. calidad: peso volumétrico máximo, valor relativo de soporte, expansión, equivalente de arena.

¹⁶ (Pavimentos de concreto para carreteras, 2002)

Tabla 2.4.- Pruebas De Laboratorio Para Determinar La Calidad De Los Materiales.

concreto	1.- propiedades físicas de los agregados: granulometría, peso volumétrico seco, peso volumétrico seco compactado, peso específico saturado y superficialmente seco, absorción, tamaño máximo nominal del agregado, modulo de finura, partículas finas (pasan la malla numero 200), contenido de materia orgánica, limite liquido, equivalente de arena. 2.- propiedades físico - químicas: reactividad potencial álcali - agregado, partículas ligeras , determinación de partículas de arcilla y de partículas deleznable (son aquellas particular que no sirven y podemos no tomarlas en cuenta).
muestras	cantidades a considerar varia entre 50 kg. a 100 kg.

Se Debe de recordar el evitar excesos de lutita como se puede observar en la imagen 2.5., donde puede darse una idea de lo que nos referimos a esta roca, por ser poco resistentes a los efectos del intemperismo.



Imagen 2.5.- Lutita.

SELECCIÓN DE BANCOS.

Para que los bancos seleccionados sean una opción para explotar debe cumplir:

1. Determinar la naturaleza del deposito.
2. Establecer la composición de la roca posible explotación.
3. Los niveles de aguas freáticas.
4. Recopilar la información relativa al suelo y rocas, incluyendo las propiedades.

Incluyendo las etapas:

1. Reconocimiento preliminar, hacer un estudio geológico.
2. Exploración preliminar, donde se determina la calidad de la roca o suelo.
3. Exploración definitiva, es aquí donde los ensayos de laboratorio definen las propiedades físico - mecánicas del o de los materiales.

Principalmente las pruebas de laboratorio para clasificar una carretera de concreto hidráulico se puede ver en la tabla de ensayos de laboratorio para determinar la calidad de los materiales. Siempre que sea posible cada proyecto deberá de contar con bancos alternos a los cuales deberá contar de igual forma con sitios estudiados; por cualquier tipo de contingencia.

ALMACENAMIENTO DE BANCOS DE MATERIALES.

Aquellos lugares donde se llegue almacenar como los patios o áreas de colocación deberán estar libres de todos los agentes orgánicos de igual forma con desperdicios en general de cualquier contaminante.

De ser necesario los lugares donde sea colocado y/o acarreado; periódicamente deberán de ser limpiados, lavados en que no haya partículas extrañas. podemos hacer la colocación de una capa con espesores variables, el cual puede ser una capa de material grueso, no obstante debemos de recordar que la maquinaria de uso en el lugar de trabajo llega a variar en sus huellas de tipo de llantas como son las diferencias mas cotidianas siendo de ella las orugas que son de metal y las llantas que son de caucho. Son de afectación para estas capas, las que mantienen los materiales separados de los contaminantes.

La medida tiene por objeto tomar posibles degradaciones que pueden posteriormente contaminar los agregados situados en las partes inferiores de los bancos de almacenamiento, en casos donde la arena esta muy seca es posible encontrar la producción de segregaciones, este problema se puede disminuir si se humedece ligeramente el material.

CEMENTO.

Llamado así por sus acciones químicas como lo son la de endurecimiento y fraguado del cemento portland en contacto del agua, pero comúnmente se le acredita el nombre de concreto hidráulico que se encuentra conformado por cemento, agua, agregados.

Existen muchas combinaciones que podrán ser de mucha utilidad para cada una de las tareas que la obra en específico lo requiera, es por ello que llegamos a la tipología.

TIPOLOGÍA.

De acuerdo a ciertas normas de especificación estándar se cuenta que ocho clasificaciones como lo muestra la tabla 2.5¹⁷. donde se pueden notar algunas variantes.

Tabla 2.5. -Tipología De Cementos		
Tipo	Descripción	Opciones
I	Normal	BA
IA	Normal con incluso de aire	BA
II	De resistencia moderada a sulfatos	MH, BA
IIA	De resistencia moderada a los sulfatos, con incluso de aire	MH, BA
III	De alta resistencia a la edad temprana	MS, AS, BA
IIIA	De alta resistencia a la edad temprana, con incluso de aire	AS, BA
IV	De bajo calor de hidratación	BA
V	De resistencia elevada a los sulfatos	BA, EXP
BA: bajo contenido de álcalis (0.60%, como Na ₂ O)	MH: requisitos alternos para un calor de hidratación: 70 cal/g max. a 7 días, o C ₃ S + C ₃ A ≤ 58%.	MS: resistencia a los sulfatos, C ₃ A ≤ 8%
AS: alta resistencia de los sulfatos C ₃ A ≤ 5%	EXP: opción para lograr una resistencia alta a los sulfatos, con expansión ≤ 0.040 % sobre mortero a los 14 días.	

Se Puede dar un pequeño uso de los cementos como por ejemplo en el tipo I o II son empleados para pavimentaciones.

En reparaciones se suele emplear en cementos del tipo III, debido a que se necesita emplear pero al mismo tiempo busca que su reparación no tarde, pero no por ser rápida

¹⁷ (Pavimentos de concreto para carreteras, 2002)

sea un material de muy baja resistencia y el tipo III es un cemento de alta resistencia a una edad temprana.

A continuación algunos de los cementos producidos con cementos portland, obsérvese algunos de los tantos cementos producidos ver tabla 2.6¹⁸.

Tabla 2.6- Tipos De Concretos Producidos Con Cemento Portland		
aislante	con retenimiento cero	modificado por látex
arquitectónico	con vermiculita	modificado por polímero
auto-compactante	con alta resistencia	para blindaje
blanco	con alta resistencia inicial	para clavar
celular autoclavado	con alto desempeño	para relleno
ciclópeo	con baja densidad	para tubo embudo (tremie)
coloidal coloreado	de contracción compensada	poroso
compactado con rodillo	de gran peso	pre-empacado
con agregado de aserrín	de polvo reactivo	premoldeado
con agregado expuesto	empacado a seco	reciclado
con agregado pre-colado	estampado	reforzado con fibras
con ceniza volante	fluido	super plastificado
con granulometría discontinua	geo polímero	tratado al vacuo
con humo de sílice	lanzado	ferrocemento
con punzolanas	ligero de resistencia moderada	relleno de densidad controlada
sin revenimiento	ligero estructural	relleno de fluido
	masivo	suelo-cemento
	modificado por epóxi	terrazo

¹⁸ (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

Tabla 2.6- Tipos De Concretos Producidos Con Cemento Portland

acrílico	de fosfato de magnesio	de silicato de sodio
asfáltico	látex	de yeso
aluminato de calcio	metracrilato de metilo (MMA)	epoxico
azufre	poliéster	furano
de fosfato de aluminio	silicato de potasio	polimerico

LOGÍSTICA.

Al tener un material como lo es el cemento almacenado en ciertos lugares donde puede tener un contacto con la humedad nuestro material podrá tener una variación en sus reacciones, como lo es al tener ese contacto con el agua, donde se hace constar que el fraguado es mas lento, dicho esto la resistencia será menor a diferencia de un cemento que se a colocado en lugares sin humedad.

Es por ello que una logística es recomendable dar el uso en los tiempos adecuados para no estar teniendo problemas de humedad o bien puede ser su contra parte con el calor donde podríamos hacer un aumento económico por usos de mas materiales, los cuales pueden repercutir en mas detalles como lo son:

1. la poca accesibilidad a los lugares de donde reside la obra.
2. lugares de almacenamiento.
3. clima.
4. lugares de suministro (bancos de materiales - almacenes de empresas suministradores).

AGUA.

Debemos recordar que el cemento y el agua tienen una relación muy cercana misma que puede tener una afectación por no ser el liquido indispensable, ya sea a mediano o corto plazo mas en este caso por ser para un pavimento rígido.

No siendo las únicas áreas de afectación, tenemos también, la durabilidad, manchas en la losa, la corrosión de estructuras de refuerzo; todo esto lo toleramos y lo tendemos a minimizar las medidas de los límites para la aceptación de este líquido, no obstante sin olvidar el cuidado que debe de coexistir al momento de hacer nuestro concreto hidráulico; si es mayor el líquido se tendrá que determinar el efecto como resultado con vital importancia al tiempo de fraguado y/o resistencias.

Aquellos líquido considerados aptos para la producción o ser parte de un concreto hidráulico aceptable, podrán encontrar sustancias como lo son:

1. Azúcar.
2. Acido tantito.
3. Material orgánico.
4. Aceite.
5. Acido húmico.
6. Sulfatos.
7. Acido carbónico libre.
8. Sales alcalinas.
9. Residuos de combustibles.

Estas sustancias pueden ser de origen natural pero otros pueden ser parte de un sistema que presenta fugas, donde podrán tener acceso varias de las sustancias arrojadas. En el caso de aguas con contenido de gases podremos hacer el proceso de aireación de agua misma que podrá ser de un uso adecuado.

Si queremos que el concreto sea a largo plazo, el agua no debe de exceder los límites de sulfatos, álcalis, cloruros y dióxido de carbon disuelto. Comprobados por los tiempos de fraguado y la resistencia a la compresión en los días siete, catorce y veintiocho días partiendo de la colocación del concreto hidráulico en la obra.

ADITIVOS DEL CONCRETO.

Son aquellas sustancias químicas capaces de modificar los aspectos de nuestro concreto hidráulico pero más en sus propiedades que aquel concreto convencional no puede ofrecer, no limitándose a solo sustancias químicas también se contemplan algunos minerales capaces de hacer estas modificaciones tal como son unas escorias o punzolanas.

Las punzolanas son consideradas modificaciones de los concretos producidos además se pueden incluir en la fabricación del cemento teniendo en cuenta que se puede agregar en la mezcla dosificando el material.

Existen varias situaciones en las que podemos emplear el uso de los aditivos y no son solo por mejorar algunas de las propiedades del concreto hidráulico, si no para mejorar o bien disminuir alguna de sus propiedades; con lo cual podemos hacer concreto especiales como son: de alto desempeño o mayor trabajabilidad.

“El ACI define un aditivo como cualquier material distinto al agua, agregados y cemento portland que se puede añadir a la mezcla antes o después del proceso de mezclado”¹⁹.

Eventos que favorecen la aplicación de aditivos en concretos frescos:

1. Aumentar la trabajabilidad sin hacer aumento o decremento de la relación agua - cemento.
2. Aumento de fluidez.
3. Reducción de tiempo en la rapidez del revenimiento.
4. Controlar el sangrado.
5. Fenómeno de segregación.
6. Tiempo de fraguado.

Y en el concreto en fase de solidificación:

1. Adherencia de concretos de edades distintas.

¹⁹ American Concrete Institute, comité 116.

2. Ganar resistencia a edades tempranas.
3. Controlar la expansión por efectos de álcali - sílice.
4. Aumento de resistencia.
5. Mejorar la durabilidad.
6. Dar mas resistencia a la abrasión como al impacto.
7. Retrasar el calor que evoluciona, por la hidratación inicial.
8. Reducir permeabilidad.

En el concreto hidraulico se puede utilizar muchos aditivos como se muestra en la tabla 2.7²⁰, pero se hace mención de algunos de los utilizados en el uso de concretos por la PCA²¹ haciendo mención de los siguientes:

1. Aditivos incorporadores de aire (inclusores de aire).
2. Aditivos reductores de agua.
3. Plastificantes (fluidificantes).
4. Aditivos aceleradores (acelerantes).
5. Aditivos retardadores.
6. Aditivos de control de la hidratación.
7. Inhibidores de corrosión.
8. Reductores de retracción.
9. Inhibidores de reacción álcali-agregado.
10. Aditivos colorantes.
11. Aditivos diversos.

²⁰ (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004)

²¹ portland cement association

CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.

Tabla 2.7.- Efectos De Los Aditivos.		
Tipo de Aditivo	Efecto Deseado	Material
Acelerador	Acelerar el tiempo de fraguado y el desarrollo de la resistencia temprana	Cloruro de calcio, (ASTM D 98 and AASHTO M 144) trietanolamina, tiocianato de sodio, formiato de calcio nitrito de calcio, nitrato de calcio
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo C), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NMX-C-356, NTC 1299 (tipo C), NTP 334.088		
Adherencia	Aumentar la resistencia de adherencia	Cloruro polivinilo, acetato polivinilo, acrílicos, copolímeros
Aditivo para Lechada	Ajustar las propiedades de la lechada para aplicaciones específicas	Consulte los aditivos inclusores de aire, aceleradores retardadores y reductores de agua
Agente Espumante	Producir concreto liviano y concreto celular con baja densidad	Surfactantes catiónicos o aniónicos Proteína hidrolizada
Anti-deslave	Aumentar la cohesión el concreto para su colocación bajo agua	Celulosa, polímero acrílico
A Prueba de Humedad	Retrasar la penetración de humedad	Jabones de estearato de calcio o amonio u oleato
Auxiliar de bombeo	Mejorar las condiciones de bombeo	Polímeros orgánicos y sintéticos Floculantes orgánicos Emulsiones orgánicas de parafina, alquitrán, asfalto, acrílicos Bentonita y sílice pirogénica Cal hidratada (ASTM C 141)
Colorante	Producir concreto colorido	Negro de humo modificado, óxido férrico, tierra de sombra, óxido de cromo, óxido de titanio y azul cobalto
ASTM C 979, NMX-C 313, NTC 3760		
Control de Hidratación	Suspender y reactivar la hidratación del cemento con un estabilizador y un activado	Ácidos carboxílicos Sales de ácidos orgánicos conteniendo fósforo
Formador de gas	Causar expansión antes del fraguado	Polvo de aluminio

CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.

Tabla 2.7.- Efectos De Los Aditivos.		
Tipo de Aditivo	Efecto Deseado	Material
Fungicida, germicida e insecticida	Inhibir o controlar el crecimiento de bacterias y hongos	Fenoles polihalogenados Emulsiones de dieldrin Compuestos de cobre
Impermeabilizantes	Disminuir la permeabilidad	Látex Estearato de calcio
Inclusores (incorporador) de Aire	Mejorar la durabilidad en los ambientes sujetos a congelación-deshielo, sales, sulfatos y ambientes álcali reactivos Mejorar la durabilidad	Sales de resinas de madera (resina vinsol) Algunos detergentes sintéticos Sales de lignina sulfonada Sales de ácidos de petróleo Sales de material protaináceo Ácidos grasos y resinosos y sus sales Sulfonatos de alkilbenceno Sales de hidrocarburos sulfonados
ASTM C 260, AASHTO M 154, COVENIN 0357, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NGO 41069, NMX-C-200, NTC 3502, NTP 334.089, NGO 41016		
Inhibidor de reacción álcali-agregado	Reducir la expansión por reactividad álcali-agregado	Sales de bario, nitrato de litio, carbonato de litio, hidróxido de litio
Inhibidor de Corrosión	Reducir la corrosión del acero en ambientes con alta concentración de cloruros	Nitrito de calcio, nitrito de sodio, benzoato de sodio, ciertos fosfatos y fluosilicatos, fluoaluminatos, esteramina
Purgador de aire	Disminuir el contenido de aire	Fosfato tributilo, ftalato dibutilo, alcohol octilo, ésteres insolubles en ácidos carbónico y bórico, silicones
Reductor de agua	Reducir en hasta 5% el contenido de agua	Lignosulfonatos Ácido carboxílico hidroxilato Carbohidratos (también tienden a retardar el fraguado, entonces normalmente se añade un acelerador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo A), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		
Reductor de agua y acelerador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y acelerar el fraguado	Véase reductor de agua (se añade acelerador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo E), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299, NTP 334.088		

Tabla 2.7.- Efectos De Los Aditivos.		
Tipo de Aditivo	Efecto Deseado	Material
Reductor de agua y retardador	Reducir en hasta 5% el contenido de agua y retardar el fraguado	Véase reductor de agua (se añade retardador)
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo F), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 1299, NTP 334.088,		
Reductor de agua de alto rango	Reducir en hasta 12% el contenido de de agua	Véanse super plastificantes
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo F), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 1299, NTP 334.088,		
Reductor de agua de medio rango	Reducir el contenido de agua de 6% a 12% sin retardo del fraguado	Lignosulfonatos Policarboxilatos
Reductor de Retracción	Disminuir la retracción por secado	Éter alkil polioxialkilenos Propileno glicol
Retardador	Retardar el tiempo de fraguado	Lignina Bórax Azúcares Ácido tartárico y sales
ASTM C 494, AASHTO M 194 (tipo B), COVENIN 0356, IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NMX-C-255, NTC 1299 (tipo B), NTP 334.088		
Super plastificante	Aumentar la fluidez del concreto Disminuir la relación agua-cemento	Formaldehido condensado de melamina sulfonato Formaldehido condensado de naftaleno sulfónico Lignosulfonatos Policarboxilatos
ASTM C 1017 (tipo 1), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo F), NTP 334.088		
Superplastificante y Retardador	Aumentar la fluidez del concreto con tiempo de fraguado retardado Disminuir la relación agua-cemento	Véanse superplastificantes y reductores de agua
ASTM C 1017 (tipo 2), IRAM 1663, NCh2182.Of1995, NTC 4023 (tipo G)		

INCLUSORES DE AIRE.

El aditivo hace que se introduzcan de forma deliberada pequeñas burbujas con lo cual el concreto exhiba un comportamiento mayor en condiciones humedad en procesos como lo son el deshielo y la congelación, aparte hace que resista ante el desgarramiento por la acción de productos químicos; reduce o elimina los problemas que ocasiona la segregación y/o el sangrado. Denotan problemas de defectos en las losas recién coladas donde retardarían operaciones.

CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.



Imagen 2.6.- Daño ocasionado por enfriamiento en una junta de pavimentos

Es por ello que algunos de los efectos negativos que se pueden causar por enfriamiento esto se observa en nuestras obras de pavimentación, donde puede ser un ejemplo algunos de los efectos vistos en la imagen 2.6. Debiendo recordar que el concreto fresco da una mejor trabajabilidad.

REDUCTOR DE AGUA.

El reducir el contenido de agua puede no incurrir en una falta, por los tiempo de fraguado que pueden tener, pero su principal es la reducción de agua se puede tener un breve revenimiento lo cual indicara una disminución de la relación de agua - cemento (para eso se redujo la consistencia a números que determinan los hundimientos de las mezclas en condiciones o ensayos similares; este ensayo es el llamado revenimiento.²²)

Sean los mas altos o los mas usuales aditivos de reducción de agua bien pueden dar la reducción alrededor de cinco a diez por ciento y doce a treinta por ciento, recordando que la resistencia se puede ver aumentada o bien conservarse por la poca agua que tendrá relación con el cemento.

RETARDANTES.

Mas que retardantes la palabra correcta se es el poder moderar el tiempo o velocidad de fraguado con el fin de poder realizar todas las labores subsiguientes, como saber que

²² *Revenimiento del cemento.* (2016). *Arqhys.com*. Retrieved 28 September 2016, from <http://www.arqhys.com/contenidos/revenimiento-del-cemento.html>

existe un tiempo para todo pero el material que vamos a colocar desde su producción o bien en su contacto con el agua empieza hacer el proceso de fraguado, el tiempo que hace el transporte al lugar de la obra, después se trabaja en su colocación, para lo cual se debe la compactación correcta y dar un terminado. Dos maneras básicas de moderar el tiempo:

1. Enfriar alguno de los componentes antes del mezclado.
2. Adicionar un componente que retarde el fraguado, pero también manipule de alguna forma en que pueda mantener el calor de la hidratación.

Se utiliza en muchas obras donde se utilizan grandes cantidades de concreto; algunos retardantes no solo alteran los tiempos si no que también alteran las resistencias, por que las aceleran llevándolas a edades tempranas de uno a tres días, Será considerado necesario el uso de aditivos retardantes, cuando:

1. Debido a que las temperaturas son muy altas en lugar de la obra.
2. Lapsos de tiempos excesivos de transporte como producción, colocación.

Estos aditivos se basan en el uso de azúcares, al dosificar la cantidad a depositar en la mezcla no tendrá daño alguno, de no ser dosificada la cantidad puede suceder algún efecto drástico pues el progreso de lo que debería ser la resistencia podrá quedar por debajo de los tiempos establecidos, incremento de la rapidez en pérdidas de revenimiento, incluso de aire en mezclas. Al igual que el retardante son basados en la sustancia de ácido lignosulfónico e hidroxil - carboxílico.

ADITIVOS ACELERANTES.

acelerar el concreto a edades tempranas es la función principal del acelerante solo que antes de dárselo a nuestra mezcla se debe de considerar otras posibles opciones ya que estos aditivos utilizan cloruro de calcio. Lo cual puede provocar efectos como la decoloración en nuestras superficies, mas susceptible al efecto de la contracción por secado, corrosión del acero de refuerzo, posibles desgarramientos.

“Este tipo de consideraciones aunadas al hecho de que en un pavimento rígido se trabaja con mezclas relativamente secas, y a que altas temperaturas se registran en muchas zonas de nuestro país, hacen necesaria la realización de ensayos de las mezclas en el campo con objeto de medir algunas características de los concretos elaborados con aditivos en estado fresco y endurecido”²³.

Respecto a los aditivos que existen, se puede hacer recordatorio de la tabla donde podemos observar varios de ellos y todos ellos son empleados en la industria de la construcción, dirigidos más a la función a la que se tiene planeada utilizar en dicha tabla, se hace referencia a las funciones en conjunto con el material que hace juego, de tal modo se condiciona a ellos con:

1. Su composición química.
2. Efectos que provoquen en el concreto sea primarios o secundarios.
3. La compatibilidad con el concreto y los costos considerados.

²³ SIT, pavimentos de concreto para carreteras - volumen 1 proyecto construcción, Manuel Zárate Aquino. IMCYC, 2002, pag. II-21, II-22.

DISEÑO DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS.

Bibliografía		
6	Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, diseño y control de mezclas de concreto, portland cement association, skokie - illinois, EE.UU., 2004.	capitulo 6, pag. 135 - 149.
7	Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi, diseño y control de mezclas de concreto, portland cement association, skokie - illinois, EE.UU., 2005	capitulo 5, pag. 103 - 112.
8	Manuel Zarate Aquino, Aurelio Salazar Rodríguez Y Jose A. Tena Colunga, Pavimentos de concreto para carreteras: volumen 1 proyecto constructivo, Imcyc, D.F. Mexico, 2002.	capitulo 2, pag. II-14 - II-23.
9	(Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 2016)	
10	asociación de cemento portland (<i>portland cement association</i>).	
11	instituto americano del concreto (<i>American concrete institute</i>).	
12	sociedad americana para ensayos y materiales (<i>American society for testing and materials</i>).	
13	asociación americana de los funcionarios de las autopistas estatales (<i>Association of state highway and transportación officials</i>).	
14	American Concrete Institute, comité 116.	
15	portland cement association	
16	<i>Revenimiento del cemento. (2016). Arqhys.com. Retrieved 28 September 2016, from http://www.arqhys.com/contenidos/revenimiento-del-cemento.html</i>	
17	<i>catálogo de secciones estructurales de pavimentos para las carreteras de la república mexicana. (2016) (1st ed., p. anexo - h). mexico. retrieved from http://www.academia.edu/7125949/catálogo_de_secciones_estructurales_de_pavimentos_para_las_carreteras_de_la_república_mexicana</i>	
Tablas		
2.1	Características de las bases	CORDERO RODRIGUEZ, I. (2010). <i>FUNCIONES DE BASES Y SUB-BASES. PRESENTATION, F.E.S. ARAGON U.N.A.M.</i>
2.2	Limites Granulométrico del Agregado Fino.	Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). <i>Diseño y control de mezclas de concreto (p. pag. 108). Skokie, Ill.: Portland Cement Association.</i>
2.3	Modulo de finura de agregados finos.	<i>Pavimentos de concreto para carreteras. (2002) (p. pag. 109). México, D.F.</i>
2.4	Tabla Para Determinar La Calidad De Los Materiales	<i>Pavimentos de concreto para carreteras. (2002) (p. II-15). México, D.F.</i>
2.5	Tipología De Los Cementos	<i>Pavimentos de concreto para carreteras. (2002). México, D.F.: IMCYC, p.II-18.</i>
2.6	Tipos De Cementos Producidos Con Cementos Portland	KOSMATKA, S., KERKHOFF, B., PANARESE, W., & TANESI, J. (2004). <i>DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO (P. PAG. 375). SKOKIE, ILL.: PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.</i>
2.7	Tabla De Efectos Deseados Por Aditivos.	<i>Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto (pp. 136, 137 pag.). Skokie, Ill.: Portland Cement Association.</i>

Bibliografía		
	Imágenes	
2.1	diferencia de capas que conforman al pavimento rígido.	Merchan Najera, C. (2016). Construcción con concreto hidraulico en santa rosalia.
2.2	composición del concreto hidraulico	http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/urbanizacion/html/f_conceptos.html
2.3	composición del concreto asfatico	http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/urbanizacion/html/f_conceptos.html
2.4	lutita	http://www.regmurcia.com/servlet/integra.servlets.imagenes?method=verimagen_52259&nombre=lutita_1_re_s_720
2.5	daños por enfriamiento en una junta de pavimentos	diseño y control de mezclas de concreto pag. 138

MÉTODO AASHTOO²⁴.

Formulación.

La formula general 3.1²⁵ a la que llego al método AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es la siguiente:

$$\log_{10}(E18) = \left[Z_r \times S_o + \log_{10}(D+I) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^2}{(D+I)}} + (4.22 - 0.32 \times pt) \times \log_{10} \left[\frac{S^c \times Cd (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times j \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{EC}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right] \right] \dots (3.1)$$

$\log_{10}(E18)$ - trafico.

Z_r - desviación estandar normal.

S_o - error estandar combinado.

$\log_{10}(D+I)$ - espesor.

ΔPSI - diferencia de servicialidad.

pt - servicialidad final.

S^c - modulo de ruptura.

Cd - coheficiente de drenaje.

j - coheficiente de transferencia de carga.

Ec - modulo de elasticidad.

k - modulo de reacción.

Formula 3.1.- Ecuación general para el diseño de pavimentos rígidos.

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es importante conocer las consideraciones mas importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los ejes equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación el espesor supuesto es resultado del problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciendo tanteos para tomando como valor semilla el

²⁴ ("Pavimentos de Concreto CEMEX", 2010)

²⁵ (Pavimentos de Concreto CEMEX, 2010)

resultado del tanteo anterior hace que la convergencia del método sea muy rápida. Para esto veremos los siguientes puntos en resumen, a continuación:

1. Espesor.
2. Servicialidad.
3. Tráfico.
4. Transferencia de carga.
5. Propiedades del concreto.
6. Resistencia de la sub-rasante.
7. Drenaje.
8. Confiabilidad.

ESPESOR.

Siendo una de las partes a determinar desde el proyecto, ya que a partir de los espesores regulamos con pequeñas variaciones en lo que podemos llamar vida útil.

SERVICIALIDAD.

Para la servicialidad se predispone de porcentajes de perdida a causa del tráfico de la misma manera de la carga de ejes, pero tenemos que estar consciente al tipo de tráfico va a servir, lo cual mediremos en una escala del cero al cinco cuando cero es igual a intransitable y el cinco excelente, donde nuestros parámetros serán:

1. El índice de perfil.
2. Índice de rugosidad internacional.
3. Coeficiente de fricción.
4. Distancia de frenado.
5. Visibilidad.

Lo cual indica que existe un índice de servicialidad inicial (P_o), el cual esta condicionado que pertenece a los pavimentos después de su inmediata construcción por lo que sus valores recomendados por AASHTO en términos iniciales es de:

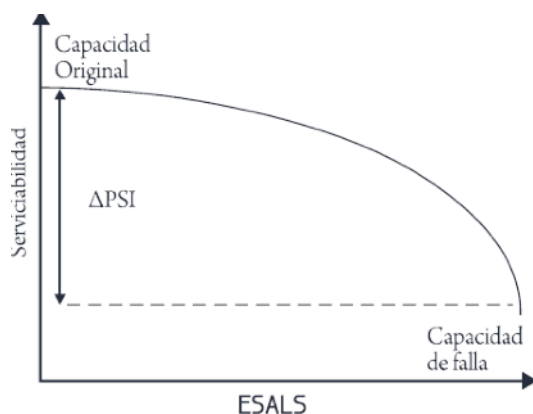
1. Pavimento de concreto - 4.5.

2. Pavimento de asfalto - 4.2.

Cuando son usadas buenas técnicas de construcción, el pavimento de concreto hidráulico puede tener una serviciabilidad $P_o = 4.7$ o 4.8 .

Mientras mejor se construya inicialmente un pavimento, tendrá una vida útil más prolongada, esto es debido a las curvas de deterioro se comportan de manera paralela como se muestran en la gráfica 3.1²⁶.

La serviciabilidad final (P_t), tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil.



Gráfica 3.1.- relación inicial de serviciabilidad inicial alta con una capacidad de falla muy alta.

Para esta razón se tiene recomendado una serviciabilidad final (P_t), para México, son mostrados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 .- Serviciabilidad Recomendada	
Tipo De Camino	Serviciabilidad (P_o)
Autopistas	2.5
carreteras	2.0
zonas industriales	1.8
Pavimentos Urbanos Principales	1.8

²⁶ (CEMEX, 2010)

Tabla 3.2.- Serviciabilidad Recomendada	
Tipo De Camino	Serviciabilidad (Po)
Pavimentos Urbanos Secundarios	1.5

A continuación se muestra la imagen 3.2²⁷ la donde se muestra la relación que existe entre la serviciabilidad - la vía útil.

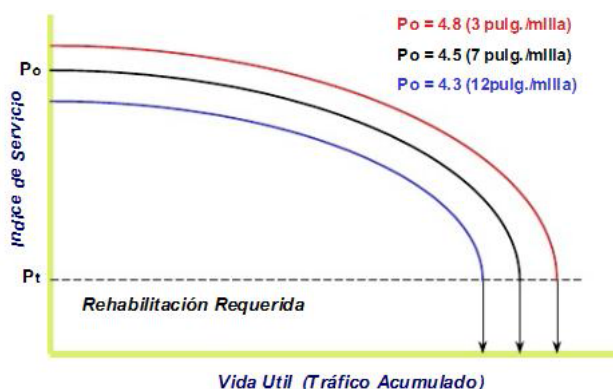


Imagen 3.2.- relación entre serviciabilidad inicial y final de un pavimento.

Podemos llamar “serviciabilidad final” a aquellos datos que serán los resultados que esperamos que tenga el pavimento como de su conclusión en la vida útil o bien al tráfico acumulado con la formula 3.3²⁸.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Formula 3.3.- La diferencia entre ambos índices es lo que se define como pérdida de serviciabilidad.

TRÁNSITO.

La variable más significativa del diseño de pavimentos y sin embargo es una de las que se considera como un dato de incertidumbre más al momento de estimarse, es así como se debe de tener la información más precisa posible del tráfico para el diseño, debiendo notar que son factor para el diseño, lo cual puede concluir en diseños inseguros o bien un grado importante de sobre diseño. En la metodología AASHTO se considera la vida

²⁷ (CEMEX, 2010)

²⁸ (Arroyo Hilton, 2010)

útil como una relación del número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a su servicialidad final calculada para un camino.

Mismas repeticiones con respecto a las cargas de ejes equivalentes es decir, que antes de entrar a las fórmulas de diseño, se debe de transformar los ejes de pesos normales de los vehículos que circularan por el camino en ejes sencillos equivalentes a 18 kips. (8.2 ton.) también conocidos como ESAL`S²⁹.

Tabla 3.3. Ejes Simples Equivalentes.	
número de carriles en una dirección	porcentaje de ejes simples equivalentes de 82 kn. en el carril de diseño
1	100
2	80 - 100
3	60 - 80
4	50 - 75

Se Tiene que calcular las “condiciones críticas de servicio” para el carril de diseño seleccionado como lo sería para un pavimento de concreto AASHTO por fatiga, dicho que los ciclos por carga y descarga serán el número de repeticiones que actuarán sobre un elemento.

En realidad al establecer una vida útil de diseño, en realidad lo que estamos haciendo es tratar de estimar un periodo de tiempo, el número de repeticiones de carga a las que estará sometido el pavimento.

La vida mínima con que debe contar un pavimento rígido es de 20 años pero se puede diseñar pavimentos para una vida útil de 50 años, con el tiempo se deberá adicionar el crecimiento del tráfico durante su vida útil, dato que depende del desarrollo económico -

²⁹ ESAL`s.- ejes sencillos equivalentes.

social de la zona, basándonos en la fórmula 3.3³⁰; al mejoramiento del pavimento se puede generar tráfico atraído e igualmente se tiene que considerar las capacidades del tráfico de la vía.

$$T_{vu} = T_{pa} \times FCT \dots (3.3)$$

T_{vu} = tráfico en la vida útil.

T_{pa} = tráfico durante el primer año.

FCT = factor de crecimiento del tráfico, que depende de la tasa de crecimiento anual y de la vida útil.

Fórmula 3.3.- Determina el tráfico durante la vida útil la cual dependerá del desarrollo económico de la zona.

TASA DE CRECIMIENTO ANUAL.

Se conforma de factores como el desarrollo económico - social, capacidad de la vía, etc.. para lo cual es normal que el tráfico vaya aumentando con el paso del tiempo, hasta llegar a tal punto de saturación en el que el tráfico se mantiene sin crecer, es conveniente prever este crecimiento del tráfico, tomando en consideración una tasa de crecimiento anual para así calcular el crecimiento del tráfico las tasas de crecimiento pueden variar dependiendo del tipo de los vehículos, y puede haber diferencias entre ellos.

A medida que un camino se va congestionando, su crecimiento se va haciendo más lento, este efecto se debe de considerar tomando en cuenta una tasa de crecimiento equivalente para las futuras variaciones durante la vida útil. Es importante investigar adecuadamente, la tasa de crecimiento adecuada para el caso particular que se este considerando como a continuación en la tabla 3.4, sin embargó estos pueden variar según sea el caso.

Tabla 3.4.- Tasa de Crecimiento	
Caso	Tasa De Crecimiento
Crecimiento Normal	1% - 3%

³⁰ (Pavimentos de Concreto CEMEX, 2010)

Tabla 3.4.- Tasa de Crecimiento	
Caso	Tasa De Crecimiento
Vías Completamente Saturadas	0% - 1%
Con Trafico Inducido	4% - 5%
Alto Crecimiento	mayor al 5%
solamente durante un periodo de tres a cinco años.	

El factor de vida útil se considera como los años estimados de vida útil más un numero de años adicionales debido al crecimiento de la propia vía con la formula 3.4³¹.

$$FCT = \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots (3.4)$$

g = tasa de crecimiento.
n = años de vida útil.

Formula 3.4.- Crecimiento de vida. estimada, mas allá de su tiempo de vida

FACTOR DE SENTIDO.

Del total del tráfico para el diseño del pavimento deberá determinarse el correspondiente a cada sentido de circulación, esto se realiza mediante la introducción del factor de sentido, cuyo valor se recomienda que sea considerado como:

1. Un solo sentido de circulación se considera 1.0.
2. Solo sentido de circulación será considerado 2.0.

FACTOR CARRIL.

Coficiente que permite estimar que tanto del tráfico en el sentido de diseño circula por el carril de diseño, en una vía de un solo carril en el sentido de circulación de diseño, obviamente el 100% del tráfico circula por el carril que al mismo tiempo será nuestro carril de diseño.

³¹ (Pavimentos de Concreto CEMEX, 2010)

Una vía con dos carriles en el sentido de diseño dependiendo del tipo de camino carretero o urbano y de que tan saturada sea la vía, pueda ser que sobre el carril de diseño circule un 50% - 80% del trafico en ese sentido.

El método AASHTO recomienda los valores de la tabla 3.5., para determinar un aproximado a nuestros carriles proyectados.

Tabla 3.5.- Factor De Carril Proyectado	
numero de carriles	factor del carril
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

FACTOR DE EQUIVALENCIA DEL TRÁFICO.

El convertir el número de ejes a pesos normales a ejes equivalentes dependen del espesor del pavimento de la carga del eje, del tipo de ejes y de la servicialidad final que pretendemos para el pavimento, con la formulación 3.5³²:

$$FEC = - \frac{W_{t18}}{W_{tx}} \dots (3.5)$$

$$\log \frac{W_{t18}}{W_{tx}} = 4.62 \log(18+1) - 4.62 \log(L_x + L_2) + 328 \log(L_2) + \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log \frac{4.5 - Pt}{4.5 - 1.5}$$

$$\beta_x = 1 + \frac{3.63(L_x + L_2)^{5.20}}{(D+1) 8.46(L_2)^{3.52}}$$

Formula 3.5 .-Para hacer equivalencias a ejes equivalentes.

³² (Pavimentos de Concreto CEMEX, 2010)

En Donde:

W_{T_x} = # Aplicaciones de carga definida al final del tiempo t.

W_{t18} = # Aplicaciones de carga equivalente al final del tiempo t.

L_x = Carga del eje en kips.

L_2 = Código de Eje Cargado.

$L_2 = 1$ Para eje Sencillo.

$L_2 = 2$ Para eje Tandem.

$L_2 = 3$ Para eje Tridem.

$G_t = f (P_t)$

β_{18} = Valor de β_x cuando $L_x=18$ y $L_2 = 1$.

Hacer notar que ejes equivalentes se calculan de manera diferente, pavimento rígido que para un pavimento flexible, cuando se multiplica el tráfico por las diferentes factores de equivalencias, se obtienen los ESAL'S (ejes sencillos equivalentes).

El tráfico pesado produce a los pavimentos mayor daño, como ejemplo podemos mencionar que el daño que produce una sola aplicación de carga de un camión semi-remolque de 36 toneladas equivale al daño que producen 9,523 repeticiones de carga de un vehículo tipo automóvil.

Otro factor importante a considerar es la sobrecarga, debemos conocer los pesos de los ejes de los vehículos que estarán sobre el pavimento que estamos diseñando, ya que las sobrecargas generan un da.o muy importante al pavimento y su crecimiento es de orden exponencial.

LA TRANSFERENCIA DE CARGAS.

Es la carga de la capacidad que tienen en una losa de pavimento de transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, siendo el objetivo de minimizar deformaciones y los esfuerzos de la estructura de la losa debido a que si transmitimos mejor las cargas esto será el comportamiento de las losas del pavimento.

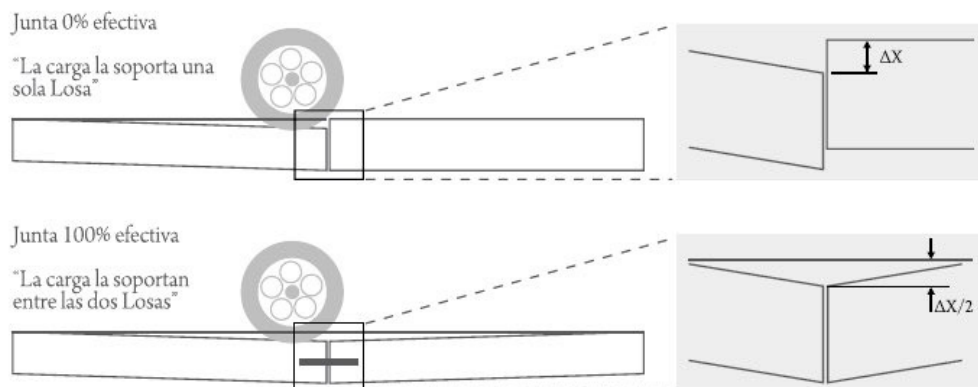


Figura 3.3.- transferencia correcta e incorrecta entre lasas de pavimentos.

Se debe considerar que el método AASHTO considera la transferencia de cargas mediante el factor de cargas donde la efectividad de esa transferencia de cargas se lo debo a la:

1. Cantidad de tráfico.
2. Utilización de pasajuntas.
3. Soporte lateral de lasas.

Una manera de transferir la carga de una losa a otra es mediante la trabazón de agregados que se genera en la grieta debajo del corte de la junta, sin embargo esta forma de transferir carga solamente se recomienda para vías con tráfico ligero, es por ello que se debe de utilizar pasajuntas para poder transferir las cargas entre las lasas efectivamente dicha transferencia se muestra en la figura 3.3³³, debiendo utilizar de pasajuntas en casos como:

1. El tráfico pesado es mayor al 25% del tráfico total.
2. El número de Ejes Equivalentes sobre el diseño sea mayor de 5.0 millones de ESAL'S³⁴.

Considerando que el Coeficiente de Transferencia de Carga considera el esfuerzo de transferencia a través de las juntas o grietas.

³³ (CEMEX, 2010)

³⁴ El numero y peso de todos los ejes esperados durante toda la vida del pavimentos

SOPORTE LATERAL.

El confinamiento que produce el soporte lateral, contribuye a esfuerzos máximos que se generan en el concreto por defecto de las cargas. En cualquier de las tres formas en que se muestra en la figura 3.4³⁵, para confinar un pavimento de concreto o bien si cumple con alguna de las características se considerara lateralmente soportado.

Recordando que cuentan con lo indispensable de encerrar la losa de concreto de la misma forma los pasajuntas.

- Carril Ancho ≥ 4.0 m

- Confinamiento con Guarniciones o Banquetas

- Con Acotamientos Laterales

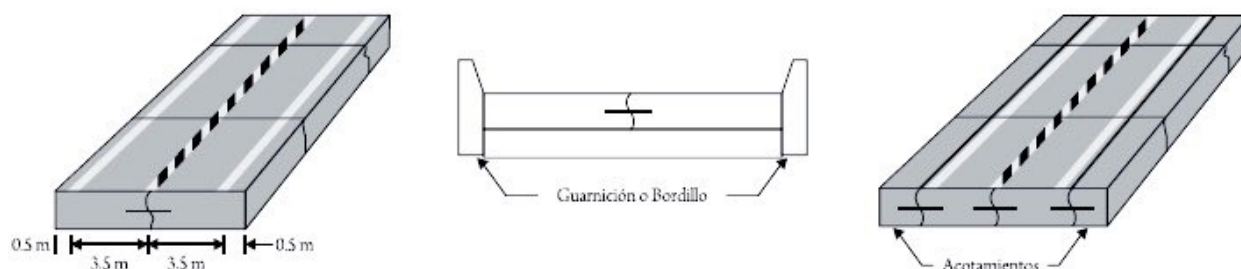


Figura 3.4.- Formas de confinar, otorgando soporte lateral.

PASAJUNTAS.

Barra de acero redondeado liso que cuenta con un $F_y = 4200 \text{ kg./cm}^2$, la cual no se debe de adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa adyacente, mismas que se deben colocar perfectamente alineadas a la mitad de todas las losas en las que va a realizar el corte de las mismas losas.

El diámetro longitudinal y separación de las pasajuntas esta en función del espesor de las losas.

³⁵ (CEMEX, 2010)

Tabla 3.5.- Características Pasajuntas

ESPESOR DE LOSA		BARRAS PASAJUNTAS					
		DIAMETRO		LONGITUD		SEPARACIÓN	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 A 15	5 A 6	19	3/4	41	16	30	12
15 A 20	6 A 8	25	1	46	18	30	12
20 A 30	8 A 12	32	1	46	18	30	12
30 A 43	12 A 17	38	1 1/2	51	20	48	15
43 A 50	17 A 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

1. Resistencia a la tensión por flexión o módulo de ruptura.
2. Módulo de Elasticidad del Concreto.

MÓDULO DE RUPTURA.

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión o Módulo de Ruptura normalmente especificada a los 28 días.

Ruptura se mide con ensayos de vigas de concreto aplicándoles cargas en los tercios de su claro de apoyo. La ASTM C78³⁶ establece parámetros los cuales no son los que considera AASHTO para el diseño recomendado ya que es principalmente en pavimentos flexibles como lo indica esta prueba, teniendo en cuenta la siguiente tabla para el modulo de ruptura, Ver tabla 3.6³⁷.

³⁶ ASTM C78/C78M-02 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro). (2016). Astm.org. Retrieved 2 October 2016, from <http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C78C78M-02-SP.htm>

³⁷ PAVIMENTOS DE CONCRETO CEMEX. (2016) (1st ed., p. 44). México. Retrieved from <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

Tabla 3.6.- Modelos de Ruptura

Tipo De Pavimento	Mr Recomendado	
	Kg/cm2	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

MÓDULO DE RUPTURA PROMEDIO.

La metodología de diseño de AASHTO permite utilizar la resistencia a la flexión promedio, que se haya obtenido del resultado de ensayos a flexión de las mezclas diseñadas, dependen de las condiciones de control y calidad que tenga el fabricante del concreto en sus procesos. En todos los casos se recomienda que sea Concreto Premezclado Profesionalmente.

Como se hace a continuación por medio del siguiente ejemplo mas los datos arrojados por la tabla 3.8. podremos obtener la desviación de acuerdo a la confiabilidad que se desea obtener en cada obra a emplearse un concreto.

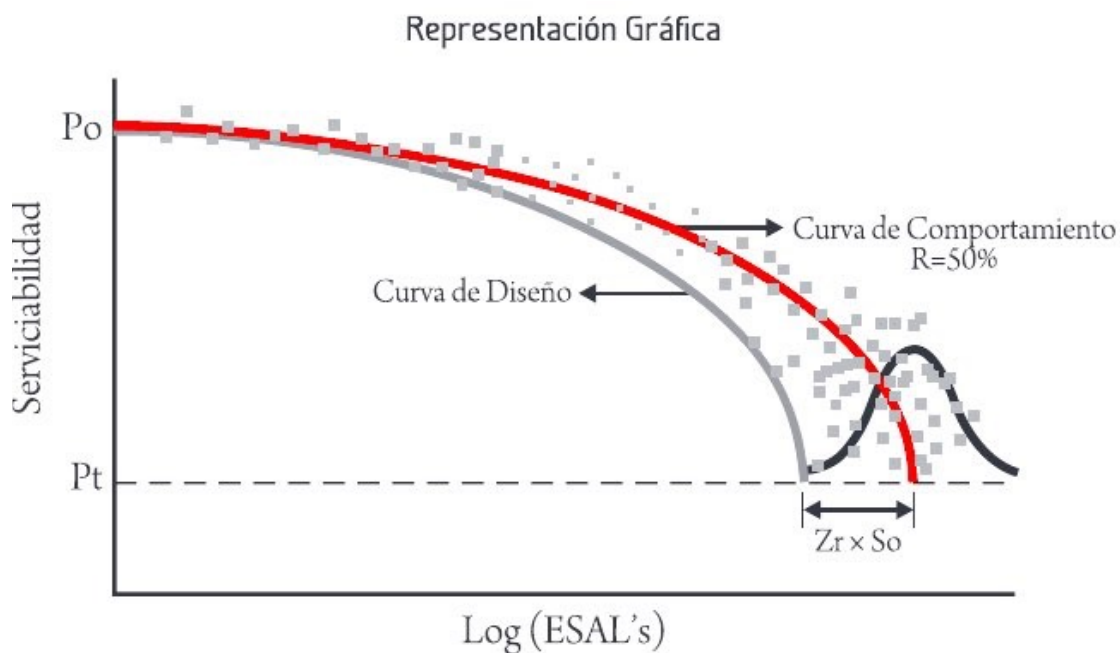
$$MR \text{ promedio} = MR \text{ especificado} + Z_r \times (\text{Desviación Estándar}^* \text{ del MR})$$

Valores Tipicos De La Desviación Estandar		Promedio
Concreto Premezclado	6% A 12%	9.0%
Mezclado Central	5% A 10%	7.5%

Desviación	Confiabilidad "R"					
	50%	60%	70%	80%	90%	95.00%
Estándar So	1.00	1.19	1.44	1.79	2.42	3.12
0.30	1.00	1.23	1.53	1.97	2.81	3.76
0.35	1.00	1.26	1.60	2.13	3.16	4.38

Desviación	Confiabilidad "R"					
0.40	1.00	1.26	1.62	2.17	3.26	4.55

Tabla 3.8.- Factor de seguridad para AASHTO



Gráfica 3.5.- Relación de servicialidad contra los ESAL'S

$$FS_{AASHTOO} = 10^{(-Z_x \times S_o)} \dots (3.6)$$

Z_x = desviación normal estandar para "R".

S_o = desviación estandar.

Fórmula 3.6.- formula del factor de seguridad.

Para el factor de seguridad no olvidar que procederemos a ella por medio de la fórmula 3.6³⁸.

³⁸ (Pavimentos de Concreto CEMEX, 2010)

MÓDULO DE ELASTICIDAD.

En el concreto esta íntimamente relacionado con su módulo de ruptura y se determina mediante la norma ASTM C469³⁹, el cual es un método de ensayo para determinar el modulo de elasticidad estático y el coeficiente de poisson del concreto en compresión.

Considerada dentro del método por medio del Módulo de Reacción del Suelo "K" donde se puede obtener directamente con la prueba de placa.

Corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural el cual soportara el cuerpo del pavimento; dicho valor del módulo de reacción, se puede obtener directamente del terreno mediante la prueba de placa descritas en los siguientes métodos:

- A. Método de prueba estándar para repetitivas pruebas de carga estática, placa de suelos y pavimentos flexibles componentes, para uso en evaluación y diseño de aeropuerto como autopista.
- B. Método de prueba estándar para no repetitivas pruebas de carga estática placa de suelos y pavimentos flexibles componentes, para uso en evaluación y diseño de aeropuerto y la autopista.

El valor de K representa el soporte y se puede incrementar a la contribución de la sub-base. Cuando se diseña un pavimento es probable que se tengan diferentes valores de K a lo largo del tramo por diseñar, el método AASHTO recomienda utilizar el valor promedio de los módulos K para el diseño estructural.

DRENAJE.

En cualquier tipo de pavimento, el drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo. Es muy importante evitar que exista presencia de

³⁹ 14, A. & International, A. (2016). ASTM C469 / C469M - 14 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Astm.org. Retrieved 2 October 2016, from <https://www.astm.org/Standards/C469.htm>

agua en la estructura de soporte, dado que en caso de presentarse esta situación afecta en gran medida la respuesta estructural del pavimento.

Aspectos que se debe de cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte:

1. Mantener perfectamente selladas las juntas del pavimento.
2. Sellar las juntas entre pavimento y acotamiento o cuneta.
3. Colocar barreras rompedoras de capilaridad (en donde se requiera).
4. Utilizar cunetas, bordillos, lavaderos, contracuentas, sub-drenajes, etc.
5. Construir o aprovechar los drenajes pluviales en las ciudades.

Tener agua atrapada en la estructura del Pavimento produce efectos nocivos en el mismo, como pueden ser:

1. Reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados.
2. Reducción de la resistencia de la sub-rasante.
3. Expulsión de finos.
4. Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.
5. Expansión por congelamiento del suelo.

Algunos de estos fenómenos se pueden minimizar cuando se utilizan bases estabilizadas con cemento o bases de relleno fluido. Los valores recomendados para el coeficiente de drenaje deberán estar entre 1.0 y 1.10.

CONFIABILIDAD.

Los factores estadísticos que influyen en el comportamiento de los pavimentos son:

1. Confiabilidad R
2. Desviación Estándar

La confiabilidad esta definida como “la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación” tomando en cuenta la confiabilidad que otorga AASHTOO.

Tabla 3.9.- Confiabilidad Para AASHTO		
Clasificación Funcional	Urbano	Rural
Autopistas	85% a 99.9%	80 % a 99.9%
Arterias Principales	80% a 99%	75% a 99%
Colectoras	80% a 90%	75% a 95%
Locales	50% a 80%	50% a 80%

Por ejemplo se considera una confiabilidad “R” del 80% estaremos permitiendo que el 20% de las losas del pavimento alcancen al final de su vida útil una serviciabilidad igual a la serviciabilidad final seleccionada en el diseño.

También se puede entender a la confiabilidad como un Factor de Seguridad y ante esa situación se debe reflexionar en los valores de confiabilidad que debemos utilizar en México, con el mejor de los criterios, al hacer un diseño para un pavimento.

Tabla 3.10.- Confiabilidad para Pavimentos en Mexico.	
Tipo de Pavimento	Confiabilidad
Autopistas	95%
Carreteras	80%
Rurales	70%
Zonas Industriales	65%
Urbanas Principales	60%
Urbanas Secundarias	50%

Como se menciona anteriormente la confiabilidad puede relacionarse con un factor de seguridad. se presentan las factores de seguridad aproximado a la confiabilidad. factores de seguridad van asociados con la desviación estándar “So”.

EJEMPLO RESUELTO.

diseñar el espesor de un pavimento de concreto para una vialidad de doble sentido y con dos carriles por sentido, los datos y los principales parámetros de diseño se detallan a continuación.

Servicialidad:

servicialidad final: 4.5.

servicialidad inicial: 1.8.

Tráfico:

tráfico diario promedio anual (TDPA): 4302 vehículos.

factor del sentido: 0.5.

factor del carril: 0.80.

Composición del tráfico:

periodo de diseño: 20 años.

crecimiento anual: 3.0%.

Transferencia De Carga:

se emplean pasajuntas y se supone soporte lateral de las losas debido a guarniciones, banquetas a los costados de la vialidad por lo tanto el coeficiente de transferencia de carga es igual a 2.7.

Sub-rasante:

se determino mediante pruebas realizadas sobre la base un módulo de reacción del suelo (k) igual a 300 pci.

Propiedades del concreto.

concreto con modo de ruptura de 45 kg./cm² (640 psi).

Tabla 3.11.- Transito Promedio Anual y su Composición para Ejemplo

Tipo de Vehículo	Peso (toneladas)		Composición	%		total diarios
	Cargados	Vacíos		Cargados	Vacíos	
A2	2.00	1.60	70.2%	100.0%	0%	3018
B2	15.47	10.4	81.2%	75.0%	25%	51
B3	19.46	11.9	85.1%	75.0%	25%	218
C3	23.45	8.4	87.3%	75.0%	25%	312
C4	27.94	12.4	70.7%	75.0%	25%	30
T2-S2	33.43	11.4	81.1%	75.0%	25%	48
T3-S2	41.41	11.9	84,2%	75.0%	25%	180
T3-S3	45.90	12.9	73.1%	75.0%	25%	135
T3-S2-R2	61.37	15.9	74.6%	75.0%	25%	197
T3-S2-R3	69.36	16.9	62.6%	75%	25%	11.3
				100%		4302

Condiciones De Drenaje:

Se suponen condiciones normales de drenaje en la vialidad, por lo que se emplean coeficiente de drenaje del igual a 1.3.

Confiabilidad:

Por tratarse de un vialidad urbana de cierta importancia, se considera utilizar usar un valor de confiabilidad del 60%.

Ejes Equivalentes Y Espesor.

Se es necesario transformar los ejes de pesos normales de los vehículos, cuales transitaran en el camino a lo cual los ejes sencillos serán equivalentes de dieciocho kips (18 kips igual a 8.2 toneladas) mismos que se utilizara para ecuaciones en el diseño de espesores.

Antes se tiene que considerar el número de repeticiones de cada vehículo que van a circular sobre el pavimento (sencillo, tándem o tridem).

Dentro de cada tipo de ejes donde también se puede desglosar en pesos de los ejes; con el factor de equivalencias de carga calculado para cada tipo y peso de ejes.

Con el factor de equivalencia de carga calculado para cada tipo y peso de ejes se convierten en el número de repeticiones esperadas de cada tipo de ejes en la vida útil del proyecto en el número de repeticiones esperadas de ejes equivalentes (o ESAL`S).

El número de repeticiones esperadas durante la vida útil y respectivos ESAL`S en este ejemplo de diseño se presentan a continuación en la tabla 3.12.

Tabla 3.12.- Repeticiones Esperadas				
Tipo De Eje	Peso Del Eje (Kips)	Repeticiones Al Año	Repeticiones En La Vida Util	Ejes Equivalentes De 18 kips
sencillo	2.20	881256	23679679	6367
sencillo	4.84	7191	183225	837
sencillo	5.06	11315	304038	1562
sencillo	7.70	3614	97110	2652
sencillo	8.80	43910	1179875	55842
sencillo	9.90	1095	29423	2276

Con lo datos y parámetros de diseño establecidos se encontró un total de 24860342 ejes sencillos equivalentes de 18 kips en el periodo de diseño y para ese número de ESAL`S, el espesor encontrado es de 8.52” (aproximadamente 22 centímetros).

MÉTODO DE LA ASOCIACIÓN DEL CEMENTO PORTLAND (PCA)⁴⁰.

Factores De Diseño.

La consideración de la resistencia a la flexión del concreto es aplicable en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento del pavimento bajo la repetitivas cargas a las que se ve sometido.

El alabeo del pavimento de concreto bajo las cargas del tráfico provoca en su cuerpo esfuerzos tanto de compresión como de flexión.

Sin embargo la proporción de los esfuerzos a compresión contra la resistencia a la compresión del concreto es mínima como para influir en el diseño de espesor de la losa.

En cambio la relación de los esfuerzos a flexión contra la resistencia a la flexión del concreto es mucho mas alta y frecuentemente excede valores de 0.5. Por este motivo los esfuerzos y la resistencia a la flexión son los empleados para el diseño de espesores. A la flexión del concreto es determinada por la prueba del módulo de ruptura, realizada en vigas (6x6x30 pulgadas).

El módulo de ruptura puede encontrarse aplicando la carga en cantiliver, punto medio, en tres puntos. Una diferencia importante en estos métodos de prueba es que al aplicar la carga en tres puntos se obtiene la mínima resistencia del tercio medio de la viga de prueba, mientras que los otros dos métodos muestran la resistencia en un solo punto.

El valor determinado por el método de aplicación de carga de tres puntos es el empleado en este método de diseño.

La prueba del módulo de ruptura es comúnmente realizada a los siete, catorce, veintiocho y noventa días aquellos resultados de los días siete y catorce días son

⁴⁰ ("MÉTODO DE LA ASOCIACION DEL CEMENTO PORTLAND (PCA).", 2010)

comparados contra las especificaciones de calidad y así se pueda considerar si es una vía adecuada o bien cumple con las condiciones para los usuarios, mientras que aquellos resultados obtenidos en el día veintiocho son adecuados para el diseño de autopistas, aeropistas. A los noventa días el pavimento se es comparado con millones de repeticiones que le ocurrirán posteriormente.

EJEMPLO DEL DISEÑO POR EL MÉTODO DE LA PCA⁴¹.

Datos:

Tabla 3.13.- K Suelo - Sub-Base ()^Ci)				
k del suelo (pci)	espesor de la sub - base			
	4"	5"	9"	12"
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

vialidad urbana de dos vías y de tres carriles por sentido.

con apoyo lateral.

módulo de ruptura (MR) del concreto = 700 psi

módulo de sub - reacción del suelo (k) = 100 pci

base granular de 25 cm.

factor de seguridad = 1.1

datos del trafico:

periodo de diseño = 40 años

tasa de crecimiento anual del trafico = 7.0 %

⁴¹ PAVIMENTOS DE CONCRETO CEMEX. (2009) (1st ed., pp. 64 - 69). México. Retrieved from <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

Tabla 3.14.- Transito Promedio Diario Anual y su Composición para Ejemplo.

Tipo De Vehículo	Total Diarios	% del TPDA	Cargadores	Vacíos
A2	1315	58.0%	100%	0%
A4	433	19.1%	100%	0%
B2	168	7.4%	60%	40%
B4	52	2.3%	60%	40%
C2	202	8.9%	60%	40%
C3	25	1.1%	60%	40%
T2 - S2	4	0.2%	60%	40%
T3 - S2	56	2.5%	60%	40%
T3 - S3	10	0.4%	60%	40%
T3 - S2 - R4	2	0.1%	60%	40%
	2267	100%		

1. Tránsito promedio anual diario.

TPDA = 2267

2. Factor de sentido.

1.00

3. Factor de carril.

por tabla 94%, es decir un 0.94 factor de carril

4. Factor de crecimiento anual.

FCA = 0.80 7871

5. repeticiones esperadas para cada tipo de eje.

para el primer año.- (repeticiones diarias por ejes) * (% cargado o vacío) * (factor de sentido) * (factor de carril) * (365 días del año).

202 * 0.40 * 1.00 * 0.94 * 365 = 27722.5 repeticiones esperadas.

- Durante su vida útil.

repeticiones esperadas.- (repeticiones en el primer año) * (periodo de diseños) * (factor de crecimiento anual).

27722.5 * 40 * 0.807871 = 895847 repeticiones esperadas.

6. Módulo de sub-reacción (k) = conjunto sub-suelo * sub-base.

$k = 100$, base granular = 20 cm.

para ello observar la tabla de "k" donde se ven los valores para este ejemplo, redondeando los valores a lo mas cercano como lo es a 160.

esfuerzos equivalentes.

234, 208, 158. respectivamente para los esfuerzos en ejes sencillos, tandem, tridem.

relación de esfuerzos.

lo obtenemos al dividir el modulo de ruptura entre las equivalencias obtenidas por para los ejes sencillos, tandem, tridem.

0.36, 0.32, 0.24.

- Analizar la fatiga.

necesitamos de un nomograma para dar el análisis de fatiga el cual empleara los datos de peso y los tipos de ejes.

Como resultado da 3,000,000 repeticiones donde los resultados restantes se dan de forma seguida en la tabla, en este paso podemos calcular el porcentaje de daño con la relación de las repeticiones esperadas y las permisibles.

Del mismo modo en este paso debemos de hacer los análisis de erosión al igual que el factor de fatiga, con ello debemos de tener en cuenta que si nuestra losa esta contemplada con pasajuntas o no; además de saber si cuenta con un apoyo lateral, lo cual arrojará los valores correspondiente a un eje sencillo, tandem, tridem.

Este caso se considera sin apoyo lateral y de eje sencillo, factor de erosión de 2.73 dando las repeticiones esperadas de 7,500,000. No obstante sin olvidar que en el caso de los ejes tridem las cargas totales obtenidas en su caso debemos de dividir las entre 3 después multiplicar su valor por el factor de seguridad de carga, así obtendremos como resultado la carga que se considerara en la gráfica de los ejes sencillos.

DISEÑO DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS.

Tabla 4.3.- Análisis por Fatiga y Análisis por Erosión.						
carga de eje en kips.	multiplicada por I.S.F.	repeticiones esperadas	análisis de fatiga		análisis de erosión	
			repeticiones permisibles	% de fatiga	repeticiones permisibles	% de daño
1	2	3	4	5	6	7
EJES SENCILLOS						
2.2	2.4	24246563	ilimitadas	0	ilimitadas	0
3.74	4.1	3991917	ilimitadas	0	ilimitadas	0
6.6	7.3	744903	ilimitadas	0	ilimitadas	0
7.7	8.5	1378450	ilimitadas	0	ilimitadas	0
8.36	9.2	3991917	ilimitadas	0	ilimitadas	0
8.8	9.7	355871	ilimitadas	0	ilimitadas	0
12.1	13.3	2581571	ilimitadas	0	ilimitadas	0
15.4	16.9	619523	ilimitadas	0	ilimitadas	0
22	24.2	2067675	3000000.00	68.92	7500000	27.57
		sub total de ejes sencillos		68.92		27.57
EJES TANDEM						
7.04	7.7	7739	ilimitadas	0	ilimitadas	0
7.26	8.0	7739	ilimitadas	0	ilimitadas	0
7.7	8.5	7739	ilimitadas	0	ilimitadas	0
8.8	9.7	471656	ilimitadas	0	ilimitadas	0
9.9	10.9	90714	ilimitadas	0	ilimitadas	0
11	12.1	192499	ilimitadas	0	ilimitadas	0
15.4	16.9	288749	ilimitadas	0	ilimitadas	0
17.6	19.4	192499	ilimitadas	0	ilimitadas	0
30.6	33.9	288749	ilimitadas	0	2300000	12.55
39.6	43.6	878419	ilimitadas	0	3500000	25.10
		sub totales de ejes tandem		0		37.65

DISEÑO DE PAVIMENTOS HIDRÁULICOS.

Tabla 4.3.- Análisis por Fatiga y Análisis por Erosión.						
carga de eje en kips.	multiplicada por I.S.F.	repeticiones esperadas	análisis de fatiga		análisis de erosión	
			repeticiones permisibles	% de fatiga	repeticiones permisibles	% de daño
EJES TRIDEM						
= 11.00 / 3	4.0	37619	ilimitadas	0	ilimitadas	0
= 49.5 / 3	18.2	56428	ilimitadas	0	5000000	1.13
		sub total de ejes tridem		0.00		1.13
		total de fatiga		68.9	total de erosión	66.35
ejes sencillos			ejes tandem		ejes tridem	
esfuerzo equivalente	234		esfuerzo equivalente	208	esfuerzo equivalente	158
factor de la relación de esfuerzo	0.360		factor de la relación de esfuerzo	0.320	factor de la relación de esfuerzo	0.243
factores de erosión	2.73		factores de erosión	2.90	factores de erosión	2.55

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Tabla de referencias		
bibliografía		
1	Salazar Rodríguez, A. (1998). <i>Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos</i> . México: IMCYC.	
2	<i>Pavimentos de concreto para carreteras</i> . (2002). México, D.F.	
3	<i>Pavimento de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. 44). Mexico. Retrieved from http://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf	
formulas		
3.1	<i>Formula general del método AASHTO</i>	<i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. pag. 44). México. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.2	<i>perdida de servicialidad</i>	Arroyo Hilton, N. (2010). <i>Diseño y conservación de pavimentos rígidos</i> (1st ed., p. pag. 20). México: UNAM.
3.3	<i>trafico durante la vida útil, dependiendo de la zona económica</i>	<i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. Pag. 45). México. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.4	<i>crecimiento de la vía</i>	<i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. pag. 46). México. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.5	<i>ejes equivalentes</i>	<i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. pag. 47). México. Retrieved from <i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. pag. 46). México. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.6	<i>factor de seguridad</i>	<i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. Pag. 52). México. Retrieved from <i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. pag. 47). México. Retrieved from <i>Pavimentos de Concreto CEMEX</i> . (2010) (1st ed., p. pag. 46). México. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
Imágenes		
3.1	<i>relación de servicialidad alta vs. capacidad de falla</i>	CEMEX,. (2010). <i>Entre mayor sea el Δ PSI, mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar..</i> Retrieved from https://www.cemexmexico.com/index.aspx
3.2	<i>relación entre servicialidad inicial y final</i>	CEMEX,. (2010). <i>Vida útil (trafico acumulado)</i> . Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.3	<i>transferencias de cargas correctas e incorrectas entre losas</i>	CEMEX,. (2010). <i>El Coheficiente de Transferencia de Carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta o grieta..</i> Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.4	<i>formas de confinar al pavimento</i>	CEMEX,. (2010). <i>Soporte lateral</i> . Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

3.5	servicialidad contra los ESAL ´S	CEMEX., (2010). relación de servicialidad contra los ESAL ´s. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
Tablas		
3.1	servicialidad recomendada	CEMEX., (2010). CUADRO DE SERVICIALIDAD RECOMENDADA. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
3.2	ejes simples equivalentes	CEMEX., (2010). CUADRO DE EJES SIMPLS EQUIVALENTES. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
3.3	tasa de crecimiento	CEMEX., (2010). CUADRO DE TASA DE CRECIMIENTO. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
3.4	características de pasajuntas	CEMEX., (2010). cuadro de características de las barras de pasajuntas. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.5	modelos de ruptura	CEMEX., (2010). CUADRO DE MODELOS DE RUPTURA. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
3.6	factor de seguridad AASHTO	CEMEX., (2010). cuadro de factor de seguridad de AASHTOO. Retrieved from https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf
3.7	confiabilidad para AASHTO	CEMEX., (2010). CUADRO DE CONFIABILIDAD RECOMENDADA POR AASHTOO. RETRIEVED FROM CEMEX., (2010). CUADRO DE FACTOR DE SEGURIDAD DE AASHTOO. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
3.8	confiabilidad para pavimentos en mexico	CEMEX., (2010). CUADRO DE CONFIABILIDAD RECOMENDADA PARA MÉXICO.. RETRIEVED FROM CEMEX., (2010). CUADRO DE CONFIABILIDAD RECOMENDADA POR AASHTOO. RETRIEVED FROM CEMEX., (2010). CUADRO DE FACTOR DE SEGURIDAD DE AASHTOO. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
3.9	transito promedio anual y composición	CEMEX., (2010). CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE PASAJUNTAS. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
4	repeticiones esperadas	CEMEX., (2010). CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE PASAJUNTAS. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

4.1	<i>espesores de la sub-base</i>	CEMEX., (2010). K SUELO - SUB-BASE. RETRIEVED FROM CEMEX., (2010). CUADRO DE CARACTERÍSTICAS DE LAS BARRAS DE PASAJUNTAS. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
4.2	<i>transito promedio anual y composición para ejemplo</i>	CEMEX., (2010). TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL Y SU COMPOSICIÓN PARA EJEMPLO.. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF
4.3	<i>análisis de fatiga y erosión</i>	CEMEX., (2010). CUADRO DE ANÁLISIS DE FATIGA Y EROSIÓN. RETRIEVED FROM CEMEX., (2010). TRANSITO PROMEDIO DIARIO ANUAL Y SU COMPOSICIÓN PARA EJEMPLO.. RETRIEVED FROM HTTPS://WWW.CEMEXMEXICO.COM/CONCRETOS/FILES/MANUALDEPAVIMENTOS2010.PDF

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICO DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONCRETOS ASFÁLTICOS.

Se componen de dos materiales:

1. Asfalto.
2. Agregado petreo.

Materiales Asfálticos.

Material que es un cementante de color negro y contiene variedad de consistencias. El cual se calienta lo suficiente para volverse liquido, lo cual cubrirá el agregado, todo esto en una mezcla caliente, haciendo al pavimento asfáltico resistente a daños químicos e impermeable.

CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS.

En parte química:

1. No tiene una forma de composición química para asfaltos en cantidades aceptadas o únicas.
2. La relación química del cemento asfáltico y la estructura del pavimento es desconocida.
3. Se compone de varios hidrocarburos entre residuos de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos más.
4. El asfalto se puede dividir en dos cuando tiene contacto con el heptano el cual regularmente se encuentra en el combustible de los vehículos automotores que transitan las vías de comunicación. dicha división del asfalto resulta en asfaltenos y maltenos. (el asfalto no tiene una composición exacta en sus cantidades de asfaltenos y maltenos a los cual debemos de añadir los factores de construcción).

Factores Influyentes:

1. Temperaturas.
2. Exposición a la luz.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

3. Exposición al oxígeno.
4. Agregados.
5. Espesor de la película de asfalto en las partículas de agregados.

Algunas reacciones mas frecuentes en el asfalto.

1. Oxidación (combinación de moléculas de oxígeno - hidrocarburos).
2. Polimerización (conglomerado para formar una molécula mas pesada).

Pero no esta de mas hablar de aquellas que son mas visibles:

1. Durabilidad.- retención de un asfalto cuando es expuesto a la degradación y envejecimiento.
2. Adhesión cohesión .- capacidad de la película de adherirse al agregado, mientras que la cohesión es la capacidad de la película que recubre al agregado para no deformar el cuerpo del pavimento y mantener su puesto.
3. Temperatura .- los asfaltos son considerados termoplásticos (Un termoplástico es un plástico que, a temperaturas relativamente altas, se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente). Lo que nos indica que dependiendo de la temperatura en el pavimento será la dureza que ofrezca. resumiendo en “mas duro (mas viscoso), conforme la temperatura disminuye; (mas blando) a medida que se aumenta la temperatura aumenta”⁴² como se hace notar en la función relativa a un plástico.
4. Endurecimiento y envejecimiento .- es aquí donde se ve la oxidación y polimerización (proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular). Se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso) ya que los pavimentos tienden a tener varios o espacios con aire, lo cual es por la exposición al oxígeno.

⁴² tesis propiedades de los materiales asfálticos y petreos (1st ed., p. 24). sonora. Retrieved from <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/11811/capitulo2.pdf>

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Materiales Pétreos.

1. Arena.
2. Grava.
3. Piedra triturada.
4. Escoria.
5. Polvo de roca.

Proceso De Los Agregados.

Se realiza con el fin de obtener un pavimento mas apropiado así como:

1. Cambia la textura lisa a rugosa.
2. Las formas redondeadas a angular.
3. Reducir y ampliar la distribución de rangos de particular.

Haciendo de la calidad del agregado usado sea un factor critico en el pavimento para ello debemos de asegurarnos de algunas propiedades de los agregados:

1. Graduación y tamaño.
2. Dureza y limpieza.
3. Forma de la partícula y textura.
4. Capacidad de absorción.
5. Afinidad con el asfalto.
6. Peso especifico.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CONCRETOS HIDRÁULICOS.

Se compone de materiales:

1. Cemento portland.
2. Agregados pétreos.
3. Agua.
4. Ocasionalmente algún aditivo.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Materiales Hidráulicos.

Si los requerimientos de la obra lo indican la modificación de algunas características del concreto hidraulico, de la misma forma con el uso de aditivo, tales cambios están respaldados por un estudio técnico que lo justifique, el material cementante con un cuerpo similar al talco, tendrá contacto con el agua, tal reacción cubrirá el material petreo mismo que tendrá que fraguar finalizando en un cuerpo solido.

CLASIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS.

1. Cuenta con una composición química aceptada, la cual esta sujeta a disposiciones de la obra en la cual se pretende emplear.
2. Su composición esta ligada a la cantidad de agregados con los que se mezclan los compuestos de los silicatos hidráulicos de calcio de los cuales reaccionan químicamente con el agua.
3. Es muy resistente a los efectos de los químicos como los son concretos tipo V, utilizados en concretos expuestos a los sulfatos.

Factores:

1. Clima.
2. Sujeto a la exposición.
3. Envejecimiento.
4. Aditivos.
5. Estructura.

Reacciones:

1. Corrosión.
2. Agua.

Durabilidad:

Podemos saberlo de acuerdo a los métodos de diseño para pavimentos.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

ADHESIÓN Y COHESIÓN.

El concreto hidraulico no es afectado por el calor, no se vuelve pegajoso ni se volatiliza.

MATERIALES PÉTREOS.

Se compone principalmente de piedra triturada, los cuales se lavan. para esto se pide que sean particular limpias, duras, resistentes, durables, libres de recubrimiento de agentes como arcilla o químicos, evitando rocas de esquitosidad, rocas blandas y/o porosas con vital importancia en el tipo de obra que se pida o solicite; será el tamiz indicado para la adquisición del material petreo.

No obstante se hace la comparativa respecto a algunas de las ventajas entre concreto hidráulico y concreto de asfalto, en varios de los aspectos que debe ser tomados en cuenta para tomar la mejor decisión ya que tendremos a merced todas las ventajas que poseen cada uno de los materiales siendo algunas de las principales como las siguientes:

1. Costos totales inferiores: Para periodos de diseño en ambos tipos de pavimentos, principalmente en costos lo cual se origino a partir del mantenimiento y los detalles no generalmente con respecto a la losa de concreto mas por el sellado de las juntas, las cuales se ven en lapsos de 5 - 10 años, lo cual prolonga la vida útil.
2. Costos de operación en la carretera: Los pavimentos de concreto hidraulico, teniendo una superficie mas rígida alargan la vida de los usuarios (en este caso de los vehículos) de alguna forma disminuyendo el fallo y minimizando los costos de mantenimiento, reduciendo un 20% aproximadamente en consumo de combustible para cierto tipos de transportes como lo son los trailers de tantos ejes (sencillos, tandem, tridem).
3. Costo social de mantenimiento: En el caso del re-encarpetado para pavimentos de asfalto, donde se ejecutan los desvíos y habilitan rutas alternativas, aspectos con los cuales se perjudican a usuarios; podemos observar la diferencia que existe con las construcciones de concreto se ve reducida.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

4. **Facilidad de construcción:** Reducir los costos de la construcciones de los pavimentos de concreto, ya que se han mejorado y modernizado las plantas productoras de concreto también la maquinaria como son sus distintas aplicaciones en concreto especializadas en el uso de cimbras fijas utilizadas en zonas urbanas o el uso de cimbras móviles de la misma forma para la construcción de carreteras.
5. **Durabilidad:** El concreto hidráulico vive mas estadísticamente. Las carreteras de concreto hidráulico y los pavimentos de concretos han demostrado estar sobradas tanto en diseño tanto en capacidad de carga o bien el hecho de que el concreto hidraulico mejora con el tiempo y el concreto asfaltico no, debido a que su comportamiento al contrario se va degradando en el paso del tiempo.
6. **Resistencia:** El concreto resiste sin sufrir deterioros los derrames de gasolina y diesel, de igual manera los efectos de la intemperie, es resistente a las cargas transmitidas por los vehículos pesados, al paso del tiempo el concreto gana resistencia, así como la resistencia a las altas temperaturas ya que el concreto no se ve afectado de ninguna manera por el calor al que puede estar expuesto reduce el efecto de la isla de calor.
7. **Indeformabilidad:** En las zonas donde los vehículos inician o finalizan sus trayectos en los concretos asfalticos tiende a deformar su estructural contrario de la estructura del concreto hidráulico el cual no permite la deformación en las zonas de frenado y arranque de vehículos.
8. **Drenaje:** Al no deformarse ni encharcarse en la superficie de concreto hidráulico este proporciona un buen drenaje superficial para el escurrimiento del agua de lluvia.
9. **Acuaplaneo:** Ofrece un porcentaje mayor en contra de un accidente, si entramos en un charco a gran velocidad puede ocurrir que un neumático no sea capaz de evacuar tanta capacidad de agua en tan poco tiempo” dicho fenómeno es el acuaplaneo⁴³ de vehículos que transitan dicha estructura.
10. **Economía:** No necesario trabajos de excavación o construcción de capas como la base y sub-base para construir el concreto hidraulico, ya que para apoyar la

⁴³ (Noa, 2014)

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

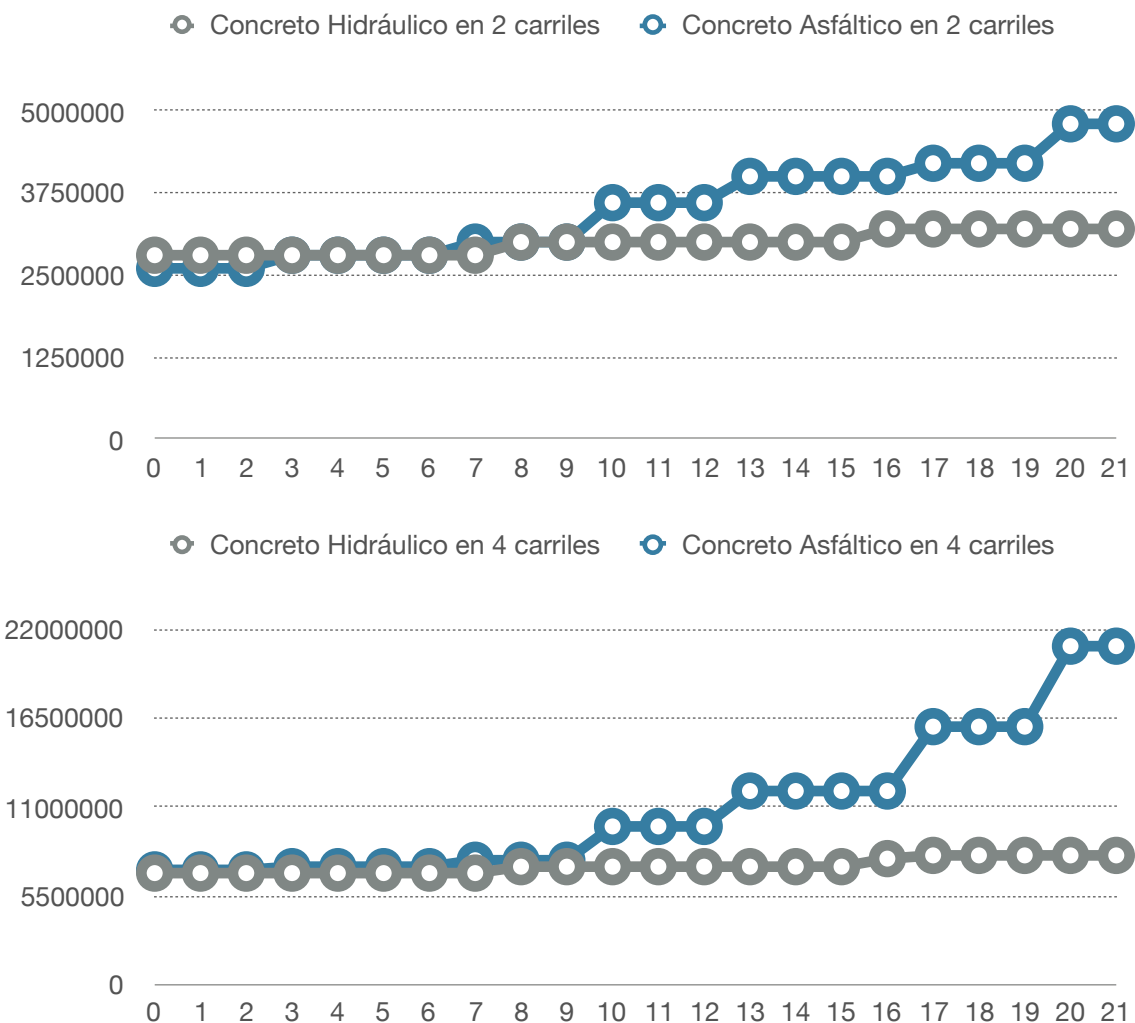
superficie de concreto se puede utilizar una superficie existente debidamente conformada o una capa base con material drenado.

11. Iluminación: El concreto es más reflejante que el asfalto, otorgando así mayor seguridad a los usuarios que la transitan durante noche, con lo cual se ahorra energía por la iluminación que produce el vehículo sobre el concreto podemos tener colores mas resultados al igual que las imágenes, figuras. Es por ello que utilizar la señalización sobre el concreto es mas duradero así como una reducción de cantidades de señalización.
12. Colocación : En el concreto podemos calcular las resistencias que existieran en su cuerpo, predecir, controlar. en el podemos obtener a edades tempranas (en cuestión de horas a partir de que es colocado en obra).
13. Ahorro de energía: En el concreto hidráulico no se es necesario calentar materiales como se hace con el concreto asfaltico donde se es necesario calentar a altas temperaturas.
14. Facilidad de reparaciones: Bajo cualquier condición climática, se pueden emplear una gran cantidad de aditivos que permiten llevar acabo el fraguado del concreto, haciendo que el concreto se trabaje, repare con gran eficiencia.
15. Textura: El concreto hidráulico se puede hacer tan seguro con una superficie antiderrapante con y de acuerdo a la técnica de rayado del concreto después de colocarse el concreto.
16. Aplicación tecnológica: En pavimentación con concreto existe maquinaria que acelera los tiempos de obra ya que se puede construir si es posible con toda la maquinaria una sola pasada, aparte de que no es en una aplicación en multicapa.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

VENTAJAS ECONÓMICAS EN EL CONCRETO HIDRÁULICO.

Un representante de un buen ciclo de vida se es el concreto hidraulico por los aspectos a los cuales nos arrojan al ser utilizado, debido a la durabilidad del materialismo el servicio en años son los mismos a los calculados en su diseño, prueba de ello esta la siguiente gráfica donde podemos ver el costo por construcción y mantenimiento a tendencia de un bajo transito.

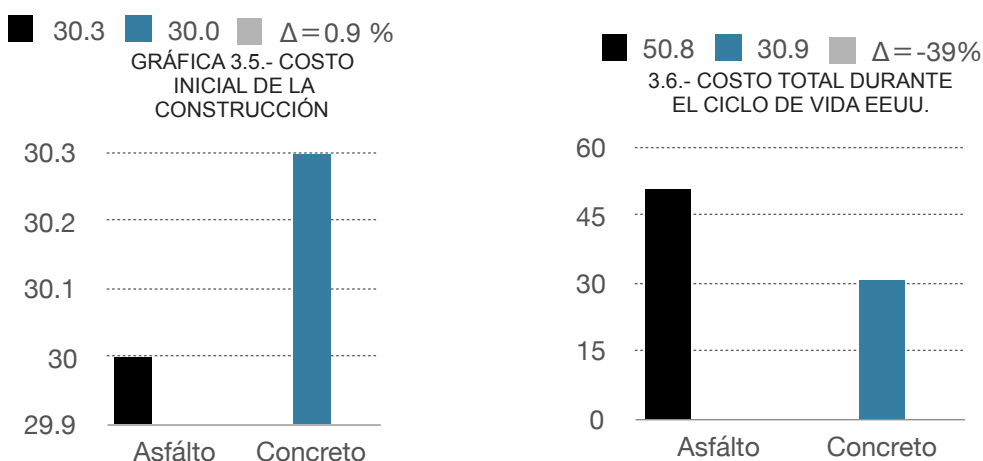


En las anteriores gráficas podemos ver que el pavimento rígido representa un costo menor en las opciones analizadas, en los casos presentados gráficamente donde hacemos la referencia de dos carriles o cuatro carriles el pavimento rígido es favorecido en el tema de mantenimiento.

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Podemos determinar en la construcción de un pavimento para las condiciones de tránsito moderado, intenso y pesado; resulta la opción mas viable resulta ser menor que el pavimento flexible.

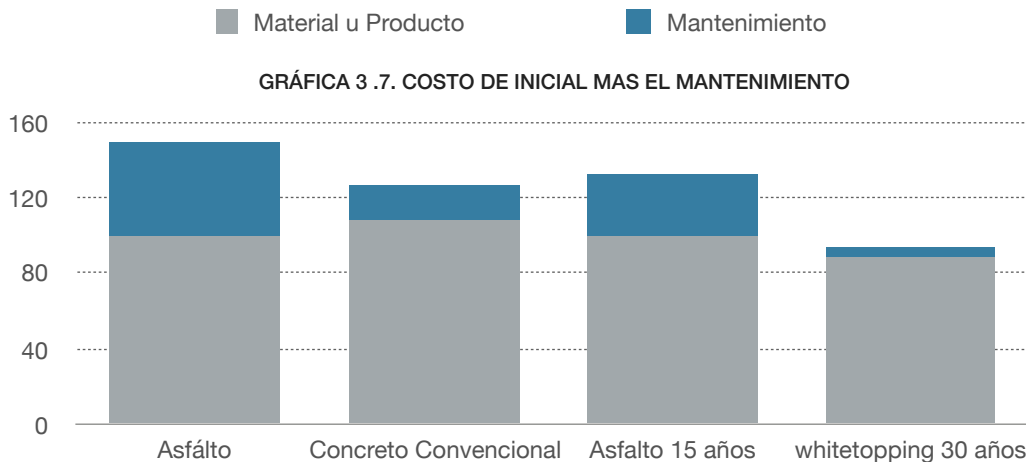
Los pavimentos de concreto convencional ofrecen costos iniciales competitivos, sustanciales ahorros, mínimo mantenimiento durante el ciclo de vida completo debiendo tomar en cuenta la “comparación de costos para un proyecto de carretera de 16 km. (10 millas) y cuatro carriles en florida”⁴⁴ como se muestra en las gráficas 3.5 y 3.6.



No olvidar la comparación de costos para pavimentos nuevos en carreteras donde el diseño de vida para las carreteras es de alrededor de 50 años. Para la elección del material de una carretera, la solución mas viable es asfalto como lo podemos ver en la primer barra de la gráfica 3.7 donde podemos indicamos que el costo inicial de construcción con asfalto es de 100 unidades mientras que el concreto convencional esta en 108 unidades a lo cual no olvidemos que el costo del mantenimiento lo podemos observar en las mismas barras donde el asfalto tiene un costo de mantenimiento de 50 unidades mientras que el concreto convencional tiene un costo de 18 unidades; esto hablando pavimentos nuevos.

⁴⁴ CEMEX. (2013). [líder mundial en pavimentos de concreto].México: autor.

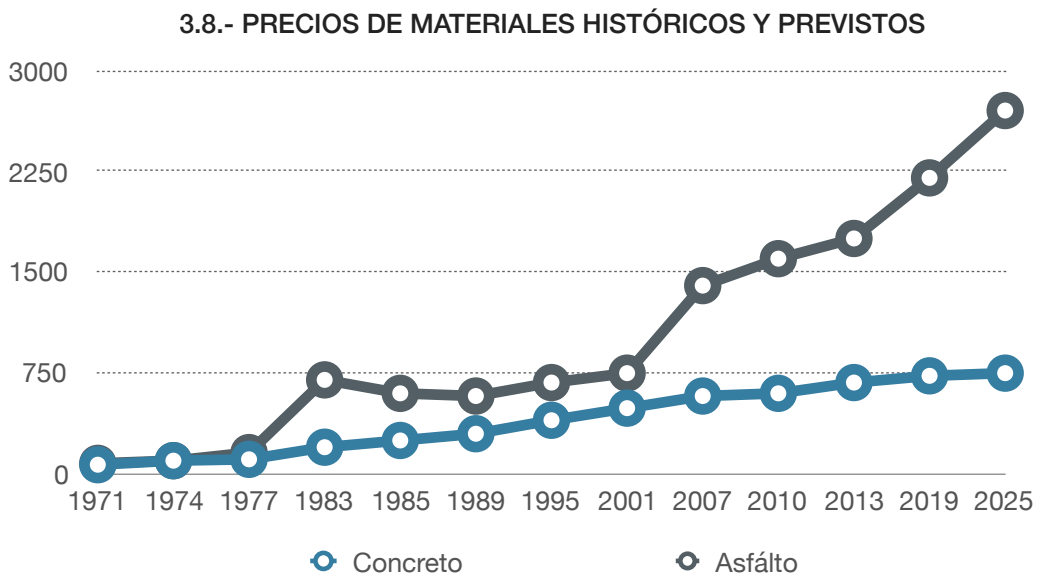
COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.



En cuanto a la rehabilitación de pavimentos tenemos la tercer y cuarta barra podemos explicar que los asfaltos con un diseño de vida de 15 años resultan en un mantenimiento de 32 unidades a diferencia de una carretera con un estilo de losa de concreto cortada en cuadros mas pequeños con un diseño de vida 30 años tiene un mantenimiento de 5 unidades.

Para lo cual el precio del ambos materiales se encuentra ligado de alguna manera a un sector de producción como lo es el caso del asfalto que se encuentra ligado al precio del petróleo internacional lo que indica una volátiles y tienden a crecer por la inflación.

Mientras que el concreto hidráulico sigue el patrón o las dinámicas de la localidad donde se es vendido como indica la gráfica 3.8 como ah sido su avance y como se prevé estar considerado dentro de algunos años a diferencia del asfalto.



COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

CICLO DE VIDA DEL CONCRETO HIDRÁULICO.

El pavimento luego de su construcción presenta un muy buen estado y satisface a plenitud a los usuarios. Con el paso del tiempo y la acción conjunta del tránsito y el clima, empieza un intemperismo provocado por el hombre, lentamente, poco visible pero constante, donde se debilita. Esta etapa, se mantiene por varios años en el pavimento cuando presenta un buen estado hasta que aparecen los primeros indicadores de deterioro.

Si durante el período en el que el pavimento presenta un estado entre bueno-regular no habrá razón alguna para dar ningún tipo de mantenimiento, preventivo o correctivo, se corre el riesgo de que aparezca en plazos relativamente breves, una pronunciada aceleración del deterioro de igual forma un rápido descenso del nivel de servicio ocasionado a que las fallas de tipo funcional, problemas de tipo estructural, dichas son difíciles y costosas de corregir como aplicar refuerzos o rehabilitaciones importantes. Es aquí donde entra la utilización de las herramientas adecuadas para predecir la evolución que tendrá el pavimento.

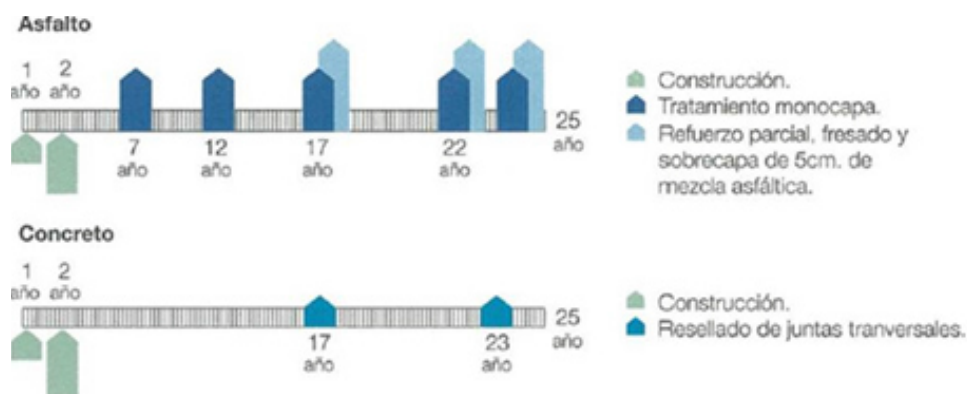


Imagen 3.9.- Proceso de mantenimiento que existen entre el concreto asfalto y el concreto hidraulico.

Esquemas que pueden revelar el ciclo de vida de veinticinco años de un pavimento de asfalto y un pavimento de concreto muestra de ello es la imagen 3.9⁴⁵. Mientras al

⁴⁵ ("CICLO DE VIDA I Duravia", 2016)

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

asfalto podremos realizar un mantenimiento periódico en monocapas entre cinco a siete años y un refuerzo parcial de cinco centímetros de mezcla asfáltica a los dieciocho y veintitrés años siendo que cuando el concreto tiene un mantenimiento mínimo donde se realiza un resellado en donde están las juntas en un tiempo estimado de entre quince a veinte años por lo que la balanza se ve inclinada hacia un lado.

COSTO DEL CICLO DE VIDA.

El costo real de un pavimento está dado no solamente por su costo inicial de construcción, además están aquellos costos que provienen de hacerle un mantenimiento adecuado a lo largo de su vida útil, manteniendo en buena condición para su operación estimada.

Por otra parte se debe de realizar el análisis técnico-económico que será necesario y dará a conocer la vida útil de cada una de las propuestas. La vida útil dependerá del tipo de acción así como la calidad de los materiales utilizados en la construcción teniendo gran importancia en el control de los mismos; También muy importante que el organismo obtenga su información basada en experiencia teniendo en cuenta las condiciones locales que prevalecen en cada región. La vida útil dependerá de condiciones locales, para muestra algunos deterioros en pavimentos la tabla 4.1⁴⁶:

1. Clima.
2. Tránsito.
3. Capacidad de soporte de las terracerías.
4. Sub-drenaje.

Tabla 4.1.- Grado de deterioro del pavimento según tipo, severidad y extensión del deterioro

Tipo de Deterioro	unidad de medida	Grado de Deterioro	descripción
grietas de Esquina	A) AGRIETAMIENTO		
	Numero de Grietas	Bajo	Despostillamientos en menos del 10% de la longitud de la grieta

⁴⁶ (Pavimentos de concreto para carreteras, 2002)

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Tipo de Deterioro	unidad de medida	Grado de Deterioro	descripción	
Grietas Tipo "D"	Numero de losas con grietas y numero de grietas por M ²	Moderado	Desportillamientos mayores del 10%; el escalonamiento, es menor de 13 mm y la esquina no está rota en dos o más partes	
		Alto	Desportillamientos severos en más del 10% de la longitud de la grieta, escalonamiento mayor que 13mm y la esquina está rota en dos o más piezas	
		Bajo	Grietas cerradas, sin partes sueltas o reparaciones anteriores	
		Moderado	Grietas bien definidas, con bastante material suelto	
		Alto	Grietas bien definidas con bastante material suelto, áreas dislocadas de 0.1m ² o mayores	
Grietas tipo longitudinales	Numero de losa con grietas, ancho de la grieta y grado desportillamientos	Bajo	Ancho de grietas <3 mm, sin desportillamiento y/o escalonamiento, o grieta propiamente sellada	
		Moderado	Ancho de grieta entre 3 y 13 mm, con desportillamientos <75 mm y/o esclonamientos <13 mm	
		Alto	Ancho de grieta >13 mm, con desportillamientos >75 mm y/o escalonamientos >13 mm	
Grietas transversales	Número de losas con grietas, ancho de la grieta y grado de desportillamiento	Bajo	Ancho de grieta <3 mm, sin desportillamiento y/o escalonamiento, o grieta propiamente sellada	
		Moderado	Ancho de grieta entre 3 y 6 mm, con desportillamiento <75 mm y/o escalonamientos <6 mm	
		Alto	Ancho de grieta >6 mm, con desportillamientos >75 mm y/o escalonamientos >6 mm	
juntas transversales	B) DEFECTO EN LAS JUNTAS			
	numero de juntas con sello en estado deficiente	Bajo	Daño en menos del 10% de la longitud de la junta	
		Moderado	Daño entre 10 y 50% de la longitud de la junta	
		Alto	Daño en más del 50% de la longitud de la junta	
	juntas longitudinales	numero de juntas con estado deficiente	Bajo	Daño en menos del 10% de la longitud de la junta
			Moderado	Daño entre 10 y 50% de la longitud de la junta
			Alto	Daño en más del 50% de la longitud de la junta

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Tipo de Deterioro	unidad de medida	Grado de Deterioro	descripción
Desportillamientos en juntas longitudinales	longitud del desportillamiento	Bajo	Desportillamientos <75 mm de ancho
		Moderado	Desportillamientos entre 75 y 150 mm de ancho
		Alto	Desportillamientos mayores que 150 mm de ancho
C) DEFECTOS VARIADOS			
Grietas tipo mapa	Área afectada (m ²)	Bajo	Cuando no se presenta molestia a usuarios y no existen desprendimientos
		Alto	Cuando se presenta molestias a usuarios y/o desprendimientos
Descascaramiento	Área afectada (m ²)		Se diferencia de los desportillamientos cuando el defecto presenta un desprendimiento menor de 13 mm
Agregado expuesto	Área afectada (m ²)		No existe definición del grado de severidad; sin embargo, es importante anotar cuando hay una pérdida significativa de resistencia al derrapamiento
Pandeo y fractura por dilatación	Área afectada (m ²) y diferencia en elevación		No existe definición del grado de severidad; sin embargo, es importante medir el diferencial de elevación en la zona de paso de vehículos (a unos 30 cm de la orilla de la losa)
Separación del acotamiento	longitud y ancho de la separación		No existe definición del grado de severidad; es importante anotar el material de que está hecho el acotamiento y si existe desplazamiento vertical entre el pavimento y el acotamiento
Parches o reparaciones	Número de parches, área reparada y tipo de material usado en la reparación	Bajo	Bajo grado de desprendimiento (<10%), sin asentamientos perceptibles o significativos (<3 mm)
		Moderado	Aparición de cualquier o tipo de deterioro, con asentamientos entre 3 y 6 mm
		Alto	Deterioros muy marcados y con asentamientos mayores de 6 mm. Desprendimientos en más del 10% de la superficie reparada
Bombeo	Numero de zonas afectadas y longitud del pavimento afectado		No existe definición del grado de severidad; sin embargo, es importante hacer notar si existe expulsión de agua al paso de vehículos

Fuente: (Pavimentos de concreto para carreteras, 2002)

COMPARATIVA TÉCNICO - ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE SUSTITUCIÓN.

Constituyendo una serie de factores que deberán ser tomados en cuenta por el organismo para tratar de mejorar la de vida útil, periodo de servicio del pavimento de concreto hidraulico a manera de ejemplo de tal hecho debemos enfocarnos en la tabla de grado de deterioros. Se proporcionan algunas de las características mas comunes de estos daños.

COSTOS POR CONSIDERAR.

Los costos que deben intervenir en un análisis económico son los siguientes:

1. Costo inicial.
2. Costo de la conservación anual.
3. Costo de rehabilitación y de refuerzo.
4. Costo de demoras del tránsito durante las obras de conservación, rehabilitación o refuerzo.
5. Costo de operación, demoras por mal estado de pavimento y accidentes.
6. Costo de rescate del pavimento al final del periodo de análisis.

Nota: Hay que señalar que los costos anteriores corresponden exclusivamente al pavimento; debemos de incluir un nuevo costo para tomar en cuenta que seria el costo que se genera al usuario.

7. Costo al usuario

Como lo es el costo inicial del proyecto como pueden ser la construcción, conservación, rehabilitación en este caso lo dirigimos a un pavimento nuevo para cada una de las estrategias propuestas esto cubriendo todo el espectro de posibles soluciones para un problema, debiendo considerar todos los tipos de pavimentos, materiales, espesores, técnicas, tecnologías, etc.

Debe calcularse el costo de cada una de las estrategias consideradas, lo que implicara conocer los volúmenes de materiales, técnica aplicada, precio unitario. De esta manera

se debe de contar con la información necesaria con respecto a la técnica a utilizar de la misma manera los materiales empleados por las tecnologías adecuadas.

Sin olvidar que aun existe un catalogo de soluciones con un periodo de vida que daremos un mantenimiento cuyo costo deberá sumarse al costo inicial de la estrategia principal.

COSTO DE LA CONSERVACIÓN ANUAL.

La conservación incluye las acciones necesarias para mantener al pavimento en un nivel establecido de servicio o bien un deterioro establecido, concluyendo en el nivel de conservación a aplicarse.

El tipo de estructura originalmente adoptada, su desempeño, el nivel de conservación y el nivel de servicio proporcionado al usuario, son conceptos que se encuentran interconectados, una alteración en uno de ellos genera modificaciones en los otros conceptos. El comportamiento es una función a favor de la conservación el cual podemos aumentar, de tal forma extendemos la vida útil del pavimento; sin embargo, existe un límite en el cual no resulta económico incrementar el nivel de conservación lo cual terminaría siendo muy costosa la ampliación de la vida útil.

En el costo de conservación deben intervenir exclusivamente los relacionados directamente como el drenaje, acotamientos, sellado de juntas y grietas, etc.

COSTO DE REHABILITACIÓN, REFUERZO Y RECONSTRUCCIÓN.

Estos costos se refieren a los trabajos requeridos para mejorar las características de operación y estructurales de un pavimento, hasta alcanzar un nivel deseable. En varias ocasiones es necesario aplicar simultáneamente varios de ellos para corregir un estado de deterioro, o como acciones previas para la aplicación de una acción principal.

Como se mencionó anteriormente, para valuar los costos de rehabilitación, refuerzo o reconstrucción, es necesario incluir los costos de todos los trabajos necesarios para a aplicación de la técnica o estrategia por adoptar.

VIDA REMANENTE.

La determinación de la vida remanente da por razones de análisis económico, para definir los programas de conservación o rehabilitación y para establecer las prioridades de actuación y el tipo de acción que deba aplicarse, en función de la forma que cada uno de los parámetros considerados evoluciona a través del tiempo.

Una forma de determinar la vida remanente es seguir la evolución de cada parámetro mediante evaluaciones consecutivas e ir formando la curva de comportamiento.

En otros casos se determinara por medio del método de diseño el cual nos permitirá determinar la vida remanente, mediante ecuaciones de regresiones basadas en datos estadísticos.

Generalmente se utiliza el concepto de vida remanente asociado con la capacidad estructural o relacionado con el índice de servicio actual. Determinar el estado debemos conocer los indicadores o parámetros relacionados directamente a la afectación a los usuarios o bien de gran interés para los que hacen la conservación. Estos indicadores pueden ser los relativos al estado físico, costos generados, accidentes, evolución del tránsito, estado del pavimento, como son:

1. Deterioros superficiales.
2. Características superficiales.
 - 2.1. Rugosidad.
 - 2.2. Resistencia al derramamiento.
 - 2.3. Aspectos relacionados con la seguridad.
3. Accidentes.
4. Capacidad estructural.
5. Costos de conservación.

6. Costos de operación.

“Como se ha mencionado anteriormente, los deterioros superficiales constituyen un aspecto muy importante que refleja la condición actual de un pavimento. Cada tipo de deterioro es el resultado de una o mas causas, que es imperativo conocer para determinar el tipo de acción que es necesario ejercer tanto para corregir el deterioro observado, como para evitar que siga ocurriendo⁴⁷”.

⁴⁷ (Pavimentos de concreto para carreteras, 2002)

tabla de referencias.

Bibliografía

1	Alfaro, M. (2016). <i>Ventajas Comparativas entre Pavimentos de Concreto y Pavimentos de Asfalto</i> . Asocem. Retrieved 4 October 2016, from http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/ventajas-comparativas-entre-pavimentos-de-concreto-y-pavimentos-de-asfalto
2	Benítez Mora, S. & Rojas Rodas, I. (2014). El costo al usuario, nuevo modelo para la operación y conservación de carreteras. <i>VIAS TERRESTRES</i> , (30), 26, 27, 28. Retrieved from http://www.amivtac.org/assets/files/document/3340_VT30.pdf
3	

Gráfica y Figuras

4.1	costo por construcción y mantenimiento a tendencia de un trafico bajo	CEMEX. Pavimentos de Concreto La Elección Inteligente: México, [folleto] México:CEMEX.
4.2	costo inicial de la construcción	CEMEX. El Líder Mundial en Pavimentos de Concreto: México, [folleto pagina 14] México: CEMEX.
4.3	costo total durante el ciclo de vida eeuu.	CEMEX. El Líder Mundial en Pavimentos de Concreto: México, [folleto pagina 14] México: CEMEX.
4.4	COSTO DE INICIAL MAS EL MANTENIMIENTO	CEMEX. El Líder Mundial en Pavimentos de Concreto: México, [folleto pagina 41] México: CEMEX.
4.5	precios de los materiales históricamente y para años previstos	CEMEX. Pavimentos de Concreto La Elección Inteligente: México, [folleto] México:CEMEX.
4.6	linea de tiempo para los mantenimientos en asfalto y concreto hidráulico	CEMEX. Pavimentos de Concreto La Elección Inteligente: México, [folleto] México:CEMEX.

Tabla.

4.1	grado de deterioro del pavimento según el tipo de severidad y extensión del deterioro	<i>Pavimentos de concreto para carreteras. (2002) (pp. III-107, III-108). México, D.F.</i>
-----	---	--

CONCLUSIÓN.

Después de obtener las pruebas comparativas y a lo anteriormente explicado podemos considerar como la opción mas viable para, no solo para Baja California Sur si o para toda la republica mexicana. Cabe destacar que no se quiere eliminar una de las opciones en pavimentos para las carreteras, por el contrario; la selección de los materiales adecuados para cada obra en las que están presentes los ingenieros civiles y como tal recordar que llevamos el desarrollo a las masas, llegando a la conclusión de dar las mejores opciones para una obra de duradera y de calidad.

Utilizar concreto asfáltico no es malo, pero debemos de tener o estar consientes de las diferencias que existen entre los materiales analizados como lo se comenta en el tema de la comparación técnica - económica del concreto hidráulico contra el concreto asfáltico; donde el concreto hidráulico sobresale en varios de los puntos cuales son comparados como lo es el menor costo a largo plazo. Pero no olvidar que se debe de situar en el lugar al cual pueden ser las opciones adecuadas como lo es el lugar propuesto debido a que se puede ver muy adecuado o bien inadecuado por sus capacidades al concreto hidraulico sobre el concreto asfáltico.

Concluyo de acuerdo a lo investigado que siendo una alternativa el concreto hidráulico es además la mejor opción para sustituir al concreto asfáltico en la carretera transpeninsular de Baja California Sur, no solo en ese estado, ya que puede ser de gran utilidad en la península de Baja California completamente en toda la carretera por todas sus cualidades podrá ser una inversión grande en un corto plazo pero sus beneficios son mas grandes, como lo es un mantenimiento de precio no creciente conforme pasan los años de servicio donde se es sometido a todas las fuerzas ejercidas por las repeticiones de cargas o bien el intemperismo al cual se vera sometido como serán los embates de la madre naturaleza (huracanes, tormentas, ciclones, irrigaciones de agua salada, derrumbes, altas radiaciones solares, altas temperaturas, bajas temperaturas) siendo muy vulnerable por su ubicación geográfica. Nó solo en carreteras, tiene gran aplicación en puertos, aeropuertos, vialidades urbanas, por comentar algunos.

No olvidando el beneficio que obtienen los usuarios, gracias a que son ellos una forma de diseño, siendo ellos un factor importante como lo es en temas económicos tanto para el usuario, para las localidades donde transitan en sus vehículos desde un punto de vista urbano; no se olvide que una carretera es una vía de comunicación de la cual dependerán temas como la economía, producción, desarrollo de los lugares que conectan a la carretera con otros pueblos por destacar algunos puntos de gran interés que abarcan el tener una vía de comunicación en optimas condiciones o de muy buena calidad, si está se encuentra en las mejores condiciones seria la única carretera que conecté al norte del estado con el sur y pueblos aledaños de la península de Baja California Sur en la Republica Mexicana.

Existen mitos con respecto al concreto hidraulico dichos paradigmas giran en torno a su construcción y a los costos, dichos estos deberán de ser derrumbados si desean tener un beneficio para el país. Considero para tiempos de mantenimiento que el concreto hidráulico tiene a favor un porcentaje con respecto a los costos totales sobre el concreto asfáltico. para finalizar yo propongo que el concreto hidraulico se es una mejor opción para sustituir al concreto asfáltico en la carretera transpeninsular de Baja California Sur.

BIBLIOGRAFIA.

Becker, I. (2015). patrones de fisuración en pavimentos de concreto: algunos conceptos basicos. EN CONCRETO, (volumen 5, numero 7), 32 - 37. Retrieved from <http://www.revistacyt.com.mx>

Chavez, J., Montaña Roman, H., & Guerini, A. (2015). pavimentos de concreto hidraulico: retos y oportunidades. EN CONCRETO, (volumen 5, numero 7), 12 - 15. Retrieved from <http://www.revistacyt.com.mx>

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Skokie, Ill.: Portland Cement Association.

Pavimento de Concreto CEMEX. (2010) (1st ed., p. 44). Mexico. Retrieved from <http://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

Pavimentos de concreto para carreteras. (2002). México, D.F.

Salazar Rodríguez, A. (1998). Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. México: IMCYC.

Pavimentos de concreto. (2000). México.

Referencias

Becker, I. (2015). patrones de fisuración en pavimentos de concreto: algunos conceptos basicos. EN CONCRETO, (volumen 5, numero 7), 32 - 37. Retrieved from <http://www.revistacyt.com.mx>

Chavez, J., Montaña Roman, H., & Guerini, A. (2015). pavimentos de concreto hidraulico: retos y oportunidades. EN CONCRETO, (volumen 5, numero 7), 12 - 15. Retrieved from <http://www.revistacyt.com.mx>

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. Skokie, Ill.: Portland Cement Association.

Pavimento de Concreto CEMEX. (2010) (1st ed., p. 44). Mexico. Retrieved from <http://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

Pavimentos de concreto. (2000). México.

Pavimentos de concreto para carreteras. (2002). México, D.F.

Salazar Rodríguez, A. (1998). Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos. México: IMCYC.

ASTM C78/C78M-02 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro). (2016). Astm.org. Retrieved 2 October 2016, from <http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C78C78M-02-SP.htm>

14, A. & International, A. (2016). ASTM C469 / C469M - 14 Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Astm.org. Retrieved 2 October 2016, from <https://www.astm.org/Standards/C469.htm>

Acuaplaneo Seguridad Vial Cuando un vehículo circula sobre pavimento mojado, el dibujo de sus neumáticos se encarga de evacuar el agua y "abrir paso" en.. (2014).

Alfaro, M. (2016). Ventajas Comparativas entre Pavimentos de Concreto y Pavimentos de Asfalto. Asocem. Retrieved 4 October 2016, from <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/ventajas-comparativas-entre-pavimentos-de-concreto-y-pavimentos-de-asfalto>

Alfaro, M. (2016). Ventajas Comparativas entre Pavimentos de Concreto y Pavimentos de Asfalto. Asocem. Retrieved 4 October 2016, from <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/ventajas-comparativas-entre-pavimentos-de-concreto-y-pavimentos-de-asfalto>

ASTM C78/C78M-02 Método de Ensayo Normalizado para la Determinación de la Resistencia a la Flexión del Concreto (Utilizando Viga Simple con Carga en los Tercios del Claro). (2016). Astm.org. Retrieved 2 October 2016, from <http://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/C78C78M-02-SP.html>

Benítez Mora, S. & Rojas Rodas, I. (2014). El costo al usuario, nuevo modelo para la operación y conservación de carreteras. VIAS TERRESTRES, (30), 26, 27, 28. Retrieved from http://www.amivtac.org/assets/files/document/3340_VT30.pdf

capitulo dos: diseño. (2010). Cemex. Retrieved 4 October 2016, from <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

CICLO DE VIDA | Duravia. (2016). Duravia.com.pe. Retrieved 4 October 2016, from <http://www.duravia.com.pe/ciclo-de-vida/>

Génesis y Construcción de una Obra de Urbanización. (2016). Www7.uc.cl. Retrieved 4 October 2016, from http://www7.uc.cl/sw_educ/construccion/urbanizacion/html/f_conceptos.html

Merchan Najera, C. (2016). Construcción con concreto hidraulico en santa rosalia. Pavimentos de concreto CEMEX. (2010) (1st ed., p. 44). México. Retrieved from <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

PAVIMENTOS DE CONCRETO CEMEX. (2009) (1st ed., pp. 64 - 69). México. Retrieved from <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

PAVIMENTOS DE CONCRETO CEMEX. (2016) (1st ed., p. 44). México. Retrieved from <https://www.cemexmexico.com/Concretos/files/manualDePavimentos2010.pdf>

*PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO. (2009). México.
Pavimentos de concreto para carreteras. (2002). México, D.F.
Pavimentos de Concreto para Carreteras Volumen 2: evaluación y conservación. (2002). México.*

Revenimiento del cemento. (2016). Arqhys.com. Retrieved 28 September 2016, from <http://www.arqhys.com/contenidos/revenimiento-del-cemento.html>

Salazar Rodriguez, I. (1998). Guía para el Diseño y Construcción de Pavimentos Rígidos, 2da. Edición.. IMCYC: IMCYC.

Agradezco la fortaleza, apoyo y compañía brindada de cada uno de aquellos seres, siendo ellos mis queridos hermanos Andres Isaac, Darinka, Esperanza. No olvido a las



personas que me dieron vida Maria del Rosario Najera Valente y Javier F. Merchan Noyola, quienes son fuente de inspiración les ofrezco mi gratitud por acompañarme hoy como en mi formación física, moral y espiritual. Gracias familia.



A los amigos cuya compañía hizo que mi estancia en la universidad fuera mas a mena sin olvidar a los amigos que apoyan desde baja california sur.

U.N.A.M. agradezco los conocimientos otorgados para desarrollar la profesión de un ingeniero civil.
