



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL**

**“Control de Calidad en Calles Pavimentadas en el Municipio de Ciudad
Hidalgo, Michoacán”**

PRESENTA:

Esleyter Manuel Hernández López

DIRECTOR:

Dr. Hugo Luis Chávez García

CO DIRECTOR INTERNO:

Ing. Isaías Trujillo Calderón

CO DIRECTOR EXTERNO:

Dr. Luis Elías Chávez Valencia

MORELIA, MICHOACAN, NOVIEMBRE DE 2021

1	Índice	1
.....
2	Dedicatoria	5
3	Resumen	6
4	Abstract	7
5	Introducción	8
6	Justificación	9
7	Marco teórico	10
7.1	Normativa para la Infraestructura del Transporte	10
7.2	Desarrollo de los pavimentos de concreto en su evolución a nivel Mundial, Nacional, Estatal y Municipal.	10
7.2.1	El pavimento de concreto en el mundo	11
7.2.2	El pavimento de concreto a nivel nacional	14
7.2.3	El pavimento de concreto a nivel estatal.	15
7.2.4	El pavimento de concreto a nivel municipal.	18
7.3	Control de calidad	22
7.4	Supervisión	25
7.5	Marco legal en el área de la supervisión	27
8	Comportamiento y Clasificación de los Pavimentos	28
8.1	Pavimentos	28
8.2	Finalidad de tipo estructural	31
8.3	Finalidad de tipo funcional	32
8.4	Finalidad del pavimento en el aspecto de la seguridad	33
8.5	Comportamiento de los pavimentos	34
8.6	Clasificación de los pavimentos de concreto	35
8.7	Secciones de estructuras de pavimentos	39
9	Proceso constructivo para pavimentos y cuáles son los más usados en Michoacán	43
9.1	Obras preliminares.	43
9.2	Logística de pavimentación	43
9.3	Dispositivos para protección de obra (señalamientos).	46
9.4	Protección del pavimento.	47
9.5	Letreros informativos.	49
9.6	Ubicación y protección de instalaciones subterráneas.	51

9.7	Trazo y nivelación del proyecto geométrico.....	51
9.8	Construcción de la estructura del nuevo pavimento.	53
10	Partes que componen un pavimento rígido.....	99
11	Ventajas y desventajas de usar el concreto hidráulico	102
12	Metodología	105
12.1	Pruebas de Control de Calidad a los Materiales Empleados.	105
12.2	Pruebas de Control de calidad de Concreto Hidráulico.	108
12.3	Muestreo de Concreto Fresco.	109
12.3.1	Equipo.....	109
12.3.2	Procedimiento, “Muestreo de Concreto Procedente de Camiones Mezcladores o Agitadores”:.....	110
12.4	Revenimiento.	111
12.4.1	Equipo.....	111
12.4.2	Procedimiento, “llenado del cono y compactación”:.....	111
12.4.3	Enrasado y limpieza del concreto sobrante.....	112
12.4.4	Levantamiento del cono.....	112
12.4.5	Medida del revenimiento.....	113
12.4.6	Tolerancias del revenimiento.....	113
12.5	Moldeo de cilindros.	114
12.5.1	Equipo.....	115
12.5.2	Procedimiento.....	115
12.5.3	Llenado del molde y compactación por varillado.....	116
12.5.4	Enrasado.....	116
	Identificación de Cilindros.....	117
12.5.5	Protección de los cilindros.....	117
12.6	Curado del concreto	118
12.6.1	Curado inicial.....	118
12.6.2	Curado estándar.....	118
12.7	Cabeceo de cilindros.....	119
12.7.1	Equipo.....	119
12.7.2	Procedimiento.....	119
12.8	Resistencia a la compresión.....	121
12.8.1	Equipo.....	121

12.8.2	Procedimiento.....	121
12.9	Supervisión.....	123
13	Resultado y discusiones.....	125
14	Conclusión.....	158
15	Bibliografía.....	159

2 Dedicatoria

A Dios, a mis padres, a mi abuela, a mi familia y a mis amigos que terminan siendo parte de mi familia. Por todo el amor, comprensión y apoyo, que con constancia y paciencia me dieron alas para alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios Todo Poderoso:

Por permitirme la gracia de la vida, como también concluir este objetivo en mi formación Profesional y el que me permita disfrutar de sus beneficios.

A Mis Padres:

María Isabel López Pérez y Manuel Hernández Santiz, hoy una vez más agradezco sus confianzas, por guiarme y apoyarme en cada momento que pase durante este proceso.

A mis Hermanos:

Erika Guadalupe Hernández López, Carlos Javier Hernández López y Heidi Xitlali Hernández López por animarme en cada momento.

A mi Esposa:

Concepción Gordillo Méndez por brindarme todo su apoyo para poder lograr mi objetivo.

A mis Amigos:

Leonardo Gregorio Ignacio, Dulce Liliana Flores Patiño, Alma Sosa Ramos y Guillermo Vázquez Barrios, por su apoyo incondicional.

A mi Asesor de Tesis:

Dr. Hugo Luis Chávez García, por guiarme en todo momento, tanto en la realización de esta tesis.

A mis Compañeros de Laboratorio:

Ing. Cindy Lara Gómez, Ing. Isaías Trujillo Calderón, Ing. Eduardo Tafolla y a los compañeros del área de mecánica de suelos.

3 Resumen

La presente investigación consiste en obtener un modelo de todo el control de calidad en las terracerías y concretos en las distintas fases y etapas, para que cada fase lleguen a los objetivos específicos que deben cumplirse siguiendo una secuencia temporal y metodología específica en varias etapas interdependientes, establecidas según un orden lógico: estudios previos anteproyecto, proyecto, etc., con la finalidad de tener las obras en buenas condiciones y que sean duraderas, debido a que su uso representaría ventajas económicas.

Se analizaron en este trabajo los controles de calidad habituales de los elementos principales de sostenimiento y revestimiento que se colocó en este tipo de obras: materiales (suelo, Grava, Arena, Cantidad de agua, Cemento o mortero, terraplén, base), Compactación del material, Concreto, etc...

En el control de calidad durante la construcción de dicha obra implica un conjunto de actividades orientadas al cumplimiento de los requisitos de la calidad establecidas en el proyecto. Dichas actividades comprenden principalmente en el examen de los resultados obtenidos de un proceso de producción, mediante mediciones, muestreos y pruebas, tanto de campo como de laboratorio, que permiten evaluar las propiedades inherentes a un concepto de obra, de sus acabados, de los materiales y de los equipos de instalación permanente que se utilicen en su ejecución.

Palabras Clave: Materiales, Compactación, Muestreos, Concreto Hidráulico, Compresión.

4 Abstract

This research consists of obtaining a model of all the quality control in the dirt and concrete in the different phases and stages, so that each phase reaches the specific objectives that must be met following a time sequence and specific methodology in several interdependent stages, established according to a logical order: preliminary studies preliminary draft, project, etc., in order to have the works in good condition and that they are durable, because their use would represent economic advantages.

The usual quality controls of the main support and coating elements that were placed in this type of works were analyzed in this work: materials (soil, Gravel, Sand, Amount of water, Cement or mortar, embankment, base), Compaction of the material, concrete, etc ...

Quality control during the construction of said work involves a set of activities aimed at meeting the quality requirements established in the project. These activities mainly include the examination of the results obtained from a production process, through measurements, sampling and tests, both in the field and in the laboratory, which allow evaluating the properties inherent to a work concept, its finishes, and materials. and the permanently installed equipment used in its execution.

Keywords: Materials, Compaction, Sampling, Hydraulic Concrete, Compression.

5 Introducción

En el presente trabajo de tesis se presenta en forma desglosada y explicada, los criterios considerados para el proyecto, el control de calidad de todo el material y la construcción de un pavimento de concreto hidráulico de las calles de la Ciudad de Hidalgo, Michoacán. En Primer lugar, se da a conocer las generalidades previas al tema a tratar, facilitando así su entendimiento y comprensión, continuando con la descripción de las normas que se utilizaron para poder llevar cabo el control de calidad, tanto de mecánica de suelos y como de concreto, además se tocan factores que se deben de tomar en cuenta para la fabricación de las losas de concreto hidráulico, el conocimiento de los diferentes tipos de juntas y entender su importancia en la funcionalidad en el pavimento, al igual las partes que componen a un pavimento de concreto hidráulico para entender su estructuración, continuando con la descripción de los pasos que conforman el proceso de construcción del pavimento de concreto y sus procedimientos para la obtención del control de calidad en el desarrollo del pavimento de concreto.

El laboratorio que lleva a cabo el control de calidad de alguna obra juega un papel muy importante, porque en él se deposita toda la confianza y es ahí en donde se determinara si la construcción que se está realizando cumple con las especificaciones de resistencia establecidas de acuerdo a las pruebas realizadas.

En el laboratorio “Ing. Luis Silva Ruelas” se llevó el control de todas las pruebas que se realizaron, en la mecánica de suelos se realizaron pruebas tales como pruebas de granulometría y límites de consistencias, absorción y densidad específica relativa, Pruebas de pesos volumétricos máximos secos y contenido óptimo de agua, Porter, Aashto Estándar y Aashto modificada, Ensaye de granulometría, límites de consistencia de V.R.S.; estándar (C.B.R.); y en el concreto se realizaron pruebas de compresión simple a 7, 14 y 28 días de elaborados.

6 Justificación

El tiempo de cambio que está viviendo nuestro país ha dado pauta para que las empresas dedicadas al ramo de la construcción tengan que modernizarse, estos cambios han generado que cada día se exijan más y mejores acciones en el control de calidad de obras, dando una pauta a que se justifique un equipo teórico más especializado para aprovechar al máximo los recursos técnicos, humanos y económicos que se asignan a las obras.

El presente trabajo de investigación pretende definir los alcances, responsabilidades y limitaciones de la supervisión en obras de pavimentación urbana, así como mostrar en una forma clara y sencilla los controles de calidad, costo y tiempo durante el transcurso de la obra.

Objetivo General:

- Conocer el desarrollo y procedimiento constructivo del pavimento de concreto hidráulico obteniendo así las ventajas y desventajas que se tienen al usar las indicaciones de construcción del municipio de Ciudad Hidalgo, Michoacán, según lo establecido por las indicaciones del municipio y compararlo con las normas mexicanas.

Objetivo Particular:

- Conocer las características y especificaciones de los materiales que conforman la subestructura y superficie de rodamiento, así como la preparación del terreno natural.
- Conocer los procesos necesarios de control de calidad del mismo, al igual que la secuencia detallada de colocación, acabado, corte, texturizado y curado de las losas de concreto hidráulico que conforman la superficie de rodadura.

7 Marco teórico

7.1 Normativa para la Infraestructura del Transporte

Materiales para obras de Drenaje y Sub-drenaje

Las siguientes Normas contienen las características de calidad referente a los materiales utilizados en obras de drenaje y sub-drenaje.

- N.CMT-3-01/01: para tubos concreto hidráulico sin refuerzo.
- N.CMT-3-02/04: para tubos concreto hidráulico con refuerzo.
- N.CMT-3-03/04: para tubos y arcos de lámina corrugada de acero.
- N.CMT-3-001/05: requisitos de calidad de los materiales que se utilicen como filtros en los sistemas de sub-drenaje.
- N.CMT-3-002/05: requisitos de calidad para tubos de concreto sin refuerzo en los sistemas de sub-drenaje.
- N.CMT-3-003/05: requisitos de calidad para tubos, coples y accesorios de poli-cloruro de vinilo (PVC) que se utilicen en los sistemas de sub-drenaje.
- N.CMT-3-06/10: requisitos de calidad para tubos corrugados de polietileno de alta densidad que se utilicen en los sistemas de sub-drenaje.

Nota: todas las Normas mencionadas corresponden a la Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (NIT-SCT). (Dirección General de Servicios Técnicos, SCT)

7.2 Desarrollo de los pavimentos de concreto en su evolución a nivel Mundial, Nacional, Estatal y Municipal.

7.2.1 El pavimento de concreto en el mundo

El diseño de pavimentos ha evolucionado con el tiempo, desde una perspectiva artística y netamente empírica hasta ser considerado toda una ciencia.

Antes de 1920, los espesores de las capas que conforman los pavimentos se basaron netamente en la experiencia, es decir, la misma estructura era utilizada sin discriminar la clase de vía, el tipo de suelo o el tránsito esperado. Con el tiempo, las entidades administradoras de caminos y la industria de los materiales de construcción, desarrollaron métodos de diseño de pavimentos intentando sustentar un comportamiento adecuado del mismo, teniendo en cuenta la inversión de dinero que significa construir y mantener un camino.

A continuación, se presentan los principales hitos en la historia mundial de los pavimentos de concreto:

- En el año 1824, Joseph Apsdin patenta en Inglaterra el proceso de calcinación de ceniza arcillosa para la producción de cemento que al hidratarse con agua, tenía las mismas características de resistencia que la piedra de la isla de Portland, marcando el inicio de la tecnología del concreto.
- Los primeros intentos por construir pavimentos de concreto se dieron en 1865, en la ciudad de Inverness (Escocia). Por ese tiempo se tenían algunos conceptos relacionados a la tecnología del concreto.
- Los siguientes intentos por construir pavimentos de concreto se dieron en Edimburgo (Escocia) entre 1872 y 1886. En América, el pavimento de concreto más antiguo es el de Court Ave. Bellfountain, en Ohio, Estados Unidos, cuya construcción data del año 1891. Este pavimento existe hasta la actualidad, aunque a partir del año 2000 admite sólo tránsito peatonal.



Fig. N°1.- Pavimento en Bellfountain (1891)

- Los métodos racionales de diseño empezaron a concebirse después de los primeros intentos por construir pavimentos. Estas teorías se formularon asumiendo que existe un pleno contacto entre sub-base y la carpeta de rodadura de concreto.
- Gold Beck en 1919, desarrolló una ecuación simple para el diseño de pavimentos de concreto asumiendo que la carpeta de rodadura se comportaba como una viga en voladizo con una carga concentrada en la esquina. Premisa utilizada en el Bates Road Test.
- Westergaard en 1926, plantea la primera teoría relacionada al comportamiento estructural de los pavimentos de concreto, como consecuencia de lo expresado por Hertz respecto a los esfuerzos en losas suspendidas. Es sin duda el estudio teórico más extenso e importante, que inició en 1926 y terminó en 1948. Relaciona el cálculo de esfuerzos y deflexiones en los pavimentos de concreto, los estudios consideraron las temperaturas en la losa, así como tres posiciones de carga en una losa alargada: aplicada cerca de la esquina, aplicada cerca de la junta, pero a una distancia considerable de la esquina y aplicada en el interior del paño a una distancia considerable de toda junta y esquina. El análisis asume de manera simplificada que la presión de reacción entre las sub-rasante y la carpeta de

rodadura en cualquier punto es proporcional a la deflexión en ese punto, independientemente de las deflexiones en otros puntos. También asumió que el contacto entre la sub-rasante y la carpeta de rodadura se da a plenitud.

- Pickett en 1951, comparó la carga crítica en la esquina obtenida en los estudios de Westergaard con mediciones realizadas en el campo, encontrando que las estimaciones realizadas en las aproximaciones teóricas del esfuerzo cuando se tenía la carga crítica aplicada en la esquina de la losa eran siempre muy pequeñas. Pickett asumió que parte de la losa no está totalmente apoyada sobre el suelo, para lo que desarrolló fórmulas semi empíricas que concordaban con los resultados de los experimentos en campo. Lamentablemente, debido a la complejidad de las fórmulas y al estado de arte de la tecnología, no se le prestó mayor atención.
- Entre los años 1958 y 1960 se llevó a cabo el AASHO Road Test en Ottawa, Illinois (USA). El AASHO Road Test definió la ecuación empírica fundamental que guiaría las metodologías de diseño AASHTO hasta el suplemento de 1998. Nótese que esta metodología se basa en el concepto de pérdida de serviciabilidad del pavimento por el paso de los vehículos y el tiempo.
- Con el ingreso de los procesadores, se realizaron soluciones numéricas que asumen que no existe pleno contacto entre la sub-rasante y la carpeta de rodadura, como son los métodos de los elementos discretos y el de los elementos finitos.
- Aunque los estudios de Westergaard contribuyeron en gran medida al desarrollo de los métodos de diseño, nunca dejó de reconocer que los resultados teóricos debían ser revisados comparándolos con resultados en campo del comportamiento del pavimento.

Otros desarrollos importantes que se dieron en paralelo fueron:

(1) la concepción de las propiedades de fatiga del concreto;

(2) los conceptos de bombeo con los que se demostró que la sub-rasante debía ser protegida. Debido a estos ensayos se decidió introducir capas granulares que protejan la pérdida de finos en la sub-rasante; y

(3) los métodos probabilísticos que dieron origen al término de confiabilidad, ampliamente utilizado en los métodos de diseño AASHTO 1986, 1993, el suplemento 1998, la guía de diseño empírica mecanicista MEPDG 2002 (por sus siglas en inglés). (El Concreto Hidraulico a Nivel Mundial, s.f.), (MBA, Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión, 2012)

7.2.2 El pavimento de concreto a nivel nacional

Las crecientes necesidades de desarrollo, la búsqueda de soluciones perdurables y la demanda de contar con más y mejores carreteras, han contribuido a la modernización y ampliación de la red carretera de México.

El País cuenta con gran diversidad de climas, suelos y zonas ambientales; su heterogeneidad ha marcado el camino del desarrollo y crecimiento. De alguna manera, esa diversidad ha influido en la conformación de la infraestructura carretera.

Una razón importante del bajo nivel de servicio de las carreteras en México se debe a que éstas se diseñaron y construyeron en su mayoría entre 1925 y 1970. La red se proyectó para soportar cargas vehiculares que varían entre las 6 y 8 ton, pero en la actualidad llegan a transitar vehículos que alcanzan 60 ton. Además del aumento en la carga de los vehículos, no se consideró el crecimiento del tránsito pesado en la red; en el diseño inicial el tránsito diario variaba entre 500 y 1,000 vehículos, mientras que en la actualidad se tienen valores significativamente mayores, que alcanzan 1, 000, 000 vehículos.

Hasta antes de 1993, el uso de pavimentos de concreto hidráulico en México fue relativamente escaso. Esto se ha atribuido a que, al ser el país un importante productor de petróleo (y por consiguiente de asfalto), además de existir un subsidio importante en el precio de éste, el costo de los pavimentos asfálticos resultaba muy inferior a los de concreto hidráulico; adicionalmente, había en algunos casos desinformación y desconocimiento sobre el diseño y construcción de los pavimentos de concreto hidráulico con nuevas tecnologías.

Por otro lado, cuando se diseñaron las carreteras para el tránsito que se creía debían soportar, los pavimentos de asfalto eran una solución suficiente. En 1993 se inicia a gran escala la construcción de pavimentos rígidos nuevos, así como la construcción de sobre capas, ultra delgadas, de concreto hidráulico. Existen en la actualidad varios tramos de carreteras de concreto hidráulico en el país, entre los que destacan: la autopista Cárdenas, Tab. – Agua Dulce, Ver., con longitud de 84 km, la autopista Guadalajara, Tepic, con 34 km de longitud y el libramiento Querétaro - San Luis Potosí, con 38 km. (El Concreto hidráulico a Nivel Nacional, s.f.)

La longitud total de carreteras construidas o en proceso entre 1993 y febrero de 1997, está distribuida como sigue:

- Concreto simple: 110 km-carril de refuerzo y 64 km-carril de pavimento nuevo.
- Concreto con pasa juntas: 752 km-carril de pavimento reforzado y 1,272 km-carril de pavimento nuevo.

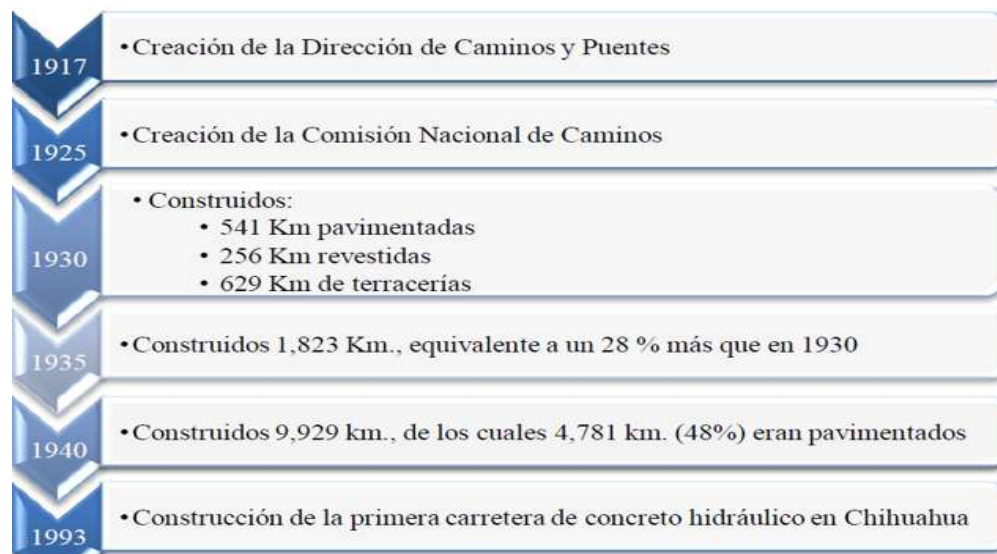


Fig. N°2.- Cuadro cronológico del desarrollo de los pavimentos en México.

7.2.3 El pavimento de concreto a nivel estatal.

Los trabajos consistieron en la construcción de un cuerpo nuevo de 12.0 metros de ancho de corona en una longitud de 32.3 kilómetros de la carretera Morelia-Salamanca. Asimismo, se realizaron trabajos de terracerías, obras de drenaje, pavimentación, estructuras, entronques carreteros, señalamiento vertical y horizontal, cruzamientos con gasoductos de PEMEX, reubicación de ductos de PEMEX y obras complementarias. Con la construcción de esta vía, se beneficia a más de un millón de habitantes, de forma directa, e indirectamente, a una población de más de 3 millones de personas. Además, se avanza en la realización acciones orientadas a fortalecer el desarrollo de los servicios multimodales, así como la integración entre los diversos modos de transporte terrestre; contribuyendo al desarrollo de las actividades económicas y turísticas de la región. La inversión en 2007, fue de 58 millones de pesos y se generaron 4 100 empleos directos y 20 000 empleos indirectos.



Fig. N°3.- Carreteras a nivel estatal.

La inversión en obras de infraestructura carretera en el estado prevista por el Sector es de 758 456 millones de pesos, destacando la modernización de la carretera Morelia-Salamanca. (El Concreto Hidraulico a Nivel Estatal, s.f.)

OBRAS	INVERSIÓN (MDP)	OBRAS
CARRETERAS FEDERALES		
Construcción y modernización	63 300	
Lázaro Cárdenas-Puente Dr. Ignacio Chávez-Carr. Entr. Uruapan-L. Cárdenas	30 800	Se realizó la ampliación a 4 carriles del tramo carretero.
Zacapu-Ent. Autopista Maravatío-Zapotlanejo	32 500	Los trabajos consisten en modernizar el tramo carretero a 12 metros de corona.
FONCAR	58 000	
Morelia-Salamanca	58 000	Los trabajos consistieron en la construcción de un cuerpo nuevo de 12 metros de ancho de corona.
Conservación	377 495	
Lím. de Edos. Gto./Mich.-Tr. San José	11 657	Se reconstruyeron 6 kilómetros del tramo carretero que requerían trabajos mayores de mantenimiento.
Uruapan-Arteaga	34 608	Los trabajos consistieron en la renivelación y recuperación de carpeta en 35 kilómetros.
Conservación Rutinaria de Tramos	72 200	Se atendieron 2 383.7 kilómetros de la red federal en el estado.
Atención a Puentes	13 654	Mantenimiento a 479 puentes y la reconstrucción de cinco más para garantizar la seguridad en la red federal.
Otras obras	245 376	En 600 kilómetros de carreteras federales se realizaron trabajos de conservación. Incluye el Programa de Señalamiento y la atención de ocho puntos conflictivos.
Subtotal	498 795	
CAMINOS RURALES Y CARRETERAS ALIMENTADORAS		
Construcción y Modernización	217 200	
Tingüindín-Los Reyes (Jacona-los Reyes) y Uruapan-Sabino-San Marcos	47 000	Aportación federal al Gobierno del Estado. Incluye gastos de supervisión.
Churumuco-Cuatro Caminos	22 500	La Secretaría realizó trabajos de ampliación en 10.5 kilómetros de la carretera alimentadora.
Libramiento Ignacio Zaragoza, Pátzcuaro	35 000	Aportación federal al Gobierno del Estado. Incluye gastos de supervisión.
Otras obras	112 700	Trabajos de modernización de la red rural y de carreteras alimentadoras en 61.8 kilómetros.
Reconstrucción	8 372	
Reconstrucción de diversos tramos	8 372	Trabajos en 90.1 kilómetros a cargo de la Secretaría.
Estudios y Proyectos	3 397	
Programa de Empleo Temporal	30 692	
		Trabajos de construcción y conservación de 994.5 kilómetros, lo que generó 477 128 jornales para 5 422 empleos.
Subtotal	259 661	
TOTAL	758 456	

Fig. N°4.- Inversiones en diferentes carreteras.

7.2.4 El pavimento de concreto a nivel municipal.

En gira de trabajo, el presidente Municipal de Hidalgo, Lic. José Luis Téllez Marín, dio el banderazo de arranque de tres importantes obras de infraestructura urbana de Pavimentación de la Prolongación de la Calle Vicente Guerrero de la colonia San Francisco, pavimentación de la calle Encino del Fraccionamiento Monte Bello e igual inauguró la pavimentación Hidráulica de la Calle Privada de Melchor Ocampo (Francisco Márquez) y parte de la privada Roberto López Maya de la Colonia Manantiales.

Acompañado de Regidores del Ayuntamiento y el director de Obras Públicas, Ing. Luis Gildardo López Bernal, se dirigió a la Prolongación de Vicente Guerrero, Col. San Francisco, donde dio el banderazo de arranque de los trabajos de construcción del pavimento hidráulico, mismo que tendrá una inversión de 5 millones 500 mil pesos, para beneficiar a toda la población, ya que será una arteria importante de desahogo vehicular.

La obra que se llevará a cabo por contrato tendrá una longitud de 475 metros lineales con un ancho de 9.8 metros en promedio, con un área de concreto hidráulico de 4,650 metros cuadrados, banquetas en ambos lados de 1.50 metros de ancho, guarniciones de 15 a 20 centímetros X 30 centímetros en ambos lados con una longitud de 475 metros lineales, para ello, también se realizará la estructura de arrollo de una excavación promedio de 65 centímetros nivelación de terreno, formación de capa de filtro de 30 centímetros, base hidráulica de 25 centímetros, drenaje colectivo de 10" (25 centímetros en una longitud de 465 metros lineales, 4 pozos de visita de 1,50 de profundidad y 50 descargas de aguas residuales), para que finalmente apliquen el concreto hidráulico de 15 centímetros de espesor.



Fig. N°5.- Banderazo de arranque de calle en Ciudad Hidalgo, Michoacán.

Con una inversión de 1, 400, 000 pesos, el presidente municipal de Hidalgo, Lic. José Luis Téllez Marín, acompañado de Regidores del Ayuntamiento y el director de Obras Públicas, Luis Gildardo López Bernal, dio el banderazo de arranque a los trabajos de pavimentación de la calle Encino del Fraccionamiento Monte Bello, que vendrá a beneficiar a los vecinos del lugar y a los automovilistas que transitan por dicha vialidad.

El edil Municipal, reconoció el interés de los vecinos para embellecer su calle, que les traerá mayor plusvalía a su propiedad y más seguridad al transitarla; dijo que es un esfuerzo que hace el Gobierno Municipal, en distribuir de manera equitativa y de manera transparente el recurso de todos para reforzar la infraestructura urbana, en este caso dotar de pavimento hidráulico en la Calle Encino.

La meta que se pretende es de la colocación de 933 metros cuadrados de pavimento hidráulico de 15 centímetros de espesor con recursos de este año 2019, realizando la obra en la modalidad de ejecución por contrato, desde la excavación, nivelación y mejoramiento del terreno, revisión del drenaje existente para que en caso de algún desperfecto renovarlo, colocación de base y sub-base con material, para posteriormente aplicar el pavimento hidráulico.

Es una obra que se había solicitado por los vecinos, que estuvieron dispuestos a participar con su cooperación, para que esta obra se lleve a cabo, por lo que los felicitó e invitó a seguir con ese ánimo para el mejoramiento de su entorno, en beneficio de sus familias.

Comentó que, gracias a la participación ciudadana, en este año se realizan un número importante de obras como pavimentaciones, drenajes sanitarios, redes de agua potable, saneamientos de barrancas, ampliación de la red eléctrica, no solo en la cabecera municipal sino también en las 12 tenencias y sus comunidades.

Dijo que este ejercicio fiscal 2019 se está cerrando con muchas obras, cumpliendo los compromisos con la ciudadanía y al mismo tiempo elaborando el Plan Operativo de obra para el 2020, con más obras importantes en beneficio de todos. El Lic. Samuel Flores Hernández y José de Jesús Pérez Plancarte, agradecieron el edil Municipal por el apoyo para que esta obra se hiciera realidad después de tanto tiempo que se había solicitado. (Lic. José Luis Téllez Marín, dio el banderazo de arranque de tres importantes obras de infraestructura urbana como la tercera etapa de la pavimento hidráulico en la prolongación de la Calle Vicente Guerrero, drenaje pluvial en la Calle 20 de Noviembre de , s.f.)



Fig. N°6.- Banderazo de arranque de calle en Ciudad Hidalgo, Michoacán.

Al igual inauguró la pavimentación Hidráulica de la Calle Privada de Melchor Ocampo (Francisco Márquez) y parte de la privada Roberto López Maya de la

Colonia Manantiales, que tuvo una inversión de 899 mil 982.15 pesos para beneficiar a los vecinos del lugar, que podrán transitar su calle con mayor seguridad

El alcalde Municipal, se mostró contento por la conclusión de una obra más, cumpliendo con los compromisos que se hizo con los vecinos, que han resultado muy participativos, aportando lo que les corresponde de una manera muy rápida; de esta manera, dijo, nos ayuda para seguir trabajando.

La obra se llevó a cabo en la modalidad de ejecución por contrato, con el recurso autorizado, se logró cubrir 820 metros cuadrados (130 metros lineales) de pavimento hidráulico de 15 centímetros de espesor, realizando los siguientes trabajos como trazo y nivelación topográfica del terreno, líneas y redes de agua potable y alcantarillado; formación y compactación de la capa sub-base con material de filtro, base hidráulica construida con material de banco, para que posteriormente aplicar el pavimento hidráulico FC=250 kg, guarniciones de concreto de 15X20X40 centímetros reforzado con varilla, señalamiento para cruce de peatones, señalamiento vertical reflejante.

Mencionó que se quiere tener un mejor Ciudad Hidalgo, como ciudadanos tenemos que colaborar, porque una calle pavimentada, da mayor seguridad, por lo que exhortó a la ciudadanía para que se solicita una obra lo haga con el consentimiento de los vecinos para que todos colaboren.

Federico Camacho, presidente del Comité de Obra, a nombre de sus vecinos, agradeció infinitamente al gobierno Municipal por apoyar y autorizar la pavimentación de la calle, que a pesar de ser una de las calles más antiguas de este barrio, había quedado olvidada, pero gracias al trabajo y a la voluntad del presidente Municipal, José Luis Téllez Marín, se ha logrado esta obra.

También agradeció a los vecinos que con la aportación que se hizo de 140,000.00 pesos se logró esta primera etapa, esperando que la segunda etapa sea considerada para el siguiente año.

El edil municipal, solicito a los vecinos que conformen su comité y hagan llegar so solicitud, para que la segunda etapa de esta obra sea considerada para el Plan Operativo de Obra del próximo año que ya se está elaborando. (El Concreto Hidraulico a Nivel Municipio, s.f.)



Fig. N°7.- Apertura de calle en Ciudad Hidalgo, Michoacán.

7.3 Control de calidad

El concepto de control de calidad considera el desarrollo de una pavimentación como un sistema formado por diferentes fases enlazadas, desde la planeación hasta el fin de la vida útil del concreto.

Actualmente el control de calidad de las obras es muy importante en nuestro país como en el mundo, porque son ello podemos estar seguros de que la obra podrá prestar el servicio para el que fue diseñada, uno de los más importantes en el control de calidad es el de verificar la calidad de los materiales empleados en la obra, así como el empleo en la misma.

El principal objetivo del Control y Verificación de Calidad, es asegurar que los materiales y elementos que se utilicen en una obra, cumplan con los requisitos de calidad indicados en un proyecto. El cumplimiento de los requisitos del proyecto, permite que la obra vial desde el inicio y durante su operación, tenga el nivel de desempeño y la durabilidad previstas en el diseño, pero sobre todo permite cumplir con las expectativas de servicio de los usuarios, en cuanto a comodidad, seguridad y economía. Además, el Control de Calidad permite optimizar el aprovechamiento de los recursos del Constructor, entre los que se cuenta el personal profesional, técnico y mano de obra; los materiales de construcción y su almacenamiento; los equipos e instalaciones de construcción y/o producción; los vehículos de transporte de materiales, así como los combustibles y lubricantes para la operación de la maquinaria y vehículos, todos ellos aplicados durante el desarrollo del proceso constructivo. Un control de calidad eficiente, permite que la producción de materiales y de construcción se realice conforme el programa establecido, reduciendo los retrasos y los tiempos perdidos, así como también los desperdicios de materiales. Estos logros del proceso, significan ahorros de dinero y de tiempo al Constructor, permitiéndole hacer propuestas económicas atractivas a sus clientes, traduciéndose en más y mejores contratos, así como formarse un prestigio y asegurar el crecimiento de su empresa y su permanencia en el mercado. Sin embargo, la mayoría de las Empresas Constructoras no se interesan por aplicar un sistema de control de calidad eficiente, prefiriendo quedar a expensas de lo que dictamine el cliente o contratante sobre lo que sea aceptable de los trabajos efectuados, y corregir o sustituir lo inaceptable. Esta perspectiva conduce a que las Empresas nacionales obtengan cada vez menos contratos, menores ganancias y a largo plazo, tiendan a desaparecer. De acuerdo con la evolución de otros países con mayor desarrollo, sólo prevalecen Empresas que demuestren tener los medios tecnológicos, físicos y financieros, para hacer las obras con calidad y con economía. Por lo tanto, el Control de Calidad es el único medio que disponen las Empresas Constructoras nacionales para ejecutar obras viales con apego al proyecto y representa la oportunidad para que logren consolidarse, crecer y aumentar sus utilidades.

El objetivo de la calidad global de la obra se extiende a la calidad del sistema en su conjunto; proyecto y construcción (materiales y supervisión).

La calidad de manera general se fundamenta en las siguientes condiciones:

- Las diferentes fases de la obra: proyecto, construcción, supervisión, mantenimiento y reparaciones, son inter-dependientes.
- El proyecto tiene que desarrollar adecuadamente todos los aspectos técnicos de las diferentes fases.
- Cada fase tiene sus objetivos específicos que deben cumplirse, siguiendo una secuencia temporal y metodología específica en varias etapas interdependientes, establecidas según un orden lógico: estudios previos, anteproyecto, proyecto, etc.
- Las diferentes fases y etapas de cada fase, se desarrollarán de acuerdo a las metodologías, recomendaciones y normas específicas de cada materia desarrolladas en la fase de proyecto.
- Aplicar en todas las fases y etapas de desarrollo de la obra, las recomendaciones de calidad vigentes para el aseguramiento de la calidad requerida, estableciendo un plan de control de calidad en el proyecto y teniendo en cuenta los aspectos relevantes que deben ser considerados para establecer el necesario control de calidad en la fase de construcción.

El control de calidad comienza una vez seleccionados los materiales a utilizar en la obra y continúa durante su recepción, colocación y evolución con el tiempo de los mismos.

Se analizarán en este capítulo los controles de calidad habituales de los elementos principales de sostenimiento y revestimiento que se colocan en este tipo de obras: como lo son la sub-rasante, sub-base, base y la carpeta o superficie de rodamiento. (Lic. Gerardo Ruiz Esparza, Mtro. Raul Murrieta Cummings, Ing. Clemente PoonHung, 2014)

7.4 Supervisión

La supervisión de las obras de vías terrestres ha existido desde que se inició la construcción de carreteras y puentes en México. En un principio esta actividad se llevaba a cabo con los ingenieros de la extinta SCOP y con Sobrestantes habilitados por los mismos ingenieros, estas personas con gran experiencia, sacaron adelante las obras viales con los medios con que se contaba en ese entonces. Cuando se comenzó a innovar en la construcción y conservación de las carreteras y se inicia la contratación de la ejecución de las mismas, se implementaron varias estrategias por parte de la SCT, con el fin de capacitar a los ingenieros de las vías terrestres, entonces se inician varios cursos y especialidades:

- La Especialidad en Vías Terrestres en la Cd. de México (UNAM), en Campeche, Camp., en Morelia, Mich. y en Toluca, Edo. de México.
- La Maestría en Vías Terrestres en Chihuahua, Chih.
- Los cursos de Auxiliares de Residentes de Obra en San Luís Potosí, SLP.
- Los Cursos de Laboratoristas jefes de Grupo en Guadalajara, Jal.

Con esto se logró incrementar la plantilla de personal técnico capacitado para la supervisión de las obras en la SCT, pero continuó existiendo un déficit de personal para dar cobertura a las obras que cada vez se contrataban más. Como apoyo a esta actividad, la DGCC instituyó la función de los Supervisores Regionales; estos fueron ingenieros de amplia experiencia que cubrían de 4 a 5 estados cada uno y basaban su labor en visitas aleatorias a las obras de sus estados, lo cual seguía siendo insuficiente pues la cobertura era muy limitada. Fue en el año de 1995 que la DGCC implementó la contratación de la supervisión, de modo que se contara con presencia permanente en las obras y estuviera liderada por ingenieros retirados de SCT, Especialistas o Peritos en Vías Terrestres. Dependiendo de la magnitud de la obra, se diseñaban los términos de referencia, de modo que estos fueran un traje a la medida para cada obra o grupo de obras. Con esta implementación de la supervisión contratada, se resolvió gran parte de la problemática de presencia en las obras, pruebas de calidad a los trabajos ejecutados, información veraz y

oportuna, volumetrías reales, entre otras cosas. Definición Se entiende que cualquier instrucción a la que no se da seguimiento y supervisión, puede no estar cumpliendo el fin perseguido, de ahí que la supervisión tiene por objetivo principal la prevención y el encauzamiento de acciones para lograr un fin determinado, mediante el seguimiento de actividades y el apego al proyecto. La supervisión debe contemplar las siguientes funciones, cuando menos:

- Clarificar la actuación pública
- Transparentar la aplicación de los recursos
- Racionalizar el uso de los recursos
- Orientar las actividades
- Detectar desviaciones
- Reforzar mecanismos de actuación
- Establecer niveles de desempeño
- Evitar acciones de corrupción
- Legitimar la acción de supervisión

Para llevar a cabo las acciones de supervisión es indispensable la evaluación y por supuesto saber cuáles son los objetivos y metas; si no sabemos a dónde vamos, nunca sabremos en donde estamos. De la supervisión debemos esperar:

- Información veraz
- Información oportuna
- Calidad profesional
- Capacidad técnica
- Habilidad de asesoría



Fig. N°8.- Supervisión de capa de filtro.

Cuando nos referimos a supervisión, nos referimos a la que la misma organización tiene como capacidad instalada, así como a la externa contratada para complementar las carencias de la propia. La supervisión debe llevarse a cabo con los mejores recursos tecnológicos, tanto de informática como de comunicación; se considera importante la comunicación oportuna, para que la información de obra esté disponible en tiempo real para quien la ocupe. La supervisión es, por tanto, un elemento de la mayor importancia para el seguimiento, control y evaluación de las acciones de una instrucción. Lo que debe tenerse con mucho cuidado y detalle es la definición del tipo de supervisión que se requiere, cuáles son los alcances que se necesitan cubrir y cuáles los resultados esperados. Se puede tener una supervisión de amplia cobertura o de acciones limitadas; si una obra es muy importante es necesario definir, una plantilla de técnicos necesaria para esa obra, así como los alcances de su función. (Lic. Gerardo Ruiz Esparza, Mtro. Raul Murrieta Cummings, Ing. Clemente PoonHung, 2014)

7.5 Marco legal en el área de la supervisión

De acuerdo con la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas (LOPSRM) la Supervisión es un servicio, de entre muchos que se relacionan con la obra pública, según se cita a continuación.

- **Artículo 4.** Para los efectos de esta Ley, se consideran como Servicios Relacionados con las Obras Públicas, los trabajos que tengan por objeto concebir, diseñar y calcular los elementos que integran un proyecto de obra pública; las investigaciones, estudios, asesorías y consultorías que se vinculen con las acciones que regula esta Ley; la dirección o supervisión de la ejecución de las obras y los estudios que tengan por objeto rehabilitar, corregir o incrementar la eficiencia de las instalaciones. (MBA, Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión, 2012), (Lic. Gerardo Ruiz Esparza, Mtro. Raul Murrieta Cummings, Ing. Clemente PoonHung, 2014)

8 Comportamiento y Clasificación de los Pavimentos

8.1 Pavimentos

Los pavimentos se definen como el conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidas entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento y son soluciones para la configuración de caminos, siendo concebidos, diseñados y construidos pensando en mejorar y mantener condiciones óptimas para el tránsito de personas, de bienes y servicios, a lo largo de su vida útil.

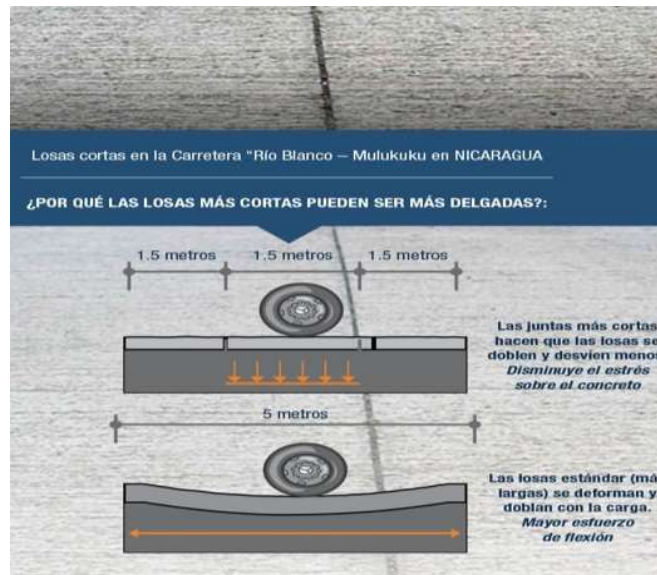


Fig. N° 22.- Comportamiento de un pavimento según las longitudes de las juntas.

Los pavimentos, son estructuras formadas por una carpeta de rodadura y un conjunto de capas granulares, simples o tratadas, que descansan sobre el suelo de cimentación, también conocido como: sub-rasante. El pavimento está diseñado para transferir y distribuir cargas vehiculares, durante un periodo de tiempo previamente establecido. Dado que, los esfuerzos producidos por el paso de las cargas vehiculares decrecen con la profundidad, se deben colocar los materiales de mayor capacidad portante en las capas superiores. Toda la estructura trabaja para proteger al suelo natural.

Las condiciones requeridas para un adecuado funcionamiento del pavimento son principalmente: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas prematuras, y tener una adecuada adherencia vehículo – pavimento, inclusive en condiciones húmedas.

Los pavimentos de concreto hidráulico han sido empleados como soluciones al transporte desde fines del siglo XIX, y constituyen una alternativa que es empleada hasta la actualidad.

El pavimento de concreto es reconocido por su larga durabilidad y resistencia, llegando a tener costos de mantenimiento mucho menores que los incurridos en la alternativa equivalente de pavimento asfáltico, no solo por los trabajos involucrados para realizar el mantenimiento de cada tipo de pavimento, sino también, por las menores frecuencias de paralización, que impactan socialmente a la población. Adicionalmente, por su naturaleza rígida, el pavimento de concreto requiere por lo general sólo una capa de material granular como sub-base, por lo que hay ahorros adicionales en costos de materiales y tiempos de trabajo.

En el artículo técnico: “Comparación a nivel de costos de inversión inicial entre las alternativas de pavimentación flexible y rígida”, presentado por el autor en el II Congreso Internacional de Pavimentos de Hormigón realizado en noviembre del 2011 en Florianópolis – Brasil, se demuestra la competitividad de los pavimentos de concreto JPCP, sobre todo para condiciones de tránsito elevado y suelo con CBR <

10% al 95% de máxima densidad seca. En este artículo se concluye que existe una variación de +/- 20% respecto a los costos de construcción entre ambas alternativas.

Existen, además, beneficios en seguridad y cuidado del medio ambiente que deben tenerse en cuenta al momento de evaluar las diferentes alternativas de pavimentación, como los descritos en la tabla 2. En seguridad vial, la superficie rugosa que presenta la carpeta de concreto permite una mejor adherencia; el color plomo, característico del material, lo hace tres veces más reflexivo que el asfalto, disminuyendo la probabilidad de accidentes. (El Pavimento Rígidos, s.f.), (MBA, Topicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervision, 2012)

Tabla N°2.- Beneficios de los pavimentos de concreto

Beneficios	Concreto
Seguridad Vial	<p>Reduce salpique de agua superficial (no se ahuella, no se empoza). Mejor adherencia superficial: textura rugosa para mejor adherencia entre pavimento y neumático.</p>
	<p><u>Mayor Visibilidad:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 3 veces más reflejante que el asfalto. • Ahorros en costos de iluminación en vías urbanas hasta un 30% de energía. <p><u>Planicidad Superficial:</u> Conserva textura superficial por más tiempo.</p>
Cuidado del Medio Ambiente	<p><u>Ahorro de combustible</u> en camiones puede ir de 0.8% a 6.9 % vs. asfalto.</p>
	<p>Se reducen las emisiones de dióxido de carbono y otras.</p>
	<p>Requiere 3 a 5 veces menos energía en su construcción, mantenimiento y rehabilitación.</p>
	<p>Es 100% reciclable</p>
	<p>Reduce el efecto del calor urbano, por su color claro y propiedades reflectoras.</p>

Fuente: Asociación Canadiense del Concreto Premezclado.

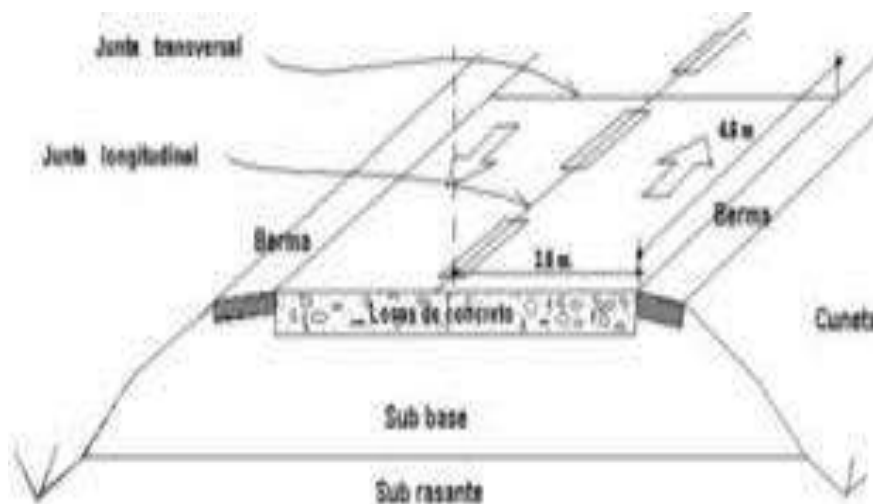
Por otro lado, el empleo de concreto hidráulico beneficia el cuidado del medio ambiente, logrando ahorros considerables de energía, tanto en el proceso de construcción como en el de operación.

Los pavimentos sirven para fines estructurales, funcionales y de seguridad, los cuales se detallan a continuación:

8.2 Finalidad de tipo estructural

El pavimento al distribuir las cargas bajo las ruedas de los vehículos sobre áreas suficientemente amplias como para evitar tensiones (superiores a su capacidad) en la capa inferior del pavimento.

La carga de la rueda sobre la superficie del pavimento se aplica en un área muy reducida, causando grandes tensiones. Sin embargo, estas tensiones van disminuyendo con la profundidad, el nivel de tensiones disminuye desde la capa superior a la inferior en las estructuras de pavimentos. (Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo (PCERC), s.f.), (Urbina., 2008)



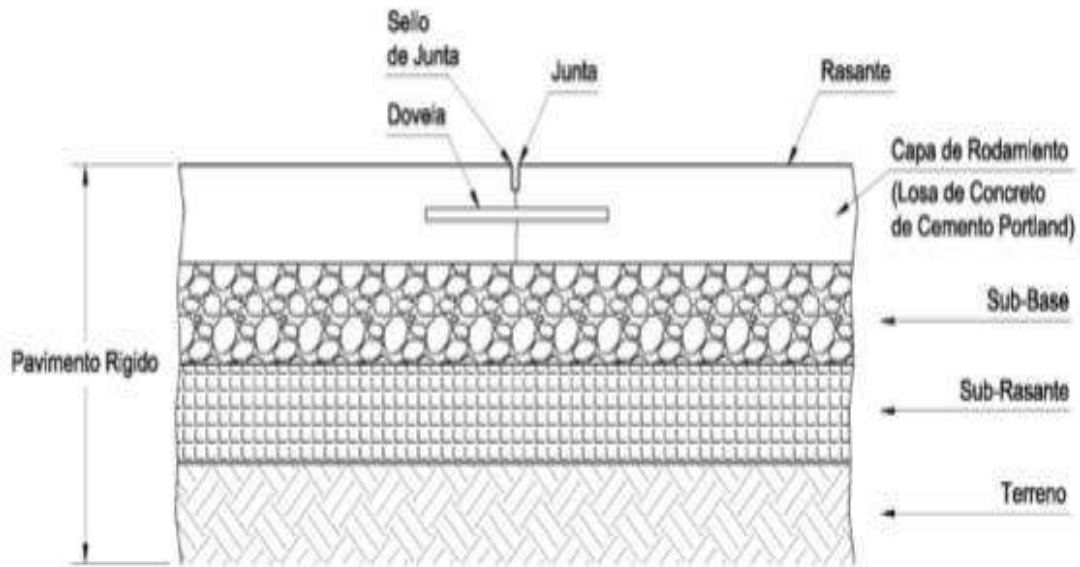


Fig. N°23.- Esquema básico de la estructura de un pavimento rígido.

8.3 Finalidad de tipo funcional

La estructura del pavimento está relacionada con los requisitos del usuario de un andar suave y cómodo.

La calidad del manejo se mide en términos del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), concepto desarrollado por la “American Association of State Highway Officials” (AASHTO). El PSI se mide principalmente según la rugosidad del terreno referida a los deterioros producidos por el uso y edad de los pavimentos y es uno de los criterios utilizados para la toma de decisiones respecto al mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción de pavimentos. (Diseño de Pavimentos Rígidos, s.f.)

Los típicos deterioros de los pavimentos son:

- Fisuras longitudinales y/o transversales
- Roturas
- Piel de cocodrilo
- Baches

- ahuellamientos

Estos deterioros pueden afectar la integridad estructural de los pavimentos y el nivel de servicio.

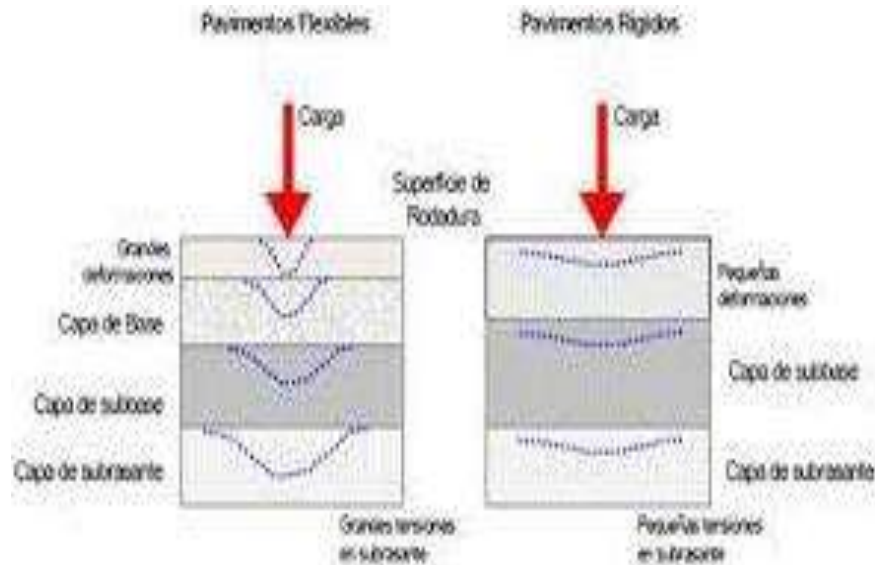


Fig. N° 24.- Estructura típica de un pavimento rígido.

8.4 Finalidad del pavimento en el aspecto de la seguridad

Relacionada con el desarrollo de la resistencia friccional y la interacción pavimento-rueda. La fricción se asegura con la elección de los materiales y diversos tratamientos superficiales (por ejemplo, texturizado). Otra característica relacionada con la seguridad es la reflectividad de la superficie del pavimento. Organismos internacionales como la “American Society of Testing Material” (ASTM) y la “European Committee for standardization” (CEN) definieron parámetros que son evaluados cuantitativamente y están basados en la reflectividad o capacidad de los materiales para reflejar la luz de su entorno. Estos parámetros son el Coeficiente de Retroluminancia Reflejada (RL) y el Coeficiente de Iluminación Difusa (QD). También, cabe destacar que se han creado diversidad de equipos denominados “Retroreflectómetros”, por medio de los cuales se determinan los coeficientes

anteriormente mencionados y se debe cumplir con los parámetros establecidos por el MOPTVDU. (Diseño de Pavimentos Rígidos, s.f.)

8.5 Comportamiento de los pavimentos

Los pavimentos deben ser diseñados, construidos y mantenidos con la finalidad de lograr un comportamiento funcional y estructural óptimo durante su ciclo de vida.

Comportamiento Funcional: son los aspectos que afectan la calidad de la carpeta de rodadura y por ello están relacionados con la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía.

Comportamiento Estructural: aspectos relacionados a la integridad como estructura del pavimento. Es la capacidad del pavimento para soportar la acción combinada del tránsito y el medioambiente.

Una adecuada construcción del pavimento es un parámetro que impacta enormemente en la durabilidad del mismo. Es decir, el pavimento comienza bien y a medida que las cargas de tránsito circulan a través de la carpeta se va deteriorando. El clima es un factor que también interviene en el deterioro de los pavimentos, y que recientemente ha sido incorporado en las metodologías de diseño. Ver esquema 3/1.

Esquema 1: Deterioro de los pavimentos en el ciclo de vida.



Un esquema de mantenimiento debe garantizar:

- Adecuado y oportuno mantenimiento a costo razonable.
- Mantenimiento con programas de largo plazo.
- Optimizar tanto costos como beneficios del sistema.
- Racionalizar el uso de los recursos disponibles.
- Efectuar un permanente control de los efectos sobre el medio ambiente.
- Implementar un control de la efectividad de la política de mantenimiento asumida. (MBA, Topics de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión, 2012)

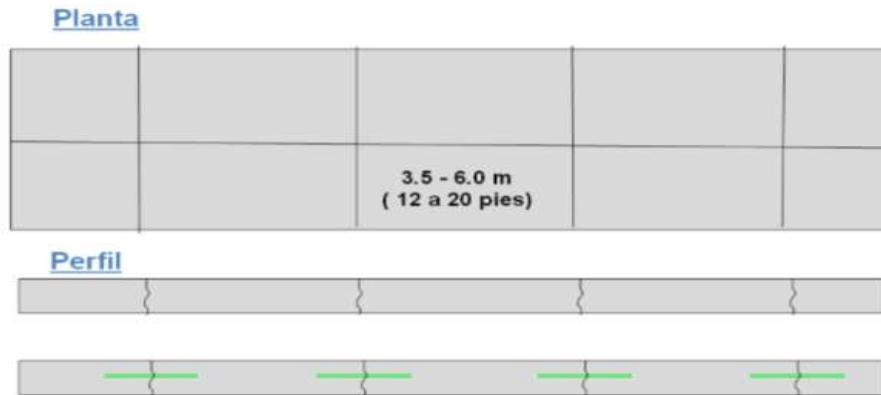
8.6 Clasificación de los pavimentos de concreto

Existen cuatro tipos de pavimentos de concreto utilizados en vías, los cuales se diferencian principalmente por la forma en que se distribuyen las juntas sobre la carpeta de rodadura.

- **Pavimento de concreto simple con juntas (JPCP):**

Se le conoce como JPCP (Jointed Plain Concrete Pavement, por sus siglas en inglés). En este tipo de pavimentos se requieren realizar juntas de contracción transversal que, en teoría, están espaciadas entre 3.5 y 6.0 m. La transferencia de carga entre paños adyacentes se puede dar mediante trabazón de agregados o mediante el empleo de pasadores. Las juntas inducen el agrietamiento, propio del comportamiento del concreto, por las tensiones originadas debido a los cambios de temperatura y humedad que experimenta la carpeta de rodadura. Aunque la teoría indica que se pueden alcanzar espaciamientos de 6.0 m, por la experiencia recogida en numerosos proyectos viales, se recomienda no superar los 4.5 m de espaciamiento entre paños.

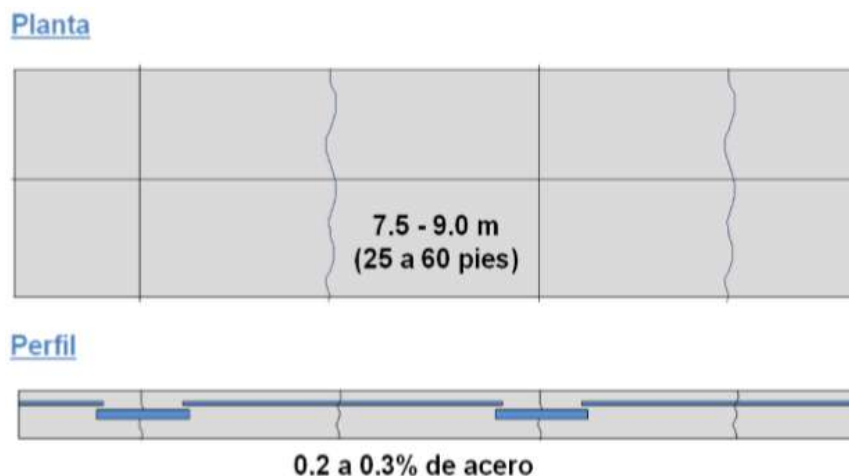
Esquema N° 2.- Pavimento de concreto simple con juntas



- Pavimento de concreto armado con barras transversales (JRCP):

Se le conoce como JRCP (Jointed Reinforced Concrete Pavement, por sus siglas en inglés). La carpeta de rodadura es de concreto reforzado con mallas de acero, permitiendo ampliar los espaciamientos entre las juntas transversales de contracción, llegando a distancias entre 7.5 y 9.0 m. Aunque tiene refuerzo moderado de acero, se espera que se produzcan fisuras controladas dentro de los paños. La transferencia de carga entre paños adyacentes se realiza mediante el empleo de pasadores. Las nuevas metodologías de diseño ya no lo consideran.

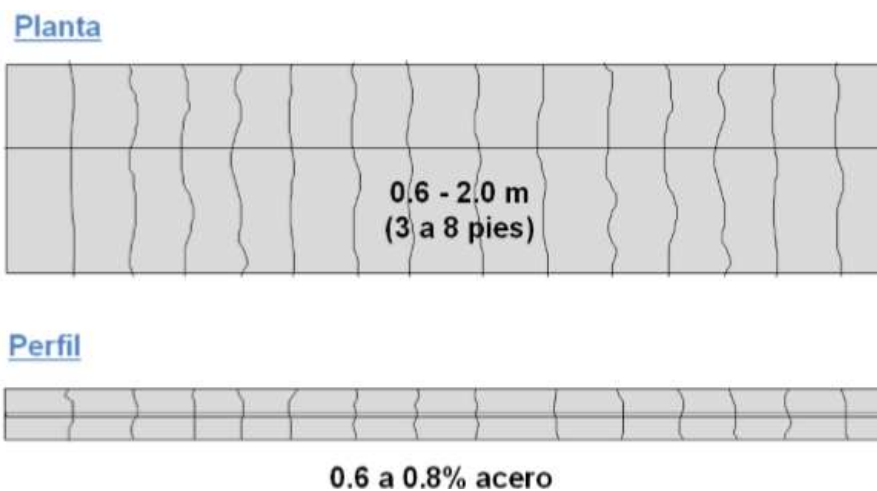
Esquema N° 3.- Pavimento de concreto reforzado con juntas.



- **Pavimentos de concreto continuamente reforzados (CRCP):**

Se les conoce como CRCP (Continuously Reinforced Concrete Pavement, por sus siglas en inglés). Las tensiones son controladas por una armadura de acero de bastante cuantía. Se espera la aparición de fisuras controladas a lo largo de todo el pavimento, con distancias que fluctúan entre 0.6 y 2.0 m., es un pavimento bastante usado en Europa.

Esquema N° 4.- Pavimento de concreto continuamente reforzado.



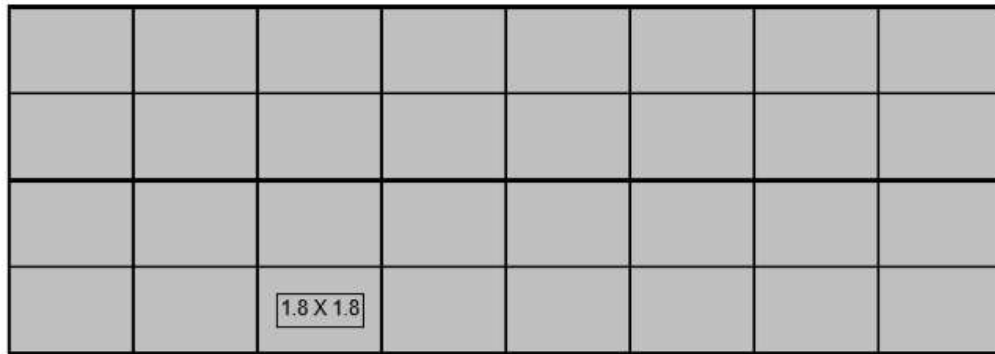
- **Pavimentos de concreto con losas cortas (Optipave):**

Es un tipo de pavimento que nace empíricamente en zonas de altura, donde los gradientes de temperatura y humedad son bastante altos. Tiene la particularidad de trabajar con losas de mucho menores dimensiones: 1.8 X 1.8 (aunque puede variar). Tiene dos objetivos principales:

- (1) Controlar la fisuración debido a condiciones climáticas extremas;
- (2) Optimizar espesores, dado que los esfuerzos de flexión que gobiernan las metodologías de diseño convencionales, son desplazados por los esfuerzos de compresión, en los que el concreto se comporta bastante bien, permitiendo reducir espesores (con la economía que ello involucra), para un mismo comportamiento esperado.

Recientemente, la empresa TCpavement® ha realizado estudios y obtenido relaciones mecanicistas que validan este tipo de diseños, trabajando con elementos finitos para obtener los esfuerzos y deformaciones. En el año 2012, es reconocido como un método de diseño válido por la Asociación Americana de Pavimentos de Concreto (ACPA, por sus siglas en inglés).

Esquema 5: Esquema de pavimentos de losas cortas.



En los tres primeros tipos de pavimentos de concreto (convencionales) se puede apreciar la tendencia por incrementar el espaciamiento entre juntas transversales. Esto debido a que las juntas son – a criterio de muchos especialistas - el punto más vulnerable de los pavimentos de concreto. Por las juntas ingresan materiales incompresibles que restringen el movimiento de los paños de concreto, por las juntas ingresa agua que erosiona las capas inferiores de soporte. Además, históricamente las juntas eran las responsables del bajo confort percibido por los usuarios de los pavimentos de concreto. Naturalmente, teniendo juntas con espesores mayores de 2 cm., y que eran selladas con asfalto en frío, se formaban barreras naturales y obstáculos para los vehículos que hacían incómodo transitar por el pavimento. Afortunadamente, con las nuevas tecnologías de corte de juntas, ahora se conciben con espesores de 6 mm, eliminando este tipo de problemas.

En las nuevas metodologías de diseño, como Empírico - Mecanicista del 2002 (MEPDG 2002, por sus siglas en inglés), ya no se trabaja con los pavimentos de

concreto reforzado con juntas JRCP, debido a que su comportamiento no ha sido el esperado. Los pavimentos de concreto continuamente reforzados CRCP, son especificados para periodos de diseño mayores a 30 años, por lo que es común apreciarlos en otras realidades como las de Estados Unidos y Europa. En América Latina, los pavimentos con los que se tiene experiencia y buenos resultados, son los de concreto simple con juntas JPCP, con respecto al pavimento de losas cortas (Optipave), es una metodología que tiene bastante experiencia sobre todo en países como Guatemala y Chile. En el Perú ya se tienen algunas experiencias de diseño y construcción para vías urbanas.

Se pueden encontrar, además, pavimentos de concreto pre-esforzado, postensados, reforzados con fibras de acero y concreto rodilladas (compactados con rodillos).

Existen también otros tipos de pavimento, como son los adoquines, empedrados y capas de suelo-cemento. (MBA, Topicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervision, 2012)

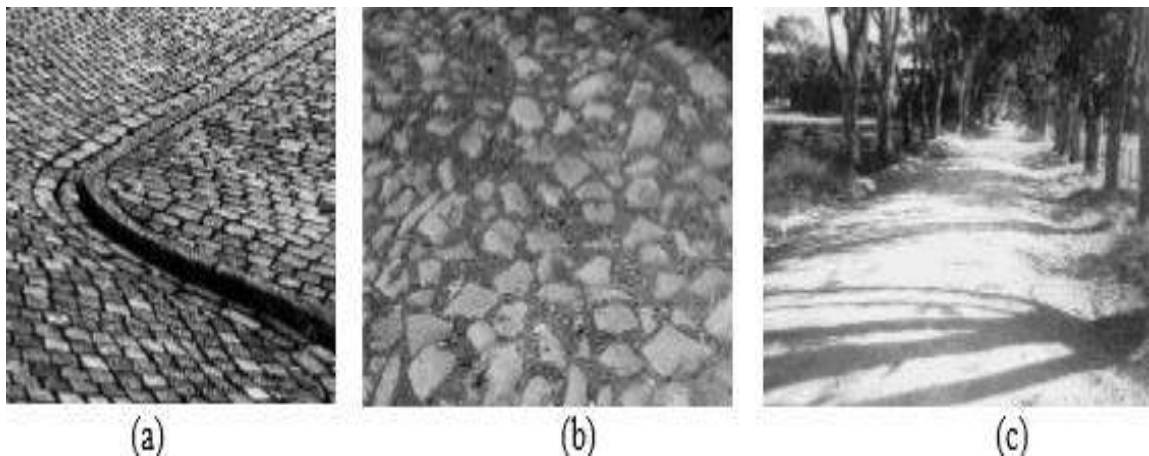


Fig. N°25.- Otros tipos de pavimentos (a) adoquines, (b) empedrados, (c) suelo-cemento.

8.7 Secciones de estructuras de pavimentos

Las secciones estructurales de pavimentos que se presentan a continuación son aplicables a carreteras nuevas tanto normales como de altas especificaciones. Se aplican los niveles de deterioro establecidos en el método de diseño del Instituto de Ingeniería de la UNAM (deformación permanente y agrietamiento por fatiga), con nivel de confianza 85% para carreteras normales y 95% para carreteras de altas especificaciones.

Para seleccionar las secciones estructurales de pavimentos es necesario definir el tránsito de proyecto (para un horizonte de proyecto de 20 años), la región donde se ubica el pavimento y el tipo de carretera que se pretende construir. Con estos datos de entrada se debe seleccionar el grupo de secciones estructurales de pavimentos que son adecuadas para la carretera en estudio. De las secciones propuestas, el diseñador debe seleccionar la más conveniente de acuerdo a la disponibilidad de materiales y costo de los mismos.

Es necesario aclarar que, en el caso de las bases estabilizadas con cemento hidráulico, se considera 25 cm como espesor mínimo recomendable, ya que la experiencia de otros países ha demostrado que no es conveniente colocar espesores inferiores.

En las siguientes páginas se muestran las secciones estructurales ordenadas por tipo de región y suma de ejes sencillos equivalentes, esperados en el horizonte de proyecto. (Dirección General de Servicios Técnicos, SCT)

CARRETERAS NORMALES

ΣEE	SECCIONES ESTRUCTURALES DE PAVIMENTOS				
	REGIÓN (R)				
	R1	R2	R3	R4	R5
$\leq 10'000,000$					
$> 10'000,000$ a $\leq 20'000,000$					
$> 20'000,000$ a $\leq 40'000,000$					
$> 40'000,000$ a $\leq 80'000,000$					
$> 80'000,000$					

Nota: Los espesores están en cm y las secciones no están a escala.



ΣEE = Sumatoria de ejes equivalentes R_n = Tipo de región

CARRETERAS DE ALTAS ESPECIFICACIONES

ΣEE	SECCIONES ESTRUCTURALES DE PAVIMENTOS				
	REGIÓN (R)				
	R1	R2	R3	R4	R5
$\leq 10'000,000$					
$> 10'000,000$ a $\leq 20'000,000$					
$> 20'000,000$ a $\leq 40'000,000$					
$> 40'000,000$ a $\leq 80'000,000$					
$> 80'000,000$					

Nota: Los espesores están en cm y las secciones no están a escala.

ΣEE = Sumatoria de ejes equivalentes R_n = Tipo de región

Tabla N°3.- Carreteras de altas especificaciones.

9 Proceso constructivo para pavimentos y cuáles son los más usados en Michoacán

9.1 Obras preliminares.

a) Control del tránsito durante la obra.

Dentro del control de tránsito durante el periodo de ejecución de los trabajos, regirán los siguientes reglamentos de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte:

- **Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras.**
- **Manual de Dispositivos Para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras.**

Además, deberá apegarse a las especificaciones tanto generales como particulares que la Junta de Caminos del Estado de México marque.

A continuación, se enlistan una serie de actividades necesarias para el control del tránsito durante la obra en donde se incluye los trabajos nocturnos:

- 1. Logística de pavimentación.**
- 2. Dispositivos para protección de obras (señalamientos).**
 - a) Trabajos diurnos.**
- 3. Protección del pavimento.**
- 4. Letreros informativos.**

(Ordoñez, 2008)

9.2 Logística de pavimentación

Se tuvo que levantar una parte del concreto hidráulico que tenía anteriormente ya que todo lo demás era terreno natural. Se inició en el sentido (Este – Oeste),

dejando libre la circulación que son 100 metros ya que esa fue la parte que estuvo a cargo uno de los residentes de obras públicas aun que en el proyecto eran 900 metros que se construirían de concreto hidráulico nada más que fueron por etapas, restantes en este sentido y el total del sentido opuesto, utilizando estos carriles en doble sentido para librar el tramo en construcción.

La distancia que se empezó en la primera etapa fue de 100 metros que se cerró el tránsito, se deberá ir moviendo de acuerdo el avance de pavimentación a lo largo de todo el carril en sentido hacia el oeste abarcando la segunda y tercera etapa respectivamente. Y ya teniendo un promedio de avance en la pavimentación de los metros lineales que se avanzaban diarios. El avance del proceso constructivo será en el sentido de la circulación, el tiempo de apertura al tránsito dependerá de que el concreto colocado haya obtenido como mínimo el 75 % de su resistencia a la flexión (7 días). Esto se verifica mediante la obtención del módulo de ruptura (MR), en el laboratorio de las vigas de prueba elaboradas durante los colados.

Antes de abrir a la circulación los tramos de pavimentación, deberán estar terminadas las labores de corte y sello de juntas, así como la limpieza general de la obra. Los trabajos de pavimentación se llevarán a cabo después de:

- Retirar cualquier material de desperdicio que interfiera en la calidad de la ejecución de los trabajos.



Fig. N°27.- Retiro de material de desperdicio.

Pero en nuestro caso no se retiró nada de concreto ya que la calle solo era de tierra y partes tenía material de base.

- Localizar y renivelar todo tipo de instalaciones subterráneas o superficiales de acuerdo el proyecto que se dio desde obras públicas.



Fig. N°28.- Instalación de tubería de agua potable y sanitario.

- Tender los materiales de las capas que indican las estructuras de pavimento y alcanzar todas las especificaciones particulares de cada capa como nivel de compactacion y espesor que fije el proyecto.



Fig. N°29.- Tendido de material.

- Localizar y respetar los puntos obligados que determine el proyecto geométrico tales como: curvas verticales y horizontales, ampliaciones, modificaciones, ubicaciones de instalaciones del pavimento, pendiente transversal y longitudinal de la vía, anchos de vía y detalles de construcción de la calzada conforme el proyecto o los que indique la dependencia. (Ordoñez, 2008)



Fig. N°30.- Localización de puntos que determine el proyecto geométrico.

9.3 Dispositivos para protección de obra (señalamientos).

a) Trabajos diurnos.

El señalamiento provisional durante la ejecución de las obras, se ejecutara a las disposiciones de protección contenidas en el capítulo VI del “Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en calles y Carreteras de la SCT”, edición 1986, en la inteligencia de que no se autorizara la iniciación de ninguna clase de trabajo hasta que se haya colocado, a satisfacción de la dependencia, las señales y dispositivos de protección respectivos, así como los bandereros, sujetándose como mínimo a la forma y distribución establecidas en el proyecto. (Ordoñez, 2008)



Fig. N°31.- Colocación de señalamientos.

9.4 Protección del pavimento.

Durante el tiempo de endurecimiento del concreto, deberá protegerse la superficie de las losas contra acciones accidentales de origen climático, de herramientas o pisadas de equipo o seres vivos que pueden dañar la superficie del pavimento durante su fraguado como se muestra en las siguientes figuras. Se deberá tener el personal para controlar el tránsito y se deberá instalar y mantener señales de precaución y alumbrado.



Fig. N° 32.- Protección del pavimento para evitar erosión del suelo y deformación del concreto.

En estas imágenes se puede ver muy bien que hubo daños en la superficie del pavimento provocado durante su fraguado por no protegerlo.

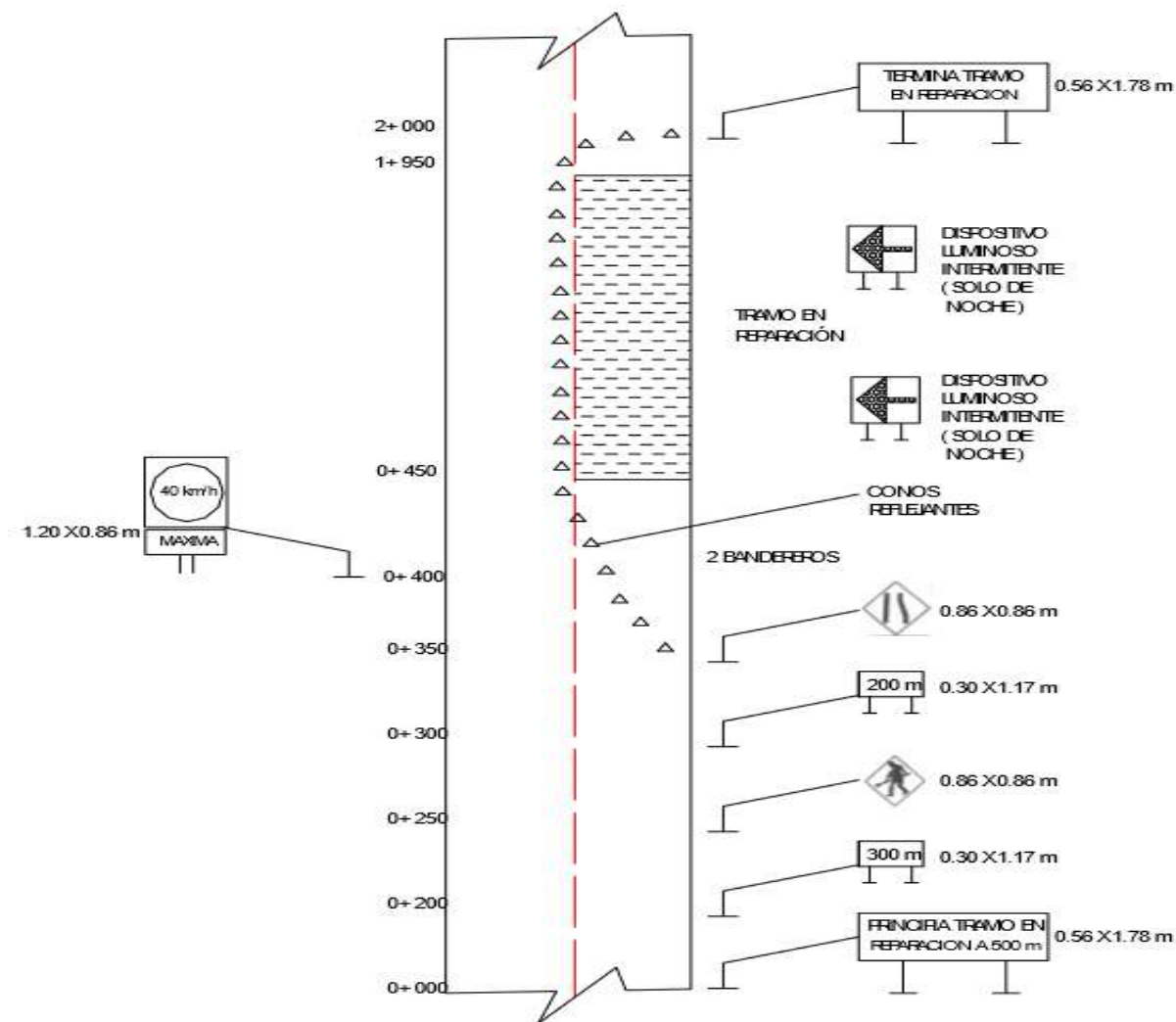
Cuando se presente lluvia, se deberán parar todas las operaciones de pavimentación y todo el personal disponible deberá empezar a cubrir la superficie del concreto en estado plástico con las cubiertas protectoras.

En el caso de la formación de capas de la estructura del pavimento tales como base y sub-base, también deberán interrumpirse en caso de lluvia. (Ordoñez, 2008)



Fig. N°33.- Colocación de cubiertas protectoras en casos de lluvia.

Dispositivos de señalamientos



Esquema N° 6.- Dispositivos de señalamientos.

9.5 Letreros informativos.

a) El contratista queda obligado a colocar en cada uno de los dos lugares que indiquen la dependencia un letrero informativo de la obra de 4.00 x 6.00 m con bastidor de madera y lamina cal. 18 y con la leyenda que se muestra en la siguiente figura.



Fig. N°34.- Letreros informativos sobre la obra.

b) Demolición del pavimento existente para alcanzar niveles de proyecto.

Después de los trabajos de exploración y muestreo, sabemos que se cuenta con la siguiente sección transversal del pavimento:

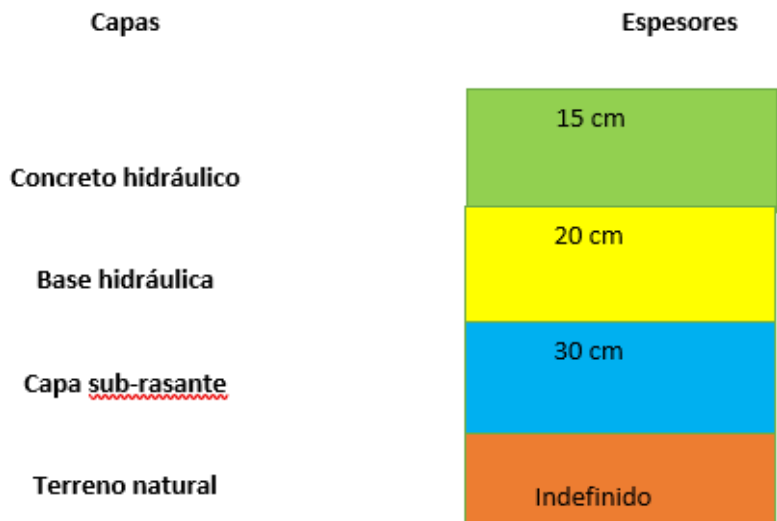


Fig. N°35.- Sección de proyecto a construir para los dos cuerpos.

9.6 Ubicación y protección de instalaciones subterráneas.

Para que se cumplan todas las actividades que involucra una ciudad urbanizada, es necesario que tanto las instalaciones internas como las superficies operen con efectividad.

Como ya sabemos, existen dos tipos de instalaciones en un pavimento urbano, las superficiales y las internas. Con respecto al papel que juegan en el momento de la construcción de la estructura del pavimento, ceba mencionar que es preciso ubicarlas horizontal y verticalmente para después protegerlas hasta el final del proceso constructivo.

Es por eso que la empresa que realice el proyecto ejecutivo de un pavimento urbano, deberá trabajar en conjunto con las empresas que lleven a cabo los proyectos de semaforización, telefonía, red de drenaje, etc. con el objetivo de integrar a la estructura del pavimento, los elementos que formaran parte de la infraestructura de las instalaciones. Estos elementos pueden ser entre otros:

- Tubos para conducción de aguas negras.
- Tubos para protección de cableado de alta tensión.
- Tubos para protección de cableado para telefonía y semaforización.
- Registros, rejillas, cajones de concreto o metálicos para mantenimiento de las líneas de tubería o cableado.
- Rieles para vías de ferrocarril.
- Guarniciones y banquetas.
- Cimentaciones especiales de otros elementos como poste, puentes, etc.

9.7 Trazo y nivelación del proyecto geométrico.

Debido a que la nueva estructura del pavimento de la calle Vicente Guerrero se reemplazara a los materiales existentes, los límites horizontales del trazo como son guarniciones y banquetas, se respetaran, facilitando así la construcción de la nueva sección. En el caso de alguna modificación de los trazos existentes, como los

retornos continuos, será necesario entregar el pliego de planos que comprendan el proyecto ejecutivo. Asimismo, se procede a trazar y nivelar el terreno, en base a los siguientes planos:

1. Plano general de localización. - este plano permitirá ubicar con exactitud el lugar donde se llevará a cabo la obra, donde podemos contar con:

- Orientación del tramo.
- Inicio y terminación del cadenamamiento.
- Elevaciones con respecto al nivel del mar.
- Intersecciones con calles o avenidas.
- Anchos de vía, etc.

2. Perfil topográfico longitudinal. - este plano permitirá conocer (en cualquier punto de la vía):

- pendiente longitudinal.
- Elevaciones con respecto al nivel del mar.
- Cambios de pendiente.
- Localización de las instalaciones.
- Intersecciones, etc.

3. Secciones transversales de la vía. - este plano contendrá las secciones de proyecto en metros con elevaciones determinadas que delimitaran verticalmente los espesores del nuevo pavimento.

4. Plano de instalaciones. - de este tipo de planos, existirán tantos como instalaciones existan en la vía, y deberán contener los datos de localización (en tres dimensiones) de los elementos a los que se refiera. Pueden ser instalaciones de:

- Alta tensión.
- Drenaje pluvial.
- Drenaje de aguas residuales.
- Instalaciones de telefonía.
- Instalaciones de semáforos.
- Fibra óptica.

- Vías del ferrocarril, etc.

5. Planos de especificaciones y detalles. - estos planos contienen de manera clara la información específica de algunos elementos que interactúan con el pavimento, como pueden ser:

- Cimentaciones especiales.
- Juntas de unión entre concreto y asfalto.
- Ampliaciones, guarniciones y banquetas.
- Secciones típicas y especiales, etc.

9.8 Construcción de la estructura del nuevo pavimento.

a) mejoramiento y compactación de la capa sub-rasante.

Con respecto a esta capa de la estructura del material existente, sabemos que se encontraba ubicada sobre el terreno natural. También recordaremos que, según los sondeos de exploración, solo era parte del terreno natural, aunque en algunos tramos de la vía tenía base.

Sabemos que su espesor promedio de la sub-rasante es de 30 cm y que, con respecto a la calidad de la capa, cumple cabalmente con las normas establecidas por la SCT, por lo que seguirá participando como capa sub-rasante dentro de la estructura del nuevo pavimento.

Con respecto al mejoramiento de la capa, tenemos las siguientes instrucciones para el caso de la construcción del concreto hidráulico, por contar la capa sub-rasante (filtro) con 30 cm de espesor se tirará el material y se tenderá para después compactara, aunque solo se acomodara el material ya que es un material grueso.

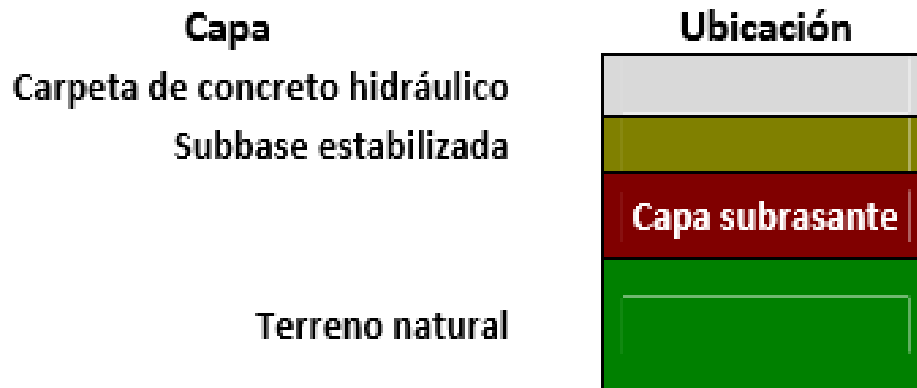


Fig. N°36.- Ubicación de la capa sub-rasante dentro de la estructura del nuevo pavimento.

b) Tendido y compactación del material de sub-base.

La construcción de esta capa es muy importante, ya que es el soporte de la carpeta de concreto hidráulico. Según el proyecto, la sub-base será tratada y deberá contar con el espesor de 20 cm y que se construirá con material de banco para después tirarla y tenderla en obra, así mismo proseguir con la compactación que debe llegar al 95 % de su P.V.S.M



Fig. N°37.- Compactación del material de cierta capa.

c) Cimbra metálica para el pavimento de concreto hidráulico premezclado.

1. cimbra fija

En proyectos de tamaños menores, como los proyectos denominados urbanos, en donde la producción del concreto se realiza en las plantas dosificadoras, que se tienen instaladas en las ciudades, el procedimiento de construcción de pavimentos que comúnmente se utiliza es el de cimbra fija. Para este tipo de cimbra se utilizan equipos tales como:

- Rodillos compactadores para concreto.
- Reglas vibratorias.



Fig. N°38.- Rodillos compactadores para concreto.

Así como en la calle Vicente Guerrero, estos equipos también pueden ser auxiliares en tramos donde se estén llevando a cabo colados con cimbra deslizante, debido a que son muy versátiles para atacar tramos que contengan áreas irregulares, detalles de construcción muy rebuscados, o gran cantidad de instalaciones superficiales que impidan el paso constante de la pavimentadora con cimbra deslizante.

No es recomendable la utilización de reglas vibratorias para colados de espesores superiores a 20 cm.



Fig. N°39.- Utilizacion de regla vibratoria.

Los rendimientos con este tipo de cimbra y equipo son relativamente mas bajos, pero sobre todo involucran un aumento en la mano de obra para realizar actividades previas y posteriores al colado tales como:

- Colocacion y nivelacion de los modulos metalicos de cimbra.
- Chequeo topografico del alineamiento vertical y horizontal de los mismo.
- Descimbra y acarreo de los modulos.

El revenimiento apropiado para la colocacion del concreto con cimbre fija es para superficies planas con pendientes ligeras de 4 a 7 cm y para superficies con pendientes mayores al 8% de 8 cm.

Antes de descargar el concreto debe estar disponible una longitud minima y alineada de modulos metalicos de cimbra. Esta longitud debe ser al menos la equivalente al avance de una hora de trabajo, los modulos metalicos se deben aceitar en su parte interior, antes de iniciar al vaciado del concreto para que se puedan desprender facilmente despues del fraguado.

Cualquiera que sea la longitud de los modulos metalicos de cimbra y de la losa, el concreto se debe de vibrar con la ayuda de vibradores internos para evitar la formacion de huecos, pero su accion en un mismo sitio se debe limitar a maximo 30 seg para no permitir la segregacion del concreto.

Al concreto compactado se le nivelala superficie conforme a los niveles que marca la cimbra, y se procede a darle acabado mecanicamente o a mano.

El retiro de los modulos metalicos de cimbra se puede realizar cuando el concreto tenga la dureza sufuciente y los riesgos de daños como despostillamientos o marcas esten descartados.



Fig. N°40.- Tramo de concreto hidraulico colado con cimbra metalica fija y regla vibratoria de concreto.

2. Cimbra deslizando

Los colados de concreto para pavimento bajo este metodo son el resultado de alta tecnologia, debido a que se llevan a cabo con maquinaria que trabaja con sensores de nivel electronico y ademas pueden realizar practicamente todas las funciones que involucra un colado de concreto hidraulico para pavimento. De esta manera, los equipos con cimbra deslizando arrojan grandes rendimientos con poca utilizacion de mano de obra.

Este tipo de equipos tambien incluye dentro de sus funciones basicas las de extender, vibrar, nivelar y alinear el concreto de acuerdo a las especificaciones de cada obra. Tambien puede contar opcionalmente con las funciones de pulido, y curado y texturizado.

A diferencia de los colados con el metodo de cimbra fija, los equipos que cuentan con cimbra deslizando se utilizan en colados masivos para calzadas o carreteras de gran longitud.



Fig. N°41.- Pavimento de una carretera con equipo de cimbra deslizante.

El funcionamiento básico de los equipos de cimbra deslizante se indica a continuación:

1. El concreto suministrado por los camiones transportadores de concreto se reparte uniformemente delante del equipo por un sistema doble de tornillo sin fin, o de una carreta que se desplaza hacia los lados en vaivén.
2. Luego se fluidifica el concreto con la ayuda de los vibradores de inmersión en número suficiente y por medio de tubos vibratorios. Esta vibración pone en movimiento los elementos sólidos del concreto, bota las burbujas de aire y así la compactación del concreto aumenta.
3. El concreto fluidificado se distribuye entre los módulos metálicos laterales deslizantes que se desplazan, a medida que el equipo avanza, deslizándose contra el concreto fresco que se acaba de colocar sobre la sub-base, en la cara superior hay una viga que nivela el concreto.
4. Por último, si lo incluye el equipo, los dispositivos de pulido, texturizado y curado del concreto fresco harán lo correspondiente.

Estos equipos se montan sobre un chasis soportado por dos, tres o cuatro orugas mediante gatos hidráulicos.

Para permitir el trabajo de estos elementos en buenas condiciones y obtener una losa uniforme, el equipo se controla horizontal y verticalmente teniendo como referencia uno o más hilos tendidos entre soportes fijados a los lados de la vía, a

una distancia determinada del eje y a una cota fija por encima del nivel calculado del borde de la losa. (Ordoñez, 2008)

d) El colado de concreto hidráulico premezclado para el pavimento.

Para explicar de manera detallada todo lo que involucra esta actividad, se ha ordenado la información de la siguiente manera:

- 1. Procedimiento constructivo.**
- 2. Especificaciones generales.**
- 3. Especificaciones generales.**
 - a. Agregados.
 - Grava (agregado grueso).
 - Arena (agregado fino).
 - b. Cemento.
 - c. Agua.
 - d. Aditivos.
 - e. Mezcla de concreto hidráulico.
 - Resistencia del concreto.
 - Revenimiento.
 - Relación agua/cemento.
 - Contenido de cemento.
 - Aire incluido.
- 4. Dispositivos de sujeción (barras de amarre).**
- 5. Dispositivos de transferencia de carga (pasa juntas).**
- 6. Tolerancias de construcción.**
 - a. Alineamiento de la pasa junta.
 - b. Espesor de la losa de concreto.
 - c. Espesor de la estructura del pavimento.
- 7. Criterios de medición y pago.**

1. Procedimiento constructivo.

La superficie sobre la que se colocará el concreto fresco deberá estar perfectamente limpia, ligeramente humedecida y libre de sustancias ajenas al concreto, terminada dentro de los niveles y tolerancia que más adelante se indican. Debido al colado de detalles pequeños, reemplazo de losas de concreto, o colado de ventanas pendientes, se podrán extender el concreto con rodillos compactadores de concreto o con regla vibratoria en los tramos que se requiera; de la misma manera se podrán realizar colados a mano.

Para que se autorizado el colado de las losas de concreto para el pavimento, se deben cumplir los requisitos solicitados de la capa de soporte (sub-base), como son:

- Grado de compactación.
- Pendientes transversales y longitudinales.
- Localización de instalaciones superficiales y subterráneas, etc.

2. Especificaciones generales.

Regirán las “Especificaciones Generales de la Secretaria de Comunicaciones y Transporte (SCT)”, las “Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras” de la misma secretaria; para el caso particular de la construcción de las losas de concreto tenemos:

- Título 3.01.02

Capítulo 26 Concreto hidráulico.

- Título 3.01.03

Capítulo 85 Acarreos de material para pavimentos.

- Título 4.01.02

Capítulo 4 Materiales para concreto hidráulico.

- Título 4.01.03



Fig. N°42.- Rodillos compactadores de concreto sobre cimbra fija



Fig. N°43.- Colocación manual de concreto

3. Especificaciones particulares

a) Agregados

En la elaboración de la mezcla y en la construcción de las losas de concreto hidráulico del pavimento, se emplearán materiales que en lo general cumplan con lo establecido en los capítulos 4.01.02.004 y 4.01.02.005 de las “Normas de Calidad de los Materiales” editadas por la SCT debiendo cumplir con los requisitos de calidad que a continuación se señalan:

Estos materiales se sujetarán al tratamiento o tratamientos necesarios para cumplir con los requisitos de calidad que se indica en cada caso, debiendo el contratista prever las características en el almacén y los tratamientos necesarios para su utilización. El manejo y/o almacenamiento subsecuente de los agregados, deberá

hacerse de tal manera que se eviten segregaciones o contaminaciones con sustancias u otros materiales perjudiciales y de que se mantenga una condición de humedad uniforme, antes de ser utilizados en la mezcla.

Reactividad de los agregados con los álcalis del cemento. - los agregados no deberán contener sustancias que reaccionen con los álcalis del cemento en una cantidad tal que cause la expansión excesiva del concreto.

Para garantizar que los agregados no contengan sustancias deletéreas se deberá hacer un análisis petrográfico mediante las pruebas ASTM C 295, si mediante esta prueba se detectan minerales potencialmente reactivos, se deberá realizar la prueba ASTM C 289.

En caso de que los agregados presenten contenido de carbonato de calcio, magnesio o hierro, usuales en calcitas dolomitas, magnesitas y sideritas o silicatos de magnesio tales como serpentinas se deberán realizar la prueba ASTM C 227.

- **Grava (agregado grueso)**

Los agregados gruesos y finos constituyen en conjunto cerca del 75 % del volumen de la mezcla de concreto, por lo que su calidad influye directamente en la eficacia, resistencia, durabilidad, y economía de la mezcla.

Las gravas deben responder a criterios de pureza, de forma y dureza. Estas gravas no deben ser sensibles a los agentes atmosféricos, especialmente al aumento del volumen en presencia del agua, y no deben contener más del 6 % de elementos alterados, blandos o frágiles.



Fig. N°44.- acá se muestra el tipo de arena que se utilizó para el concreto.

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de agregado comprendido entre 4.75 y 50 mm, resistencia superior a la resistencia de la concreta señalada en el proyecto, y podrá contar con una secuencia granulométrica.

Con objetivo de obtener concreto de alta calidad, facilitar su construcción, evitar riesgos de segregación y lograr un mejor acabado superficial, el tamaño máximo recomendado del agregado grueso para el concreto es de 2 "(5 cm) que no debe ser mayor de la cuarta parte del espesor de la capa en la que se va a utilizar. Debe también mencionarse que, a mayor tamaño máximo, se requiere menor cantidad de pasta de cemento y, por lo tanto, menor consumo de cemento para alcanzar la resistencia requerida.

- **Arena (agregado fino).**

El agregado fino constituye cerca del 50 % del volumen total de los agregados, y está compuesto por partículas menores de 4.76 mm (malla No. 4). El contenido de agregado fino tiene influencia sobre la dosificación, aspereza de la mezcla, propensión al sangrado y costo.

La arena debe ser pura, y en particular, exenta de arcilla, limo y otras sustancias peligrosas susceptibles de hidratarse en presencia de agua. Como casi nunca se

recubre el pavimento de concreto con otro material, la parte final, en especial la fracción menor que 1 mm, debe ser resistente al desgaste.

Por otra parte, investigaciones recientes relativas a las condiciones adecuadas de micro textura han demostrado que es muy importante la dureza de las partículas con tamaños entre 0.1 y 1 mm, por lo que se recomienda la presencia de 30 % de partículas silíceas, cumpliendo con la especificación ASTM D 3042.



Fig. N°45.- Se muestra el tipo de arena que se utilizó para el concreto.

b. Cemento

A continuación, se mencionan los tipos de cemento existentes, ya que en algunos casos se requerirá de alguno de ellos:

Tipo I “Normal”. - Es un cemento para empleo general.

Tipo II “Calor moderado”. - Este cemento es empleado en pavimentos donde compuestos químicos tales como sulfatos están presentes en concentraciones mayores que las normales. Este tipo de cemento generará menor de cantidad de calor, y su desarrollo de resistencia será más lento que el cemento tipo I.

Tipo III “Rápida resistencia”. - Con este tipo de cemento se alcanzan altas resistencias en periodos cortos, generalmente una semana o menos, y puede utilizarse en pavimentos de apertura rápida al tránsito (fast track).

Tipo IV “Bajo calor de hidratación”. - Este cemento se emplea cuando la cantidad y el ritmo de calor generados por el cemento deben ser minimizados. Se utiliza generalmente en colados masivos.

Tipo V “Resistencia a los sulfatos”. - Este cemento se emplea cuando el concreto va a quedar expuesto a la acción severa de sulfatos.

Cemento Portland puzolánicos y de escoria de alto horno. - Actualmente se están desarrollando técnicas para el mejor empleo de las puzolanas, tales como las cenizas volantes y los materiales cementantes producto de la escoria de alto horno, con lo cual se fabricarán cementos constituidos por mezclas de cemento portland con los materiales citados. Así se obtienen, entre otro, los dos tipos de cemento que se indican más adelante, los cuales permiten aprovechar sus propiedades cementantes, emplear menos cemento portland en el concreto y lograr resultados similares o mejores que los obtenidos con el uso de cemento normal en trabajos de pavimentación. Entre las ventajas que suelen obtenerse al emplear mezclas de cemento portland con dichas adiciones activas figuran el mantener lo más bajo posible al calor de hidratación, inhibir la reacción álcali-agregado, moderar el ataque de sulfatos y obtener una gran economía en zonas donde las puzolanas son notoriamente más baratas que el cemento, al cual llegan a sustituir hasta en 35 % en peso.

Cemento Portland puzolánico, tipos IP e IPM. - Se fabrican mezclando cenizas volantes o puzolanas antes de la molienda. El sufijo M denota que el cemento desarrolla moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Cemento Portland con escorias de alto horno tipo IS e ISM. - Están constituidos por una mezcla hecha a base de cemento portland, cemento de escoria producido de la molienda de escoria de alto horno rápidamente enfriada. El sufijo M denota el efecto ya indicado

c. Agua

Es importante para el desarrollo de la hidratación del cemento y como lubricante, además no debe contener impurezas que puedan interferir en la hidratación del

cemento, retardando el fraguado y reduciendo la resistencia del concreto, principalmente.

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites grasas, materia orgánica, etc. y no deberá contener cantidades mayores de las sustancias químicas que las que se indican en la siguiente tabla, en partes por millón:

Sustancia perjudiciales permisibles en el agua	
Sustancias perjudiciales	ppm, máximo
Sulfatos (convertidos a $\text{Na}_2 \text{SO}_4$)	1,000
Cloruros (convertidos a NaCl)	1,000
Materia orgánica (óxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

Tabla N°4.- Sustancias perjudiciales permisibles en el agua.

d. Aditivos

Un aditivo es un producto que incorporado en pequeñas cantidades dentro del concreto o el mortero en el momento de su mezcla, o extendido sobre la superficie de los mismos, cuando están aún en estado plástico, provocan modificaciones inherentes a sus propiedades habituales o a su comportamiento. Su empleo no debe deteriorar a largo plazo las características del concreto o mortero. Se trata en general de productos químicos muy activos. Las normas establecen por lo general un empleo del 0.5 % o menos del peso del cemento. Los aditivos más frecuentes utilizados son:

- **Inclusores de aire.** - Introducen micro-burbujas de aire en la mezcla de concreto, que mejoran su maleabilidad en estado plástico y la durabilidad. Su eficacia puede ser afectada por los siguientes factores: concentración del aditivo; presencia de otros aditivos; tiempo y velocidad de mezclado; contenido de agua; granulometría y forma de los agregados; temperatura; contenido de cemento y de finos.

- **reductores de agua.** - Minimizan las cargas eléctricas entre las partículas de cemento, disgregándolas y dispersándolas en la mezcla, reduciendo en consecuencia la cantidad de agua requerida y mejorando la eficacia del cemento, sin afectar la maleabilidad e incrementando inclusive, la resistencia del concreto. Hay aditivos reductores de agua que retardan o aceleran el tiempo de hidratación del cemento.
- **Retardantes de fraguado.** - Pueden retardar significativamente el tiempo de fraguado del concreto, y se emplean por lo regular en trabajos de clima cálido, o cuando el concreto se coloca en dos capas y se desea evitar juntas frías entre ellas.
- **Acelerantes de fraguado.** - se utilizan cuando se requiere que el concreto alcance rápidamente el fraguado inicial y/o una rápida resistencia. Generalmente se utiliza en climas fríos para acelerar el fraguado del concreto y minimizar el tiempo durante el cual debe ser protegido contra temperaturas de congelamiento. También se utiliza en colados que requieren una rápida apertura al tránsito.
- **Reductores de agua de alto rango.** - se conoce también como superfluidificantes y se emplean en trabajos de pavimentación en los que se utilicen métodos manuales o se requieran concretos autonivelantes. Mejoran notablemente la maleabilidad de la mezcla.
- **Aditivos puzolánicos.** - El aditivo más frecuente de este tipo es la ceniza volante, que reacciona químicamente para formar un compuesto cementante y se emplea en combinación con el cemento, reemplazando una determinada cantidad de este, con un ahorro en el costo. Ayuda también a mejorar la maleabilidad de la mezcla cuando existe una deficiencia en el contenido de agregados finos, a aumentar la resistencia, y minimizar la reacción de los álcalis del cemento.

e. Mezcla de concreto hidráulico

El concreto deberá ser premezclado profesionalmente y deberá ser suministrado de manera continua para el tramo preparado, según el programa diario de colado para evitar al máximo las juntas frías y detención del equipo de pavimentación, lo cual afectaría la calidad de la superficie.

- **Resistencia de concreto hidráulico**

La resistencia del concreto se determinará mediante ensayos de tensión por flexión realizados a especímenes de 15 x 15 x 60 cm, que serán modelados durante el colado del concreto, compactando las muestras por vibra-compresión. Una vez curados adecuadamente los especímenes, se ensayarán conforme al procedimiento establecido en la Norma ASTM C 78.

Se deberán obtener 3 especímenes para la prueba de tensión por flexión por cada 100 metros lineales o fracción del concreto colado en un día, siguiendo el procedimiento establecido en la Norma ASTM C172. Un espécimen será probado a los 7 días de edad y los otros dos a los 28 días de edad.

Cuando la resistencia del concreto a temprana edad limite la apertura del pavimento al tránsito, podrá ser necesario obtener especímenes adicionales.

Se considera que un concreto hidráulico cumple con el requisito de resistencia fijada en el proyecto cuando se verifique lo siguiente:

- Que el promedio de la resistencia a la tensión por flexión, de cada 3 especímenes consecutivos, sea igual o mayor que la resistencia a la tensión por flexión fijada en el proyecto a los 28 días de edad.
- Que en los mismo 3 especímenes a que se refiere el punto anterior, cuando menos dos tengan una resistencia igual o mayor al 90 % de la resistencia fijada en el proyecto para los 28 días de edad.

En el caso de que el concreto no cumpla las dos solicitudes anteriores las losas coladas con esa mezcla serán demolidas y se rediseñara la mezcla hasta alcanzar los valores establecidos de resistencia.

- **Revenimiento del concreto.**

El concreto utilizado en pavimentación debe evitar tener agua en demasía que produzca un sangrado excesivo durante su colocación, y grietas de contracción al endurecer, aunque sin afectar la maleabilidad y compactación del concreto. Por esta razón es que, en general, se especifican revenimientos bajos para este tipo de concreto, como se indica en la siguiente tabla:

Revenimientos recomendados en el concreto

Tipo de construcción	Revenimiento recomendado (cm)
Con cimbra deslizante	1.00 a 6.00
Con cimbra fija	4.00 a 7.00
Colocación manual	10.00 máximo

Tabla N° 5.- Revenimiento para el concreto.

Los factores que afecta el revenimiento son, entre otros:

- Contenido de agua.
- Granulometría y relación de agregados gruesos a finos.
- Forma y textura del agregado.
- Uso de aditivos.
- Temperatura.

Cuando sean colados con cimbra deslizante. - el revenimiento promedio de la mezcla de concreto deberá ser de 4 cm al momento de su colocación, nunca deberá ser menos de 2.5 cm ni mayor de 6 cm. La mezcla que no cumplan con este requisito deberá ser destinada a otras obras de concreto como banquetas y guarniciones y no se permitirá su colocación para otras losas de concreto.

Cuando sean colocados con cimbra fija, ya sea con rodillos compactadores concreto, reglas vibratorias o manualmente. - El revenimiento promedio de la mezcla de concreto deberá ser de $8 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ al momento de su colocación.

- **Relación agua/cemento.**

Con objeto de controlar el contenido de agua, así como alcanzar las resistencias de proyecto y la durabilidad deseada del concreto, se limita la relación agua/cemento debiendo tenerse en cuenta que, en general, la relación agua/cemento debe ser la menos posible, ubicándose entre 0.46 y 0.54.

- **Contenido de cemento.**

Para obtener concretos de gran durabilidad, resistentes a la acción de tránsito y de los factores ambientales, se recomienda que, como mínimo el contenido de cemento sea de 300 kg/m^3 .

- **Aire incluido.**

Es conveniente la presencia de aire incluido en el concreto para aumentar su maleabilidad cuando está fresco y proporcionarles mayor durabilidad y resistencia a los factores ambientales, debiendo estar presente en una proporción no mayor del 6 % de la mezcla, aunque también se relaciona con el tamaño máximo del agregado según la siguiente tabla:

Contenido de aire incluido en mezclas de concreto

Tamaño máximo del agregado (cm)	Aire incluido (%)
3.8 - 5.0	5 ± 1
2.0 - 2.5	6 ± 1
0.9 - 1.3	7.5 ± 1

4. Dispositivos de sujeción (barras de amarre).

En las juntas que en las juntas que puede mostrarse en un proyecto y/o en los sitios que indique la dependencia, se colocaran barras de amarre con el propósito de evitar el corrimiento o desplazamiento de las losas. Las barras serán varillas corrugadas de acero estructural de $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) de diámetro y 75 cm de longitud, con límite de fluencia $f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$, debiendo quedar ahogadas en las losas, con las dimensiones y en la posición indicada en el proyecto.



Fig. N°46.- Barras de amarre a lo largo de una junta longitudinal.

Las barras de amarre deberán colocarse en las juntas longitudinales en forma perpendicular a estas, a lo largo de la junta de construcción longitudinal, de tal manera que queden unidas las dos franjas de pavimentación. Las barras de amarre deberán mantenerse en posición paralela a la superficie del pavimento y a la mitad del espesor de la losa. Cuando las barras de amarre se coloquen en juntas de construcción, estas deberán doblarse. (Ordoñez, 2008)

5. Dispositivos de transferencia de carga (pasajuntas).

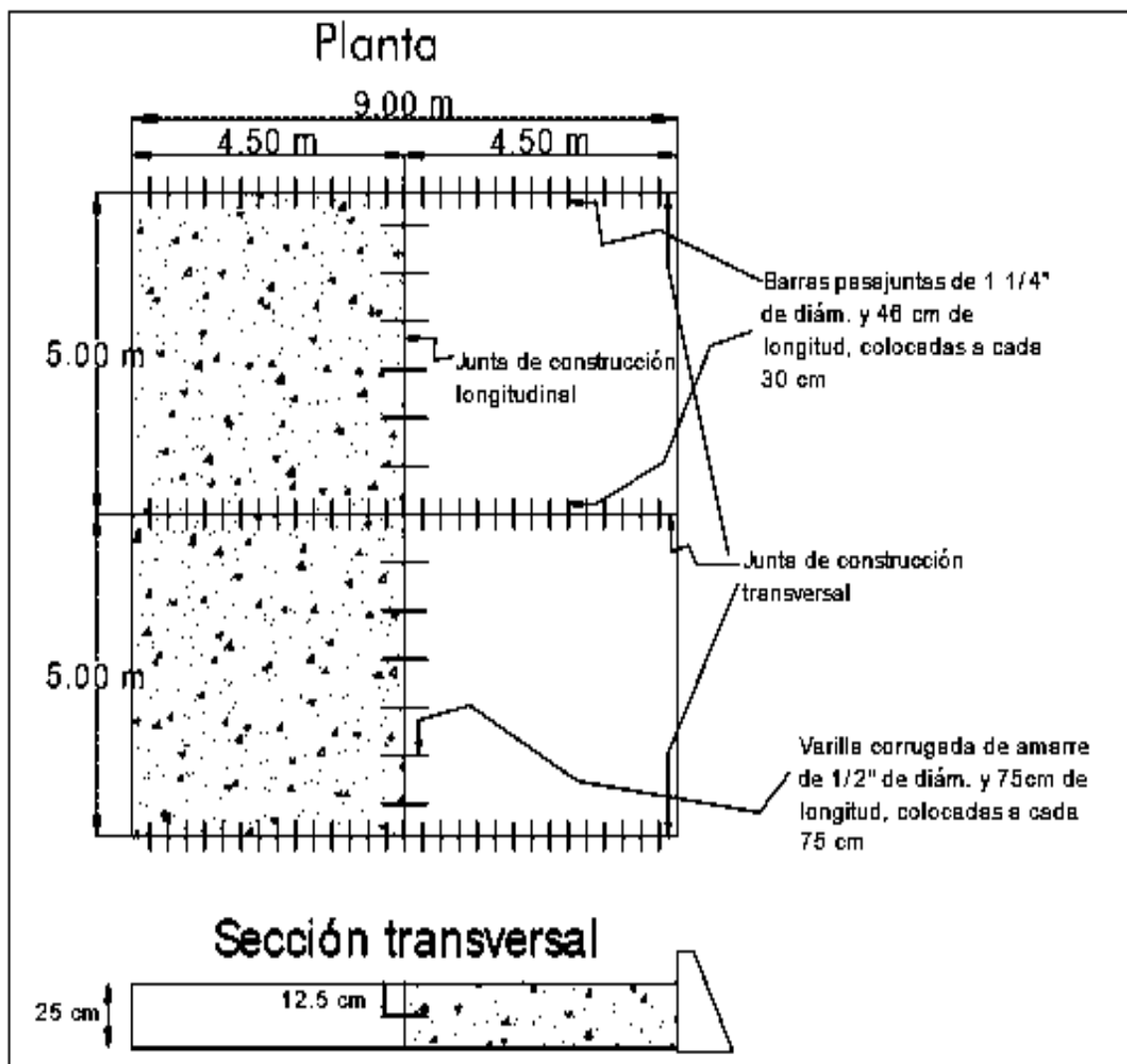
En las juntas transversales de contracción, de construcción, y en los sitios que indiquen la dependencia, se colocara pasajuntas como mecanismos para garantizar

la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes. Las barras serán de acero redondo liso de 1 ¼" (31.75 mm) de diámetro por 46 cm de longitud separadas a cada 30 cm a lo largo de las juntas transversales de contracción y de construcción y deberán quedar ahogadas en las losas en la posición y con las dimensiones indicadas por el proyecto (figura 42). Ambos extremos de las pasajuntas deberán ser lisos y estar libres de rebabas cortantes. El acero deberá cumplir con la norma ASTM A 615 grado 60 ($f_y=4,200 \text{ kg/cm}^2$) y deberá ser recubierta con asfalto, parafina, grasa o cualquier otro medio que impida efectivamente la adherencia del acero con el concreto y que sea aprobado por la dependencia.



Fig. N°47.- Barras pasa juntas a lo largo de una junta transversal.

Las pasa juntas podrán ser instaladas en la posición indicada en el proyecto por medios mecánicos, o bien por medio de la instalación de canastas metálicas de sujeción. Las canastas de sujeción deberán asegurar la pasa juntas en la posición correcta como se indica en el proyecto durante el colado y acabado del concreto, mas no deberán impedir el movimiento longitudinal de la misma.



Esquema N° 7.- Colocación de barras de amarre y barras pasa juntas.

6. Tolerancia de construcción

Para dar por terminada la construcción de las losas de concreto hidráulico se verificarán el alineamiento, la sección en su forma, espesor, anchura y acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por la dependencia con las tolerancias que marco la tabla siguiente.

Pendiente transversal con respecto a la del proyecto	+ 0.5%
Anchura de la superficie, del eje a la orilla	± 1 cm
Espesor de las losas con respecto al de proyecto, para cada tramo de 500.00 m de longitud	0.5 cm
Resistencia al rozamiento	0.7 mínimo
Indice de perfil para cada tramo de 200.00 m de longitud	16 cm/km máximo
Profundidad de las depresiones observadas con regla de 3.00 m en cualquier dirección	0.5 cm máximo
IRI (índice de irregularidad superficial)	12 m/km máximo

Tabla N°7.- Tolerancia de construcción para las losas de concreto.

Con la finalidad de conocer el estado de la irregularidad de la superficie de rodamiento, se efectuarán las mediciones necesarias con equipo de alto rendimiento y precisión, que cumpla con las normas ASTM E-950. El equipo deberá recorrer todos los carriles de circulación a las velocidades de operación de la vialidad. El IRI se calculará a cada 20.00 m.

a. Alineamiento de la pasa juntas

Se deberá revisar la posición y alimentación correcta de la pasa juntas. La tolerancia máxima permisible en el alineamiento de la pasa juntas no deberá exceder del 2 % o 6 mm por cada 300 mm. En el plano horizontal y vertical.

b. Espesor de la losa de concreto.

Se deberán extraer núcleos del pavimento de concreto en los lugares especificados, después de que se hayan llevado a cabo todas las correcciones requeridas y antes de que se efectúe la aceptación final del pavimento. El espesor del pavimento se deberá determinar siguiendo los lineamientos de las especificaciones ASTM C 42 y ASTM C 174.

Para el propósito de establecer un precio unitario ejecutado del pavimento, se consideran unidades de 150.00 m de longitud en cada carril de circulación.

La dependencia extraerá un núcleo del pavimento por cada tramo de 150.00 m en cada carril de circulación en el lugar especificado o seleccionado aleatoriamente. Cuando el espesor del pavimento medido según los lineamientos de la especificación ASTM C 174 no sea deficiente en más de 5 mm con respecto al especificado en los documentos de construcción, se efectuará el pago por completo de la unidad. Cuando el espesor del pavimento sea suficiente en más de 5 mm, pero en menos de 20 mm, se deberán obtener 2 núcleos adicionales dentro del tramo en estudios a costo del contratista. Los 2 núcleos adicionales para cualquier unidad de 150.00 m deberán ser obtenidos a intervalos no menores de 50.00 m.

Si el promedio del espesor de la losa obtenido de los 3 núcleos no es eficiente en más de 5 mm, se efectuará el pago completo de la unidad.

En el caso de que el promedio del espesor de losas obtenido a partir de los 3 núcleos sea deficiente en más de 5 mm, pero no menos que 20 mm, se pagara un precio ajustado de la unidad según se indica en la siguiente tabla de Ajustes de Precios por Espesor de estas especificaciones, empleando para esto el espesor de losas promedio obtenido a partir de los 3 núcleos de concreto.

El pago de las losas de concreto para cada tramo de análisis de 150.00 m por carril se efectuará de acuerdo a la siguiente tabla de tolerancias. La diferencia en espesor determinada por núcleos será el resultado de aplicar los procedimientos anteriormente descritos por cada tramo de análisis de 150.00 m por carril de circulación.

Deficiencia en espesor de losa determinada por núcleos por cada tramo de 500 m	Factor de ajuste aplicable sobre el precio unitario contratado
De 0.0 a 5.0 mm	1.00
De 5.1 a 7.5 mm	0.85
De 7.6 a 10.0 mm	0.75
De 10.1 a 12.5 mm	0.65
De 12.6 a 20.0 mm	0.50
De 20.1 a 25.0 mm	0
Mayor que 25.0 mm o 1/8 del esp. de proyecto	Sustituir

Tabla N°8.- Ajuste de precio por espesor.

Cualquier área del pavimento que sea deficiente por más de 20 mm, pero no por más del valor mayor entre 25 mm, o un 1/8 del espesor indicado en los documentos de construcción no será sujeta de pago al contratista.

Cualquier área de pavimento que se encuentre deficiente en más de 25 mm o 1/8 del espesor indicado de la losa den los documentos de construcción lo que sea mayor, deberá ser removida y reemplazada con concreto del espesor indicado en los documentos de construcción sin que el contratista reciba pago alguno por los trabajos adicionales.

c. Espesor de la estructura del pavimento.

Para la aceptación final de las losas de concreto, deberá verificarse que los espesores promedio realmente obtenidos en toda la estructura del pavimento, sean iguales que los correspondientes al proyecto, con las tolerancias que indican en la tabla N°9.

Capas	Tolerancia
Subbase	+ - 1.0 cm
Estructura total del pavimento (subbase + losa)	+ - 1.0 cm

Tabla N°9.- Tolerancias de espesor para la estructura del pavimento.

7. Criterios de medición y pago.

Las losas de concreto hidráulico, por unidad de obra terminada, se medirán tomando como unidad el m³ de concreto, con el módulo de resistencia a la tensión por flexión fijado en el proyecto, las tolerancias de acabado, de espesor de losa, y de alineamiento. Los volúmenes construidos se cubicarán en las mismas losas por medio de seccionamiento a cada 10.00 m siguiendo el método de promedio de áreas extremas.

En las losas de concreto hidráulico que constituirán el pavimento, se considerara el volumen fijado por el proyecto y se pagara al precio fijado en el contrato para el m³ sujeto a los ajustes de precio correspondientes al cumplimiento de las tolerancias indicadas en estas especificaciones en cuanto a espesores de losa e índice de perfil.

El precio unitario incluye lo que corresponda por: cargas y descargas de los materiales, todos los acarrees y maniobras necesarias para los materiales y los desperdicios de ellos; adquisición del cemento Portland del tipo fijado en el proyecto y sus acarrees y desperdicios y de los aditivos que se requieran en el lugar de la obra; amortización del valor de fabricación o adquisición de los moldes y su transporte, preparación, colocación, materiales necesarios y remoción de los moldes; elaboración del concreto con el cemento y aditivos que se requieran, acarreo de la mezcla desde el sitio de su fabricación hasta el sitio de su colocación, agua para el humedecimiento de las base de apoyo de las losas; humedecimiento de los moldes, acabado superficial y corrección de imperfecciones mediante llana o fresado; texturizado; curado de las losas y de juntas aserradas, aserrado de juntas y corrección de reposición de sellos por defectos de sus bordes si es necesario; limpieza de las juntas y sellado, el acero para las pasa juntas y barras de amarre, incluyendo sus transportes y colocación; los tiempos de los vehículos empleados en los transportes; durante las cargas y descargas; protección a las estructuras o partes de ellas, verificación de los acabados y texturizados y en general de todo lo necesario para la correcta ejecución de los trabajos, a satisfacción de la dependencia, así como todos los inherentes a la corrección de desperfectos en el pavimento según lo indique la dependencia.

e) Texturizado de la superficie del pavimento de concreto.

Este proceso resulta ser muy importante, ya que el texturizado de la superficie brindara al pavimento características de rugosidad, liberación de agua superficial, eliminación de ruidos, apariencia agradable, iluminación adecuada y sobre todo seguridad al transitar.

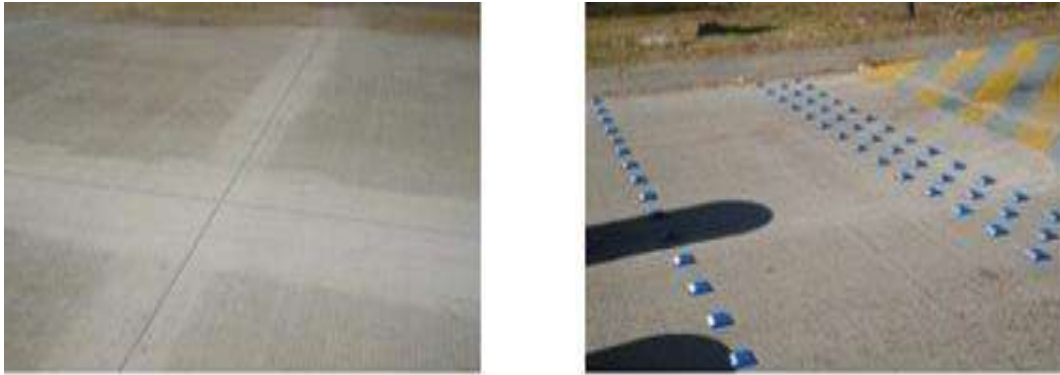


Fig. N°48.- Texturizado de la superficie del pavimento.

El acabado final del concreto es primordial para los resultados de la pavimentación, requiere de gran cuidado durante la operación de texturizar al fraguado la superficie, ya que, en comparación con el pavimento flexible o algún camino revestido, el concreto hidráulico fraguara con las marcas que se tengan en la superficie como huella de seres vivos o cualquier objeto extraño que se coloque sobre la superficie mientras se encuentra en estado plástico.

De esta manera tenemos las siguientes características para la textura superficial del pavimento:

- La superficie del pavimento deberá presentar una textura uniforme y externa de segregaciones.
- La profundidad de la textura superficial, determinada de acuerdo con el método del círculo de arena descrito en la especificación ASTM E 965, deberá estar comprendida entre 0.7 y 1.0 mm.
- La profundidad media de la textura superficial deberá estar dentro de los límites específicos y ninguno de los resultados individuales podrá ser inferior a 0.5 mm.

Con respecto a la actividad de texturizado y sus estándares de calidad, se describen los siguientes puntos:

- 1) **Procedimiento constructivo.**
- 2) **Resistencia al derrapamiento.**
- 3) **Rugosidad.**
- 4) **Ajuste de precio por calidad de la superficie del pavimento.**
- 5) **Trabajos de corrección de la superficie del pavimento.**
- 6) **Equipos de medición de la textura superficial del pavimento.**

1. Procedimiento constructivo.

Una vez tendida y conformada la losa de concreto, se espera un tiempo suficiente, hasta que desaparezca el exceso de agua de sangrado después del afinado con llana de la superficie para posteriormente dar una pasada con tela de yute y así efectuar un primer micro texturizado que elimine la superficie lisa que deje la llana metálica.

Posteriormente se procede a realizar el marco texturizado transversal en forma manual o mecánica mediante una rastra de alambre en forma de peine, con las características que muestra la siguiente tabla:

Separación entre dientes	20 mm
Ancho de dientes	3 mm
Profundidad de penetración máxima	6mm
Profundidad de penetración mínima	3mm

Tabla N°10.- Características del peine texturizador.



Fig. N°49.- Peine con dientes metálicos para texturizado transversal manual.

El acabado final deberá proporcionar una superficie de rodamiento con las características máxima de seguridad (**coeficiente de fricción**) y de comodidad (**índice de perfil**).

2. Resistencia al derrapamiento.

La resistencia al derrapamiento se medirá con un dispositivo de medición continua y en condiciones de superficie mojada, tipo Mu-meter o similar, tal y como se establece en el procedimiento específico en la norma ASTM E 670, debiendo cumplir con los valores de la siguiente tabla como mínimo.

Tipo de vialidad	Velocidad de prueba (Km/h)	Resistencia mínima al derramamiento
Autopistas y carreteras de primer orden	95	0.60
	65	0.70

Tabla N°11.- Valores de resistencia mínima al derramamiento.

3. Rugosidad.

Se considera que se alcanzará la rugosidad o regularidad superficial deseada si se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones:

- Las irregularidades del pavimento, controladas con una regla móvil de una longitud de 3 m provista de registrador gráfico (perfilómetro), no deben ser superiores a 3 mm longitudinalmente ni a 6 mm transversalmente.
- La uniformidad superficial de un lote, medida por el índice de perfil, según se indica en la especificación ASTM E 1274, no debe ser superior al límite fijado de 10 pul/milla (16 cm/km).

4. Ajuste de precio por calidad de la superficie del pavimento.

De acuerdo a las condiciones de rugosidad que debe cumplir la superficie del pavimento, los ajustes en el precio unitario de la losa de concreto por calidad de la superficie terminada del pavimento serna de acuerdo a la siguiente tabla:

Indice de Perfil cm/km por cada tramo de 200.00 m	Factor de ajuste aplicable sobre el precio contratado
5.0 o menos	1.05
5.1 a 6.5	1.04
6.6 a 8	1.03
8.1 a 9.5	1.02
9.6 a 11	1.01
11.1 a 16	1.00
16.1 a 18.5	0.98
18.6 a 20	0.96
20.1 a 21.5	0.94
21.6 a 23	0.92
23.1 a 25	0.90
mayor que 25	Corregir

Tabla N°12.- Factores de ajuste aplicable al precio unitario por calidad de superficie terminada.

5. Trabajos de corrección a la superficie de pavimento.

Todos los trabajos de corrección que deberán efectuarse a la superficie terminada del pavimento serán con cargo al contratista. Todo método de corrección de la superficie del pavimento será aprobado por la dependencia. No se le permitirá al contratista efectuar trabajos de corrección por medio del empleo de equipos de impacto que puedan dañar la estructura del pavimento ni mediante resanes superficiales adheridos.

Una vez que se efectúen los trabajos de corrección de la superficie del pavimento donde así se requiera, el contratista deberá restablecer a satisfacción de la dependencia, la textura de dicha superficie.

Todos los trabajos de corrección de calidad de superficie del pavimento deberán ser efectuados antes de que se determinen los espesores de losa para pago.

6. Equipos de medición de la textura superficial del pavimento.

Existe una gran variedad de mediciones de fricción en la actualidad. La variación en cuanto a los métodos de medición y los tipos de aparatos es sumamente grande. Existe un tipo de medido de fricción que puede obtener un espectro de resultados que permite tener resultados correspondientes a los obtenidos con dos o más equipos diferentes, este tipo de aparato es el que vamos a describir más adelante.

Equipo norsemeter

El equipo de Norsemeter especialmente diseñado para la medición de fricción y el análisis de las características de la superficie del pavimento en caminos es la unidad ROAR Mark II (Road Analyzer and Recorded) y se usa en las siguientes áreas:

- Administración de pavimentos.
- Medición para la operación del pavimento.
- Aprobación de pavimentos nuevos.
- Investigación de pavimentos.
- Medición de servicio.
- Investigación de accidentes de tránsito.
- Aseguramiento de calidad en pavimentos.
- Pistas de prueba de vehículos.
- Análisis de pistas de carreras, etc.

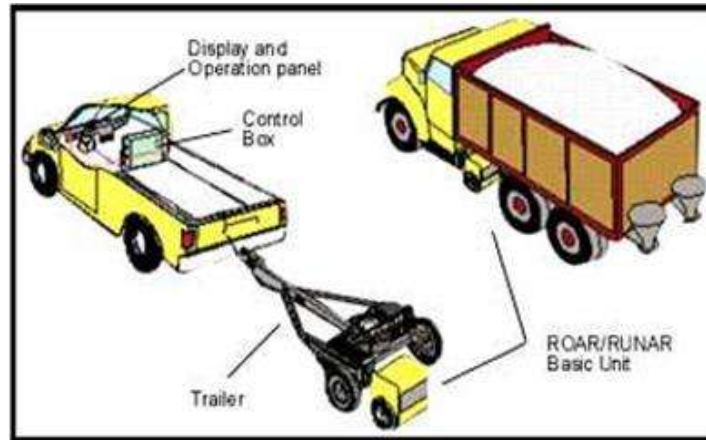


Fig. N° 50.- Equipo para medición de calidad de la superficie del pavimento ROAR Mark II (Road Analyzer and Recorded).

Algunas de las características generales que describen al equipo son:

- Medición de fricción, textura y drenaje.
- Medición en condiciones húmedas o secas, en cualquier época del año.
- Reporta el índice internacional de fricción (IFI) y la fricción máxima (peak friction).
- Mediciones a velocidades entre 20 y 130 km/h.
- Cuenta con software de análisis para interpretar y presentar las mediciones.
- Genera el espectro completo de la fricción.

La unidad puede ser montada en la parte trasera de un vehículo o remolcada en un tráiler con su propio sistema de humedecimiento.

Ofrece distintos modos de operación, ya que puede hacer mediciones bajo los métodos de deslizamiento fijo (fixed slip), deslizamiento variable (variable slip) o ambos.

Al medir la fricción con el método de deslizamiento variable, se obtiene:

- Fricción máxima (Peak Friction Number).
- Velocidad de deslizamiento crítica (Critical Slip Speed).
- Índice internacional de fricción, IFI (International Friction Number).

- Factor de forma, de acuerdo al Modelo de Fricción Rado.

Al medir la fricción con el método de deslizamiento fijo, se obtiene:

- Valor promedio de fricción para la sección seleccionada.

Perfilografo computarizado.

Existen varios tipos de perfilografos en el mercado, sin embargo, en este caso nos vamos a referir al perfilografo tipo California. Este aparato permite medir el perfil longitudinal del pavimento.



Fig. N°51.- Equipo para medición de calidad de la superficie del pavimento.
Perfilografo tipo California.

El perfilografo tipo California tiene las siguientes características:

- Armadura de aluminio.
- Longitud 7.62 m.
- Ancho 0.40m.
- Altura 1.40 m.
- Computadora e impresora de uso rudo y estuche. (incluye software para medición de perfil en el sistema métrico ingles).
- Generador de 120 VAC.
- Separación no uniforme de las ruedas.
- Separación máxima entre ruedas extremas 10.1 m.

- Ruedas a 0.31 m. de la estructura.
- Diámetro de la rueda móvil mínimo 6" (15.24) colocada al centro de la estructura.
- Peso aproximado 204.5 kg.
- Escala vertical 1":1" y horizontal 1":25 pies.
- Puede ser desarmado y transportado en un remolque o camioneta.

f) El curado del concreto hidraulico premezclado.

Como se sabe, el concreto hidráulico es una mezcla de grava (agregado grueso), arena (agregado fino), cemento y agua; elementos que deben mantener su porcentaje de participación a lo largo del proceso del fraguado para que los resultados teóricos del diseño de la mezcla en cuanto a resistencia sean exitosos.

De esta manera tenemos que por su estado físico (líquido), el agua es de los elementos anteriores el más propenso a apartarse de la mezcla.

Ya que el proceso de fraguado es una reacción química en la cual se genera calor, además de la temperatura que proporcionan los rayos solares, es preciso evitar que el concreto pierda una gran cantidad de agua y con ello provocar grietas del tipo plástico en la superficie.

Durante el proceso de colado de pavimento, existen dos casos en los que se puede perder agua de la mezcla.

1. Cuando la capa de soporte absorbe agua de la mezcla. - Si la capa de soporte del tramo a colar es de material pétreo, mezcla asfáltica o incluso concreto hidráulico, debido a la temperatura ambiental y características de absorción de la capa, al depositar la mezcla de concreto sobre esta superficie, el concreto pierde agua que es absorbida por la capa en la que se va a colocar.

2. Cuando la mezcla de concreto pierde agua por evaporación. - Durante el proceso de colado del pavimento de concreto, pero especialmente cuando ya han sido terminadas las actividades de acabado y texturizado, el concreto queda a

merced de la intemperie, en donde los rayos solares y las ráfagas de viento, provocan la evaporación del agua de la mezcla.

Este tipo de problema se pueden solucionar humedeciendo con agua (sin crear charcos) la capa de soporte en la cual se colocará el concreto.

En el caso de las sub-bases de material pétreo, también se puede sellar previamente con una emulsión asfáltica que proporcione una superficie impermeable.

Para proteger la mezcla de las acciones anteriores se utiliza una membrana de curado que creara una pantalla impermeable sobre toda la superficie del concreto expuesta a la intemperie.

Proceso constructivo.

La operación de curado del concreto, se efectuará aplicando en la superficie una membrana de curado del concreto, se efectuará aplicando en la superficie una membrana de curado a razón de un litro por metro cuadrado (1 lt/m^2), para obtener un espesor uniforme de aproximadamente 1 mm, que deje una membrana impermeable y consistente, de color claro, que impida la evaporación del agua que contiene la mezcla del concreto fresco.

La aplicación de la membrana de curado se hace mediante la irrigación de compuesto curadores sobre la losa de concreto fresco, con ayuda de equipos especiales integrados en las pavimentadoras. Este trabajo lo hace la texturizadora-curadora, donde hay un depósito de membrana de curado y conductos que llevan el líquido hasta los aspersores o espreas.



Fig. N°52.- La texturizadora - curadora aplicando la membrana de curado al pavimento.

Los compuestos curadores más adecuados tienen un pigmento de color blanco, esto les dé la ventaja de concentrar el calor en el concreto y permiten distinguir las zonas ya tratadas y la uniformidad de su aplicación. El compuesto curador se aplica inmediatamente después de efectuarse el texturizado transversal, aunque en ocasiones y con el fin de proteger el concreto de la acción del sol y vientos fuertes rasantes, se puede hacer en dos etapas aplicando la primera antes del micro texturizado y la segunda después del texturizado transversal. Hay que realizar la aplicación de la membrana también sobre el borde vertical de la losa. El espesor de la membrana podrá reducirse si, de acuerdo con las características del producto que se use, se puede garantizar su integridad, cubrimiento de la losa y duración, de acuerdo con las especificaciones del fabricante de la membrana de curado.

Durante el tiempo de endurecimiento del concreto, deberá protegerse la superficie de las losas contra acciones accidentales de origen climático, de herramientas o del paso del equipo o seres vivos.

Especificaciones para la membrana de curado.

Para el curado de la superficie del concreto recién colado, deberá emplearse una membrana de curado de emulsión en agua y base parafina de color claro, el que deberá cumplir con los requisitos de calidad que se describen en la norma ASTM C 171, ASTM C 309, tipo 2, clase A, AASHTO M 148, tipo 2, clase A. este tipo de

membranas evitan que se tapen las espreas de los equipos de rociado. Deberá aplicarse apropiadamente para proveer un sello impermeable que optimiza la retención del agua de la mezcla. El pigmento blanco refleja los rayos solares ayudando a mantener la superficie más fresca y prevenir la acumulación de calor.

g) Los cortes transversales y longitudinales de las losas.

Debido a que el concreto se contrae durante el proceso de fraguado y por estar apoyado sobre toda una superficie fija, se generan esfuerzos de tensión al cambiar de volumen que a su vez producen agrietamientos.

La función de realizar juntas de contracción cortadas con disco es para inducir al concreto la ruta que deben de seguir sus agrietamientos por contracción y evitar que se propaguen en cualquier dirección.

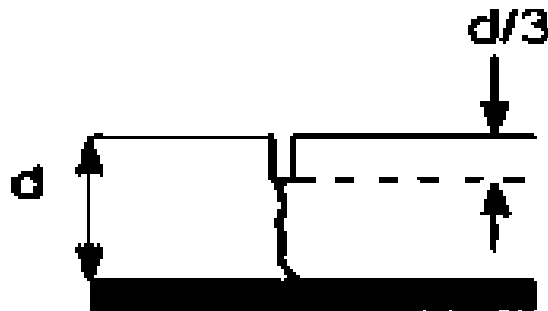
El proceso de cortar las losas de concreto, se realizará después del curado de las losas. Los cortes de las juntas de contracción se realizan con equipo de corte con disco de diamante cuando el concreto tiene un cierto grado de endurecimiento y las contracciones son inferiores a aquellas que causan el agrietamiento (4 a 6 horas aproximadamente).

Las cortadoras utilizadas en este tipo de operación deberán ser autopropulsadas y con una potencia que este entre los 20 y 40 HP. Las juntas deberán ajustarse a las dimensiones y características descritas en el proyecto. Los cortes deben realizarse a una profundidad de un tercio del espesor. No debe cortarse toda la profundidad de la losa o todo su espesor.



Fig. N°53.- Cortadoras con disco de diamante para realizar el aserrado del concreto.

Al debilitar el espesor de la losa a dos tercios, se obliga a la losa de concreto a fracturarse en este punto, además de que en la parte inferior se transmitirán fuerzas cortantes por la trabazón que existe en los agregados del concreto, entre una losa y otra.



Si $d_e=25$ cm entonces la profundidad del corte será de 8.5 cm

Esquema N° 8.- Profundidad del corte en función del espesor de la losa.

Deberá realizarse un primer corte para garantizar la inducción adecuada de las grietas de contracción, con un ancho de 3 mm (1/8") utilizando un solo disco de corte y cortando a una profundidad de un tercio del espesor. Posteriormente se deberá hacer el ensanche de las juntas con otro disco de corte de 6 mm (1/4") y la

profundidad de este corte será menos de un tercio del espesor y estará regida por el factor de forma que se le vaya a dar al sellado.

En general las funciones principales de los cortes es auxiliar al concreto a que sus cambios de volumen generados por las variaciones de temperatura no le provoquen grietas.

h) El sello de los cortes transversales y longitudinales de las losas.

La función del sellador es la de evitar que partículas solidas incomprensibles penetren en la junta y puedan generar desportilladuras en los bordes de las losas debido al movimiento de las misma como se muestra en la siguiente figura. Otra función es la de impedir que el agua de la superficie pueda penetrar a la estructura de soporte y evitar problemas de expulsión de finos, perdida de soporte y reducción de resistencia del material de sub-base.

El sello que sea utilizado, deberá resistir las repeticiones de contracción y expansión, por cambios de temperatura y humedad que se presentes en el medio ambiente, además del concreto con los combustibles y aceites derramados por los vehículos.

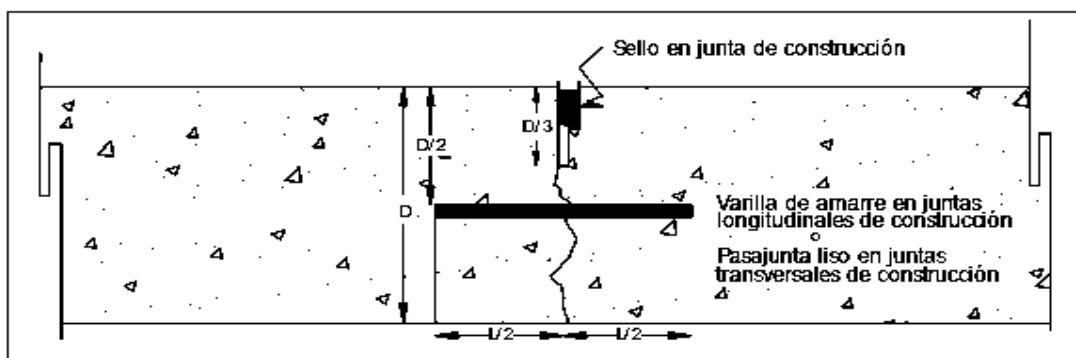


Figura 208.- Sellado para juntas del pavimento de concreto hidráulico.

Esquema N° 9.- Sellado para juntas del pavimento de concreto hidráulico.

Para sellar las juntas, es necesario realizar una limpieza previa, la cual se hará con agua a presión y escobillas para dejar completamente limpia la junta, posteriormente, mediante aire a presión se secará la junta en su totalidad.

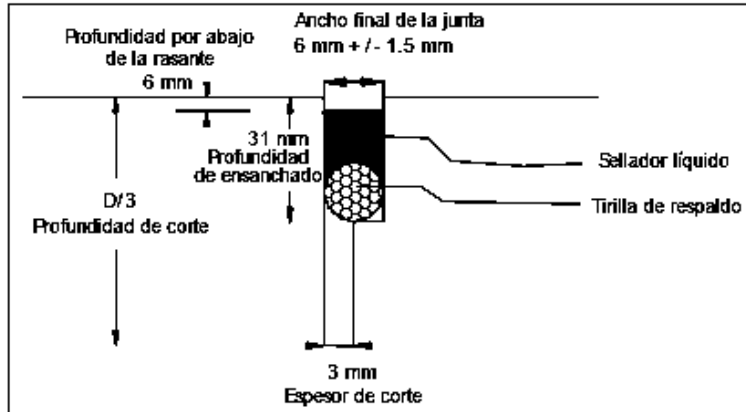
Una vez secas las paredes de la junta, se coloca la tirilla de respaldo, cuyas funciones son evitar que el sello en estado líquido se desperdicie en toda la grieta y definir el factor de forma que deberá guardar el sello, inmediatamente después se coloca el sellador dentro de la junta respetando las indicaciones del fabricante en cuanto a su factor de forma y modo de aplicación.

Es necesario que la superficie del sellador se aloje por debajo de la superficie de rodamiento entre 3 y 6 mm, con el fin de evitar que entre en contacto con los neumáticos de los vehículos y se pueda deteriorar.

Existen muchos materiales aceptados para el sellado de juntas en los pavimentos de concreto, pero es importante que el sellador sea un material autonivelante, de un solo componente, elástico, resistente a los efectos de combustibles y aceites automotrices, con propiedades adherentes al concreto y que permita las dilataciones y contracciones que se presenten en las losas sin agrietarse, y que solidifique a temperatura ambiente.

La clasificación más simple, divide a los materiales para sello en:

- **Sellos líquidos.** - Los sellos líquidos pueden ser colocados en frío o en caliente, ambos tienen un solo componente, son autonivelables, toman la forma del depósito y dependen en gran parte de la adhesión de las caras de la junta para un sellado satisfactorio como se muestra en la siguiente figura.



Esquema N° 10.- El sellador líquido para las juntas del pavimento de concreto.

Puede ser colocado en frío o en caliente, según su tipo.

Los sellos líquidos colocados en caliente requieren calentarse a temperaturas entre los 177 y 204 °C para su adecuada colocación.

Los que son colocados en frío, contienen como ingrediente básico un polímero de silicón. El silicón se cura al exponerse al medio ambiente durante su aplicación.

Para la colocación de este tipo de sellos intervienen dos elementos y son:

Tirilla de respaldo.

Este es un elemento muy importante en la instalación de los sellos líquidos, ya que impide que el sello líquido fluya hasta el fondo de la junta, evitando la adhesión del sello con el fondo del depósito, además la tirilla de respaldo sirve para definir el factor de forma y optimizar la cantidad de sellador empleado. Se instalan en el depósito de la junta antes que se coloque el sello líquido, mediante una herramienta que presiona a la tirilla a la profundidad requerida para obtener el factor de forma deseado. Su diámetro deberá ser un 25 % más grande que el ancho del depósito para asegurar que entre ajustado.

Depósito para el sellado de la junta.

El factor de forma es crítico para el buen comportamiento a largo plazo de un sellador. Debido a que la sección del sello de las juntas cambia durante la expansión y contracción del pavimento de concreto, se desarrollaran esfuerzos en el interior del sellador y a lo largo de la línea de unión de este con el depósito de la junta. Los esfuerzos pueden ser excesivos si el factor de forma no es el apropiado para el material de sello. La tabla que se muestra a continuación muestra factores de forma comunes para sello líquido y para sellos a compresión. Un depósito para sello de junta con factor de forma igual o menos a uno desarrolla menos esfuerzos en el sellado que si tuviera un factor de forma superior a uno.

Factores de forma más comunes para los selladores

Tipo de sellador	Factor de forma	$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Ancho}}{\text{Profundidad}}$
Líquido	2	
Premoldeado	No se basa en el factor de forma	

Tabla N°13.- Factores de forma más comunes para los selladores.

Nota: El factor de forma ancho/profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y como máximo 2:1.

Sellos premoldeados. - los sellos premoldeados son moldeados durante su fabricación y dependen en gran parte de la recuperación de la compresión para un sellado satisfactorio. El diseño del depósito y la selección del sello a compresión deberán asegurar que el sello se mantenga siempre a un nivel de compresión entre el 20 y el 50 %. La profundidad del depósito debe exceder de la profundidad del sello a compresión, pero no se relaciona directamente con el ancho del depósito.

A diferencia de los sellos líquidos que son sometidos a compresión y tensión, los sellos premoldeados o a compresión son diseñados para estar a tensión durante toda su vida.

Estos sellos requieren de un lubricante que, aunque cuenta con algunas propiedades adhesivas, su principal función es lubricar durante la instalación.

El mejor comportamiento de sellos premoldeados es con aquellos que cuentan con el mejor 5 celdas. La siguiente figura muestra una sección de este tipo de selladores.

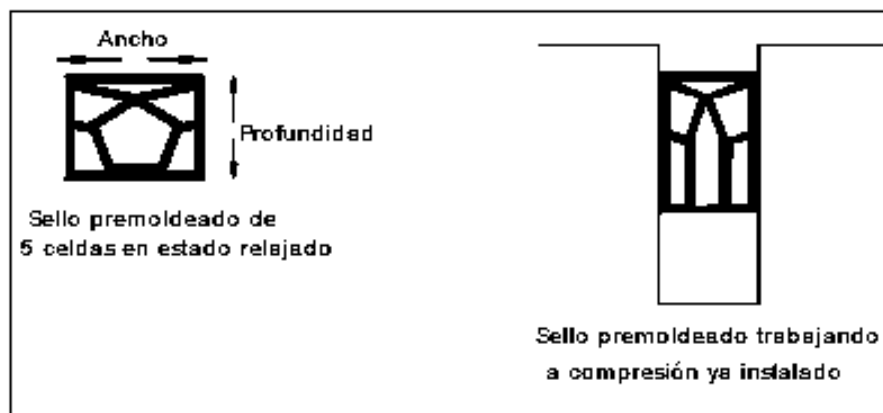


Fig. N°54.- Sección transversal de un sellador de 5 celdas premoldeado.

El material para sellado de juntas, deberá cumplir con los requisitos de la tabla que se muestra a continuación. El material se deberá adherir a las paredes de la junta en el concreto y deberá formar un selle efectivo contra la filtración de agua o incrustación de partículas sólidas incomprensibles. En ningún caso se podrá utilizar un sellador no autorizado por la dependencia. Para todas las juntas de las losas de concreto se deberá emplear un sellador de silicón de un solo componente con la suficiente fluidez para auto nivelarse y no requerir de un moldeado adicional.

Especificación	Método de ensaye	Requisito
Esfuerzo a tensión a 150% de elongación. (7 días de curado a 25°C ± 5°C y 45 a 55% de humedad relativa).	ASTM D 412	3.2 kg/cm ²
Flujo a 25°C ± 5°C.	ASTM C 639 (15% canal A)	No deberá fluir del canal
Tasa de extrusión a 25°C ± 5°C.	ASTM C 603 (1/8" @ 50 psi)	75-250 gms/min
Gravedad específica.	ASTM D 792 (método A)	1.01 a 1.51
Dureza a -18°C. (7 días de curado a 25°C ± 5°C).	ASTM C 661	10 a 25
Resistencia al intemperismo. Después de 5,000hrs de exposición continua.	ASTM C 793	No agrietarse, ni perder adherencia, tampoco desintegrarse.
Superficie seca. (A 25°C ± 5°C y 45 a 55% de humedad relativa).	ASTM C 679	Menor de 75 minutos
Elongación. (Después de 21 días de curado a 25°C ± 5°C y 45 a 55% de humedad relativa).	ASTM D 412	1,200 %
Fraguado al tacto. (A 25°C ± 5°C y 45 a 55% de humedad relativa).	ASTM C 1640	Menos de 75 minutos
Vida en el contenedor a partir del día de embarque.	-	6 mese mínimo
Adhesión a bloques de mortero.	AASHTO T 132	3.5 kg/cm ²
Capacidad de movimiento y adhesión. (Extensión de 100% a -18°C después de 7 días de curado al aire libre a 25°C ± 5°C seguido por 7 días en agua a 25°C ± 5°C).	ASTM C 719	Ninguna falla por adhesión o cohesión después de cinco ciclos.

Tabla N°14.- Requisitos y especificaciones de calidad para el material de sellado de las juntas de las losas de concreto del pavimento.

Con respecto a la tirilla de respaldo a emplear deberá limitar el flujo del sellador hasta la profundidad de ensanchado (1/3 del espesor de la losa). La tirilla de respaldo será de espuma de polietileno y de 1/4" (6.35 mm) de diámetro, además deberá ser compatible con el sellador de silicón a emplear.

i) apertura al tránsito

Condiciones para la apertura al tránsito de vehículos y equipos de construcción que llevaron a cabo los trabajos.

El pavimento podrá abrirse al paso de personas y de equipos para el cerrado y la comprobación de la regularidad superficial cuando haya transcurrido el plazo

necesario para que no se produzcan daños o desperfectos superficiales, y se hubiera secado el producto empleado para el curado mediante membrana. El tránsito de obra no podrá circular sobre el pavimento de concreto antes de siete días, contados a partir de haber sido coladas las losas; sin embargo, este lapso podrá reducirse si el concreto ya ha alcanzado una resistencia a la tensión por flexión de 80 por ciento de la exigida a 28 días (el caso de los colados con concreto de resistencia rápida). Además, todas las juntas transversales deberán haber sido selladas o al menos obturadas provisionalmente.

Condiciones para la apertura al tránsito de operación normal.

La apertura al tránsito vehicular no podrá realizarse antes de 14 días contados a partir de la terminación del pavimento, siempre que el concreto haya alcanzado una resistencia a la tensión por flexión del 80 por ciento como mínimo de la del proyecto. Cuando se utilicen técnicas de apertura rápida al tránsito (fast track), la resistencia mínima que permita la apertura al tránsito vehicular en pavimentos de concreto es función del espesor de la losa, de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación.



Fig. N°55.- Vehículos y equipo de construcción circulando después de 7 días de colado el pavimento.

Espesor de losa (cm)	Resistencia mínima a la tensión por flexión	
	Mpa	(kg/cm ²)
18	2.2	(22)
20	2.0	(20)
23	1.6	(16)
25	1.2	(12)

Tabla N°15. Condiciones de apertura rápida al tránsito.

Nota. Los valores indicados fueron obtenidos en un estudio especial, efectuando un análisis de fatiga basado en un tránsito de mil vehículos pesados por día. Es recomendable efectuar un análisis en cada caso particular para ajustar los valores anotados.



Fig. N°56.- Los tramos de pavimento de concreto hidráulico liberado al tránsito después de haber concluido todas las actividades correspondientes.

El mantenimiento preventivo y correctivo.

Como lo hemos mencionado antes, el pavimento de concreto se distingue por requerir muy poco de los trabajos de mantenimiento a través de su vida útil, pero sin embargo estos trabajos son muy importantes para conservarlo al paso de los años.

Estrategia de mantenimiento.

Para el adecuado comportamiento del pavimento dentro del ciclo de vida de proyectos, es importante llevar a cabo trabajos de mantenimientos periódicos,

proporcionándose a continuación recomendaciones usualmente aplicables al respecto.

- Sustitución del material de sello en las juntas cada ocho años, utilizando un material colocado en frío.
- Sellado de grietas, mediante cortes de ampliación y limpieza para la aplicación de un material colocado en frío, cada cinco años.
- Re perfilado y restitución del texturizado mediante fresado, en las áreas en que las mediciones de rugosidad y de fricción muestren deficiencias superficiales, por lo menos en tres ocasiones durante el ciclo de vida.
- Adecuación del sistema de drenaje mediante la ampliación, adaptación y reconstrucción del sistema actual y construcción de obras nuevas por lo menos dos veces durante el ciclo de vida, independientemente de la conservación rutinaria del sistema.

Llevando a cabo las actividades anteriores es muy probable que el pavimento de concreto hidráulico de la calle Vicente Guerrero alcance e incluso, supere el periodo de diseño para el cual fue construido. (Ordoñez, 2008)

10 Partes que componen un pavimento rígido

Las capas que constituyen usualmente un pavimento y su cimentación según las normas mexicanas son:

A) Sub-rasante o filtro

Es la capa de suelo compactado que constituye propiamente la cimentación de la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad en que no le afecta la carga de diseño que corresponde el tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

El espesor del pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incomprensibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la sub-rasante.

B) Sub-base

Es la capa intermedia de la estructura del pavimento construida con material granular (grava y arena), sobre la sub-rasante, destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de sub-rasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento.

Se utiliza además como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si este no dispone de una sub-rasante o sub-base adecuado.

Esta capa de material se coloca entre la sub-rasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

C) Base

Es la capa de apoyo de la carpeta, construida con material granular más grueso, pero con un diseño diferente que la sub-base y es constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas

originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

D) Carpeta o superficie de rodamiento o rodadura

Es la parte superior de un pavimento, por lo general de pavimento bituminoso o rígido, que sostiene directamente la circulación vehicular.

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacente a causa del tránsito de vehículos.

Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros). (Urbina., 2008)

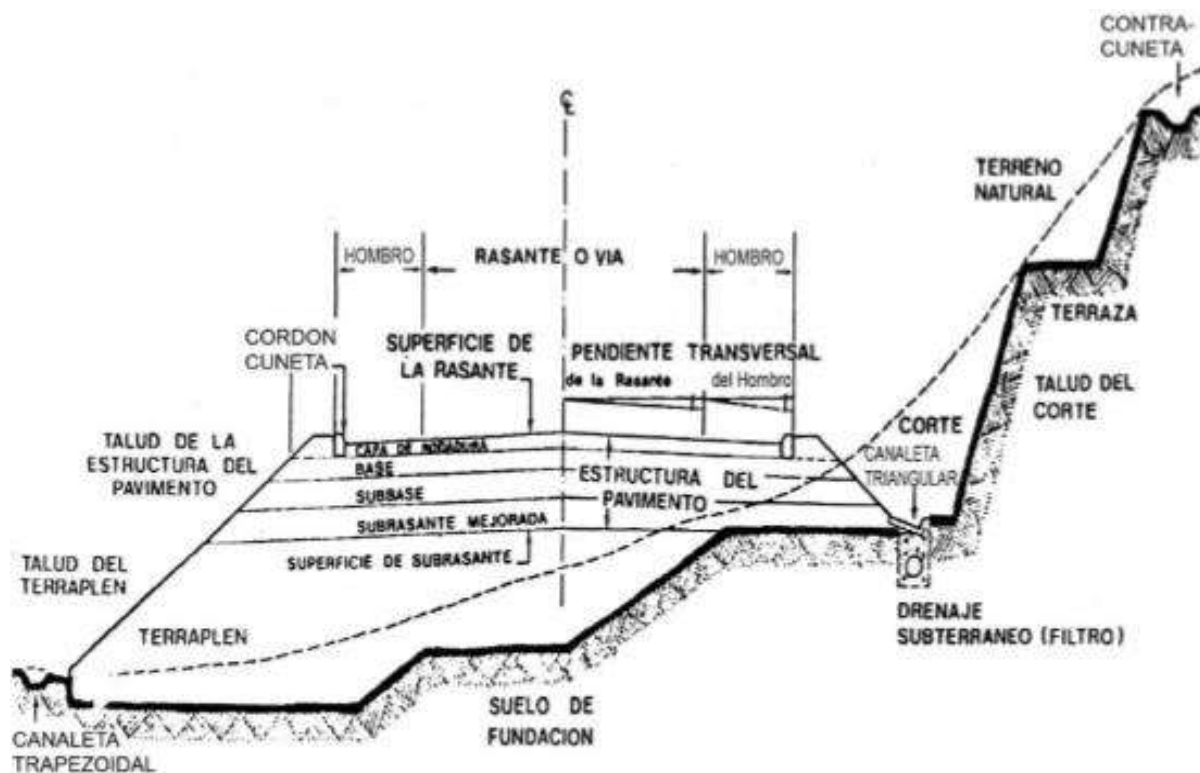


Fig. N°57.- Sección transversal de una vía.

Pero para el caso de nuestra vialidad las capas que se utilizaran son:

- Sub-rasante o filtro.
- Base.
- Carpeta o superficie de rodamiento o rodadura.

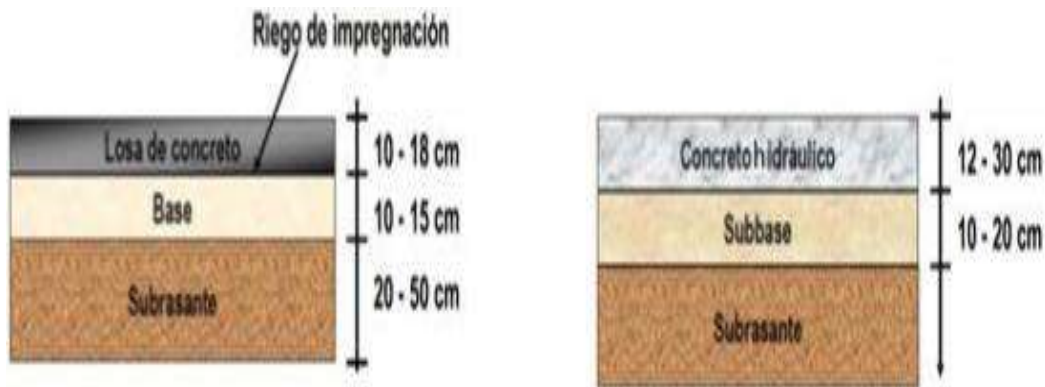


Fig. N°58.- Pavimentos de concreto hidráulico o rígidos.

11 Ventajas y desventajas de usar el concreto hidráulico

Ventajas Principales:

1. Economía.

- Costo inicial muy similar en varios casos en México como, por ejemplo: Tramo Tihuatlán – Poza Rica. En este proyecto se calculó el costo inicial de N\$ 47.0 millones de concreto hidráulico contra 47.8 millones de pavimento asfáltico.

Tramo Cárdenas, tabasco – Agua Dulce, Veracruz. En este caso resulto ser igual el costo en concreto que en asfalto.

Tramo Guadalajara – Tepic. El costo del concreto resulto ser 3% más alto que el asfalto.

- El pavimento requiere poco mantenimiento; debido a esta gran virtud que tienen los pavimentos de concreto, en los costos finales, es cuando esta ligeramente arriba el concreto que el asfalto, entonces se

calculan los costos generales a mediano y largo plazo, y resulta ser, que es mucho más económico el concreto hidráulico.

- Requiere menos iluminación. Esto se debe a el color natural del cemento y hace que el pavimento de concreto posea una alta reflexión a la luz. Si bien esto puede llegar a ser molesto en ciertas horas del día, pero durante la noche hace que el pavimento sea mas visible. Por lo tanto, un investigador (B. Macintosh) encontró que utilizando materiales altamente reflectantes en la pavimentación se puede ahorrar hasta 24,000 dólares por milla en instalación y 1,100 dólares por milla al año al reducir el consumo de energía y costos por mantenimiento.

2. Mantenimiento.

- Estos pavimentos no requieren bacheos, resellados o riegos periódicos. Dados que su conservación es más exporánea, en tiempos más prolongados y resulta ser mucho más económica.
- Se requiere menos equipo y menos recursos humanos.
- Los presupuestos se pueden programar mas profundamente, ya que la exigencia de conservación no es tan crítica.

3. Diseño y construcción.

- La ejecución del pavimento se realiza en una etapa. No es multicapa como la opción del pavimento flexible.
- En pavimentos de concreto los tendidos de mezcla de demandan condiciones atmosféricas tan especiales, ya que aun en clima frio se puede extender el concreto.
- Se obtienen avances diarios de hasta 1 km., en condiciones promedios, y para anchos efectivos cercanos a los 11m.

- Requieren menos movimientos de tierras para formar su superficie de apoyo (subrasante y subbase). En suelos de cimentación competentes, las losas se pueden apoyar directamente en estas últimas.
- Se evita el tendido de la capa de base que es indispensable para los pavimentos asfálticos, y en ciertas ocasiones es posible también evitar poner la paca subbase, lo que significa menor tiempo de realización de la estructura de todo pavimento.

4. Seguridad.

- Mejor reflexión de la luz de noche. Ello conlleva su ahorro en energía en zonas urbanas y en costo de operaciones en los vehículos, todo esto ya antes mencionado.
- Los problemas de hidroplaneo prácticamente no existen. Existe una mejor propiedad antiderrapante debido a su texturizado que tiene el pavimento de concreto hidráulico.

Desventajas:

- En ocasiones su costo inicial es alto, cabe mencionar que este costo se compensa con el mantenimiento y si consideramos el costo a largo plazo es indudablemente menos el de este.
- Se refleja a ciertas horas del día es alto, pero como anteriormente ya mencionamos, resulta ser más ventajosa esta cualidad que desventajosa.
- El ruido en el golpeteo de las juntas, pero esto se puede solucionar al hacerlas desviadas o traslapadas para que el paso de la llanta no sea al mismo tiempo y así se reduzca el ruido.

12 Metodología

A continuación, se describen las pruebas realizadas tanto en campo como en laboratorio.

12.1 Pruebas de Control de Calidad a los Materiales Empleados.

Se realizaron los siguientes ensayos de materiales:

- Pruebas de granulometría y límites de consistencias para fines de clasificación de los suelos y materiales que integren el suelo de cimentación, terracerías y pavimentos.



Fig. N°9.- Prueba de granulometría en laboratorio.

- Ensayes de: granulometrías, absorción y densidad específica relativa, para conocer la graduación y dureza de los materiales pétreos de pavimentos y concretos hidráulicos.



Fig. N°10.- Pruebas de PVSM en laboratorio.

- Pruebas de pesos volumétricos máximos secos y contenido óptimo de agua, porter, Aashto Estándar y Aashto modificada, para verificación de las compactaciones de terracerías y pavimentos.



Fig. N°11.- Prueba de AASHTO en laboratorio.

- Ensaye de granulometría, límites de consistencia de V.R.S.; estándar (C.B.R.) para determinar la calidad de los materiales usados en capa sub-rasante.



Fig. N°12.- Se realizo prueba para saber la calidad del material.

- Pruebas de granulometría, límites de consistencias equivalente de arena, peso volumétrico seco máximo y contenido óptimo de agua, peso volumétrico seco suelto, absorción densidad específica relativa y V.R.S. estándar para verificar la calidad de la sub-base y base del pavimento.



Fig. N°13.- Prueba de limites de consistencia equivalente de arena.

- En el concreto fresco: Revenimiento, sangrado y manejabilidad.



Fig. N°14.- Prueba de revenimiento en concreto fresco.

- En mecánica de suelos, para fines de cimentación: pruebas de consolidación y de resistencia triaxial, en sus versiones de rápida consolidada y lenta.



Fig. N°15.- Pruebas de mecánica de suelos.

Se realizaron pruebas de compresión simple en cilindros de concreto, cubos y vigas, estas pruebas nos sirven para saber la calidad de la base hidráulica que se colocó, se tomaron 4 cilindros de concreto, 4 cubos y 3 vigas, el concreto para las muestras fue tomada del camión trompo. (Aguado C. G., 2007)

12.2 Pruebas de Control de calidad de Concreto Hidráulico.

El concreto hidráulico es una combinación de cemento Portland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente.

La Norma que contiene las características de calidad del concreto hidráulico que se utilice en la construcción en cualquiera de sus clases y formas de elaboración es la N-CMT-2-02-005/04 de la NIT-SCT.

El concreto y los componentes que lo constituyen, cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

- Cemento Portland: El cemento Portland cumplirá con lo indicado en la Norma N-CMT-2-02-001 de la NIT-SCT, Calidad del Cemento Portland. Cuando el

proyecto no especifique el tipo de cemento por usar en cada caso, se debe entender que se trata de cemento Portland ordinario (CPO).

- Agregados: Los agregados cumplirán con lo indicado en la Norma N·CMT·2·02·002 de la NIT-SCT, Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico. El tamaño máximo del agregado se seleccionará de acuerdo con las características del elemento estructural y con lo indicado por el proyecto o aprobado por la Secretaría.
- Agua: El agua de mezclado cumplirá con lo estipulado en la Norma N·CMT·2·02·003 de la NIT-SCT, Calidad del Agua para concreto hidráulico.
- Aditivos: Cuando se haga uso de aditivos, éstos cumplirán con lo indicado en la Norma N·CMT·2·02·004 de la NIT-SCT, Calidad de aditivos Químicos para Concreto Hidráulico, así como con las especificaciones establecidas por el fabricante para su uso, según sea el caso. (Normativa para la Infraestructura del Transporte, Normativa para la Infraestructura del Transporte)

12.3 Muestreo de Concreto Fresco.

Este es probablemente, el procedimiento más importante de todo el proceso de prueba del concreto, ya que, si la muestra no es representativa y confiable, todos los pasos que siguen al muestreo se verán seriamente afectados, aunque el desarrollarlos cumpla con los requerimientos establecidos en las normas.

12.3.1 Equipo.

Antes de tomar las muestras se debe asegurar de tener el siguiente equipo limpio y con las superficies húmedas en contacto con el concreto fresco:

- Carretilla.
- Charola.
- Cucharón (que cuente con mango).

12.3.2 Procedimiento, “Muestreo de Concreto Procedente de Camiones Mezcladores o Agitadores”:

Para garantizar la confiabilidad de los resultados, la muestra debe tomarse cuando menos tres porciones diferentes de la carga, asegurándose de que la muestra se tome en el tercio medio de la misma, después de que se haya descargado cuando menos el 15 % de la carga y antes de que se descargue el 85 % de la misma.

El tiempo máximo que se debe de emplear para tomar las porciones y completar la muestra es de 15 %, se puede obtener la muestra pasando el recipiente a través del chorro de descarga.

Las porciones de muestra que se obtenga, deberán depositarse en la charola y cuando se tenga la muestra completa se deberá de mezclar vigorosamente con el cucharón, hasta que se obtenga una apariencia de la mezcla homogénea.

Se debe evitar que la muestra quede al descubierto por más de 15 minutos, ya que en este tiempo se debe de haber terminado de efectuar la determinación requerida y elaborar los especímenes.



Fig. N° 16: Muestreo del concreto hidráulico.

Reporte.

En el formato de reporte, se anotará con claridad de donde, cuando (fecha y hora) y para qué objetivo se tomó la muestra de concreto fresco. Asimismo, se deberá de registrar la localización o destino que se dio al concreto (donde quedo colocado).

12.4 Revenimiento.

Esta determinación es de gran importancia ya que con ella se decide si el concreto producido puede ser colocado o puede provocar el rechazo de una carga completa de concreto.

12.4.1 Equipo.

Al hacer la determinación del revenimiento, se requiere del siguiente equipo limpio y con las superficies húmedas en contacto con el concreto fresco:

- Cono (con dos estribos y jaladoras).
- Cucharon (con mango).
- Varilla punta de bala.
- Cinta métrica.

12.4.2 Procedimiento, “llenado del cono y compactación”:

Una vez homogeneizada, se selecciona una superficie plana, horizontal lisa, firme y no absorbente (preferentemente se usa una placa metálica). Se humedece esta superficie y el interior del cono, a continuación, se fija el cono sobre la placa metálica húmeda colocando los pies del operador sobre los estribos (posición que deberá mantener durante toda la operación del llenado y compactación) procediendo como se indica a continuación.

Se debe llenar el cono en 3 capas, cada capa debe ser aproximadamente un tercio del volumen total del cono y hacer la compactación en la forma siguiente:

La primera capa, debe de tener una altura aproximada de 7 centímetros y se compacta con 25 penetraciones de la varilla punta de bala, así inclinándola ligeramente para compactar las orillas siguiendo una espiral hacia el centro.

La segunda capa, con la que debes alcanzar una altura aproximada de 15 centímetros dentro del cono, se compacta con 25 penetraciones de la varilla, de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, pero procurando que en cada golpe la varilla penetre aproximadamente 2 centímetros de la primera capa.

La tercera capa, con la que debe llenarse el cono y rebasar ligeramente el borde superior del mismo, se compacta también con 25 golpes de la varilla; en cada golpe se debe penetrar 2 centímetros de la segunda capa. Durante la compactación de la tercera capa, el concreto puede quedar bajo el borde superior del cono cuando aún va la mitad de los 25 varillados ya que se puede agregar un poco de mezcla y continuar compactando hasta completar el número de golpes especificado. De preferencia se debe agregar muestra después de los 10 golpes.

12.4.3 Enrasado y limpieza del concreto sobrante.

Utilizando la varilla punta de bala, se enrasa el concreto apoyándose en el borde superior del cono. Una vez enrasado, se limpia el exceso de concreto que haya alrededor del cono.

12.4.4 Levantamiento del cono.

Después de enrasar y limpiar el exceso de concreto, se procede a levantar el cono, de manera suave, para permitir que el concreto al liberarse del molde se asiente de manera normal), alcanzándolo verticalmente y evitando giros o inclinaciones del cono que podrían arrastrar el concreto. Para levantar completamente el cono, requieres un tiempo de 5 ± 2 segundos.

12.4.5 Medida del revenimiento.

Inmediatamente después de que se levante el cono, se debe colocar de cabeza junto al concreto asentado, poniendo la varilla acostada y horizontal sobre el borde del cono y en dirección de la altura promedio de la base superior en el concreto asentado. Se mide verticalmente con la cinta métrica, la diferencia que exista entre la altura del cono de metal y la porción central de la superficie del concreto asentado. Esta medida es el revenimiento y se debe reportar con aproximación de un centímetro.

12.4.6 Tolerancias del revenimiento.

Si al medir el revenimiento se encuentra que no cumple con las tolerancias especificadas, se debe hacer una segunda prueba inmediatamente, con otra porción de la misma muestra o de otra muestra que se tome de la misma entrega. Si esta segunda prueba tampoco cumple, se debe considerar que el concreto no ha cumplido con el revenimiento estipulado.

A continuación, se indican las tolerancias, aplicables en la prueba de revenimiento según la Norma Oficial Mexicana NOM-C-155.

REVENIMIENTO ESPECIFICADO EN cm.	TOLERANCIA EN cm.
menos de 5	± 1.5
5 a 10	± 2.5
más de 10	± 3.5

Tabla N°16.- Revenimientos y tolerancias.

El valor del revenimiento debe determinarse en un tiempo que no exceda de 15 minutos contados a partir del momento en que se inicia la descarga.



Fig. N° 17: Se realizo el revenimiento del concreto hidráulico.

Reporte.

En la libreta se debe anotar la planta, número de camión, número de remisión, hora de llegada de la olla y hora del muestreo, así como el valor del revenimiento con la observación de “Desviado” si esto ocurre y la localización del lugar en que se colocó el concreto.

12.5 Moldeo de cilindros.

Se debe ensayar a compresión en cilindros de 15 centímetros de diámetro por 30 centímetros de altura. Para que se pueda juzgar de manera adecuada la calidad del concreto, se requiere que los cilindros sean elaborados desarrollando correctamente los procedimientos especificados para el llenado de los moldes, compactación, enrasado e identificación.

12.5.1 Equipo.

Para efectuar el moldeo de cilindros, se requiere del siguiente equipo:

- Moldes (los necesarios para los cilindros que debas moldear, perfectamente sellados para evitar fugas y aceitados ligeramente con aceite muy delgado en las superficies interiores)
- Cucharón
- Varilla punta de bala o vibrador (dependiendo del valor del revenimiento del concreto).
- Mazo de hule.

Además de lo anterior, se debe contar con el material necesario para proteger los cilindros después de moldearlos.

12.5.2 Procedimiento.

Se debe revisar primero que los moldes estén sellados para evitar pérdidas de agua. Una vez sellados, se aceita ligeramente con aceite rebajado con gasolina las superficies interiores del molde. A continuación, se procede de la siguiente manera:

El lugar en se debe moldear los cilindros, debe encontrarse cubierto y la superficie en que queden almacenados, debe ser horizontal, lisa y libre de vibraciones.

Se requiere que la temperatura de este lugar, pueda ser mantenida entre 15 y 27 grados centígrados.

Se colocan los moldes sobre la superficie en el lugar en que quedarán almacenados y se procede con la muestra homogeneizada debidamente remezclada, a elaborar cada cilindro como sigue:

12.5.3 Llenado del molde y compactación por varillado.

Se debe llenar el molde en 3 capas, cada capa debe ser de aproximadamente un tercio del volumen total del molde.

Al vaciar cada capa, con porciones del concreto tomadas con el cucharón, se debe girar este sobre el borde del cilindro a medida que se vaya descargando el concreto, para asegurar su correcta distribución y reducir al máximo la segregación del agregado grueso dentro del molde.

La primera capa que debe tener una altura aproximada de 10 centímetros se compacta con 25 penetraciones, siguiendo el trazo de una espiral, de la orilla al centro con la varilla punta de bala. Después de que se haya compactado la primera capa, se quedan agujeros superficiales y se dan 12 golpes ligeramente con el mazo de hule a un costado del cuerpo del molde, para que cierren los vacíos que se hayan quedado, al compactar.

La segunda capa, con la que se debe alcanzar una altura aproximada de 20 centímetros dentro del molde, se compacta con 25 penetraciones de la varilla de la misma manera que se hizo al compactar la primera capa, pero procurando que en cada golpe la varilla penetre 2 centímetros aproximadamente en la primera capa.

Después de que se haya compactado la segunda capa, si hay agujeros, se repite el golpeo lateral en la misma forma que se hizo en la primera capa, con la tercera capa, se debe llenar totalmente el molde y agregar una cantidad extra suficiente, para que después de hacer la compactación, también con 25 golpes de la varilla que deben penetrar 2 centímetros en la segunda capa, el molde debe quedar totalmente lleno con un ligero excedente. Si hay agujeros se repite el golpeo lateral como se hizo en las capas anteriores.

12.5.4 Enrasado.

Se elimina el exceso de concreto, pasando la regla metálica para enrasar con movimiento de vaivén sobre el borde superior del molde, para obtener una superficie plana y uniforme. Es importante evitar hacer pasadas en exceso que hagan sangrar el concreto.

Identificación de Cilindros.

Para identificar los cilindros, se puede marcar con trazos muy finos sobre la parte superior del cilindro o realizar unas etiquetas y colocarlas de igual forma en la parte superior del cilindro, con las claves de identificación que se tengan designadas.

12.5.5 Protección de los cilindros.

Para evitar la evaporación del agua de los cilindros, recién elaborados, se deben cubrir inmediatamente después de la identificación, con una tapa de material no absorbente ni reactivo, o con una tela de plástico resistente, durable e impermeable, debidamente sujeta. (Aguado C. G., 2007)



Fig. N° 18.- llenado de molde con la muestra de concreto, identificación y protección de las muestras.

12.6 Curado del concreto

Los especímenes de prueba elaborados para comprobar las proporciones de la mezcla para propósitos de resistencia, o como base para la aceptación, deben retirarse de los moldes, de preferencia a las 24 horas. Después del moldeo permitiéndose un margen de entre 20 y 48 horas. Y almacenarse de inmediato en una condición húmeda a la temperatura de 23 ± 2 °C hasta el momento de la prueba.

12.6.1 Curado inicial.

Durante las primeras 24 horas después del moldeado, todos los especímenes de prueba deben almacenarse bajo condiciones que mantengan la temperatura adyacente a los especímenes en el intervalo de 16° a 27 °C y prevenir pérdidas de humedad de los especímenes. A toda hora la temperatura dentro y entre los especímenes deberán ser controladas protegiéndolos de los rayos del sol y de cualquier mecanismo irradiador de calor. Los especímenes que serán transportados al laboratorio para curado estándar antes de 48 horas, deberán permanecer en los moldes en un ambiente húmedo hasta ser recibidos en el laboratorio, desmoldados y colocados en el curado estándar. Si los especímenes no son transportados en 48 horas, los moldes deben ser removidos en 24 horas y usar curado estándar hasta ser transportados.

12.6.2 Curado estándar.

Una vez completado el curado inicial y dentro de los 30 minutos de remover los moldes, se almacenarán los especímenes en una condición húmeda con agua libre en sus superficies a toda hora a una temperatura de 23 ± 1.7 °C. Temperaturas entre 20 y 30 °C son permitidas por periodos que no excedan de 3 horas inmediatamente antes de la prueba. Los especímenes no deberán ser expuestos al goteo o a corrientes de agua.

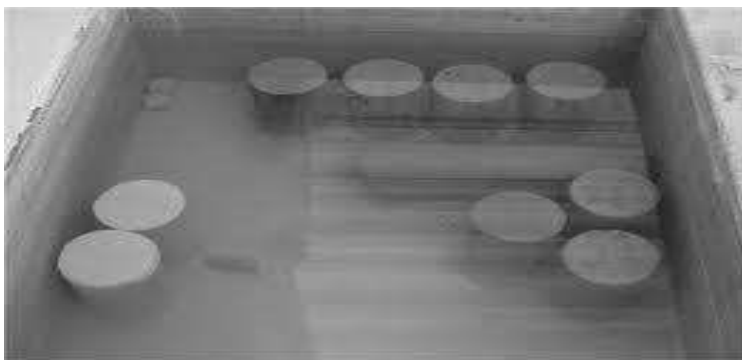


Fig. N° 19.- curado de los cilindros de concreto.

12.7 Cabeceo de cilindros.

Es la preparación de las bases de los especímenes de concreto para su prueba, logrando una superficie uniforme y poder distribuir uniformemente la carga.

12.7.1 Equipo.

- Placas cabeceadoras
- Dispositivos de alineamiento
- Recipientes para fundir azufre

12.7.2 Procedimiento.

Si la cabeza que va a recibir el material de cabeceo tiene una capa o depósito aceitoso o de cera que evite la adherencia del cabeceo, habrá que eliminar estos depósitos o recubrimientos. Si se desea, las placas de cabeceo pueden ser cubiertas con una capa delgada de aceite mineral o grasa para evitar la adherencia del material a la placa de cabeceo.

Se prepara el azufre para su empleo, calentándolo a 140 ± 10 °C. Recargue el recipiente con material fresco y el suficiente número de intervalos para asegurar que el material “más viejo” no haya sido empleado más de 5 veces y evitar que el material pueda disminuir la resistencia y fluidez ocasionada por la contaminación

del mortero con aceite o con desperdicio de distintas clases, y pérdida de azufre a través de la volatilización.

La placa de cabeceo o dispositivo para el cabeceo debe ser calentada ligeramente antes de ser empleada para frenar la velocidad de enfriamiento del material y permitir la producción de capas delgadas. Lubríquese ligeramente la placa y agítese el mortero de azufre inmediatamente antes de colocar cada capa.

Las cabezas de los especímenes deben estar lo suficientemente secas al momento del cabeceo para evitar la formación de burbujas de vapor o bolsas de espuma de más de 6mm. de diámetro en las capas. En caso de emplear dispositivo vertical, coloque el azufre dentro de la placa de cabeceo, levantando el cilindro arriba de la placa y haciendo contacto lateral con las guías, deslizando el cilindro hacia abajo hasta que entre en contacto con la placa de acero mientras se mantiene un contacto constante con las guías de alineamiento. El cilindro deberá permanecer en contacto con las guías mientras descansa y se endurece el mortero de azufre depositado sobre la placa de acero. Coloque suficiente azufre para cubrir la cabeza del cilindro mientras el mortero de azufre se solidifica. (Aguado C. G., 2007)



Fig. N° 20.- Cabeceo de los cilindros de concreto con azufre.

12.8 Resistencia a la compresión.

Este método de prueba consiste en aplicar una carga axial a cilindros moldeados, y calcular la resistencia a la compresión mediante la división de la carga máxima obtenida entre el área real de la sección transversal del espécimen. Los resultados de este método de prueba pueden ser utilizados como base para el control de calidad del concreto, determinación de variaciones con especificaciones, control de evaluación de la efectividad de las mezclas y usos similares.

12.8.1 Equipo.

- Metro para medir diámetro
- Máquina universal Forney

12.8.2 Procedimiento.

Una vez obtenido el diámetro del espécimen se coloca en la máquina universal centrando el eje vertical del espécimen en el centro de la placa de apoyo, se ajusta la platina superior a la cara del espécimen de manera que no se aplique carga de impacto. Se nivela y se pone en ceros la máquina para poder aplicar una carga constante. Se continúa la carga del espécimen hasta la falla del mismo registrándola en la bitácora del laboratorio. (Aguado C. G., 2007)

$$\text{Resistencia (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Carga (Kg)}}{\text{Área de Contacto (cm}^2\text{)}}$$

Conociendo y registrando su edad se determina su porcentaje de resistencia respecto a la resistencia de proyecto de la forma siguiente:

$$\% \text{ Resistencia} = \frac{\text{Resistencia real a cierta edad}}{\text{Resistencia de proyecto}}$$

Todo informe debe incluir los siguientes conceptos:

1. Número de identificación del cilindro.
2. Diámetro del cilindro.
3. Área de la sección transversal.
4. Carga máxima.
5. Resistencia a la compresión.
6. Edad en días.
7. Tipo de mezclado.
8. Tipo de cemento.
9. Ubicación del elemento.
10. Revenimiento.



Fig. N° 21.- Prueba de resistencia a la compresión de los cilindros con la maquina universal.

12.9 Supervisión

La palabra supervisión, es una palabra compuesta; que viene del latín “visus” que significa: examinar un instrumento poniéndole el visto bueno; y “super” que significa: preeminencia o, en otras palabras: privilegio, ventaja o preferencia por razón o mérito especial. De acuerdo con lo anterior, supervisión es dar el visto bueno después de examinar el trabajo realizado. En el desarrollo de un proyecto, la supervisión, además de la acción de constatar y certificar, también implica la observación permanente y el registro de actividades que se llevan a cabo diariamente y que están contenidas dentro de un programa. Esta información debe ser comunicada a través de informes, que posibilitan la toma de decisiones para asegurar el desarrollo del proyecto, así como la aceptación y el pago de los trabajos realizados.

La supervisión no sólo implica operaciones de control y registro, debe dar también asistencia técnica y participar en la solución de los problemas que se presenten durante el desarrollo del proyecto. El servicio comprende:

1. La inspección y control de cada subproceso.
2. El registro e informes del desarrollo de la obra.
3. La asistencia técnica.
4. La asesoría en la toma de decisiones para la solución de problemas.

La Supervisión debe ejercerse en forma profesional y nunca en forma personal; así mismo debe crear un ambiente de respeto, armonía y confianza entre las partes involucradas en el proyecto. Se ha definido el significado y alcances de la palabra Supervisión. Es claro que esto se puede aplicar a cualquier actividad productiva, comercial o de otra naturaleza. El Supervisor de una Obra de construcción, debe señalar al constructor, las medidas correctivas pertinentes en tiempo oportuno, para verificar que cada fase que comprende una obra, esté correcta. Se debe vincular el concepto anterior a los alcances generales y particulares, los cuales condicionan el hecho de supervisar e influyen en los criterios a seguir.

Alcances generales:

1. Magnitud de la obra.
2. Complejidad o especialidad del proyecto.
3. Ubicación y accesibilidad.
4. Requerimientos de Supervisión establecidos en el contrato respectivo.

Alcances particulares:

1. Documentos vinculados con la ejecución del proyecto.
2. Soporte técnico.
3. Personal técnico de supervisión destacado en la obra.
4. Apoyo logístico.
5. Programación de la obra.
6. Complejidad de los documentos resultantes de la supervisión.

Y así se pudo realizar las visitas al inicio y final para la obra de pavimentación de concreto hidráulico dentro del municipio. (Lic. Gerardo Ruiz Esparza, Mtro. Raul Murrieta Cummings, Ing. Clemente PoonHung, 2014)

13 Resultado y discusiones

Datos Obtenidos en el Laboratorio.

LABORATORIO DE MATERIALES INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Ciudad Hidalgo, Michoacán

MATERIAL ANALIZADO: Base Hidráulica

PARA USARSE EN: Pavimento de concreto

asfáltico

ENSAYE No: 1198

Fecha de muestreo: 20/06/2020

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), kg/m ³	1335	-
Equivalente de arena (%)	-	40
Limite Líquido (%)	-	25
Índice Plástico (%)	-	6
Valor Soporte de California CBR (%)	-	80
Desgaste de los ángeles (%)	-	35
Partículas lajeadas (%)	-	40
Partículas alargadas (%)	-	40
Contracción lineal (%)	-	-

GRANULOMETRIA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	97	85	100
3/4"	96	75	100
3/8"	87	62	100
No. 4	61	54	100
No. 10	35	40	100
No. 20	26	30	80
No. 40	18	21	60
No. 60	13	13	44
No. 100	7	8	31
No. 200	3	5	23

Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	85	100	100	100
100	1 1/2	75	100	100	100
97	1	62	100	70	100
96	3/4	54	100	60	100
87	3/8	40	100	40	100
61	4	30	80	30	80
35	10	21	60	21	60
26	20	13	44	13	44
18	40	8	31	8	31
13	60	5	23	5	23
7	100	3	17	3	17
3	200	0	10	0	10

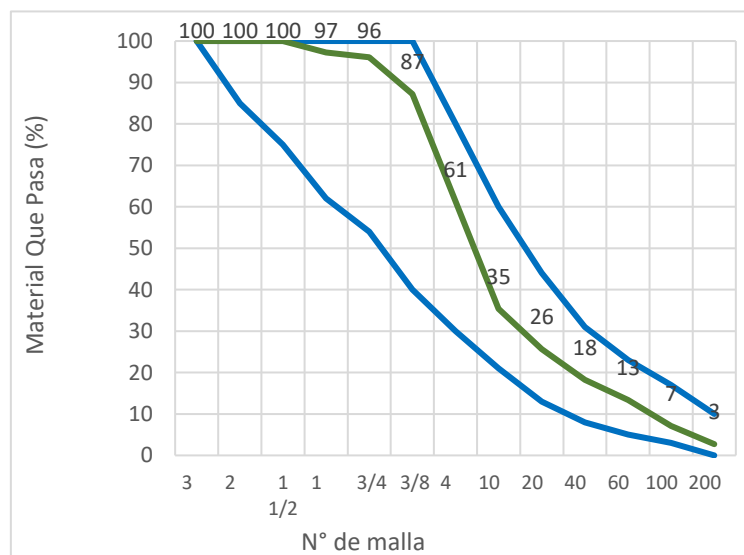
	P.V.S.M	%Humedad
1	1290.00	18.1
2	1330.00	19.8
3	1280.00	21.4
4		

	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Limite Liquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

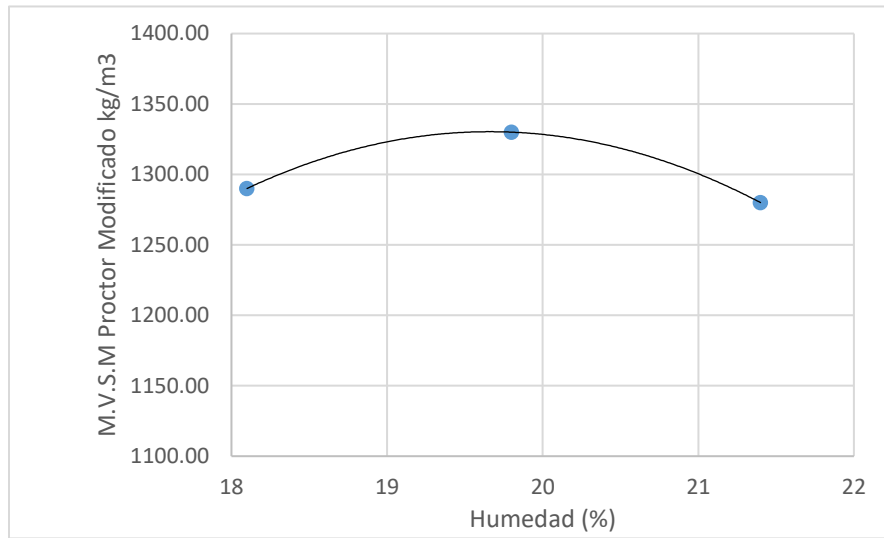
Malla	Masa retenida (g)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	53.4	2.76	2.76	97.24
3/4"	23.2	1.20	3.95	96.05
3/8"	171.2	8.84	12.79	87.21
No. 4	503	25.97	38.76	61.24
No. 10	500	25.82	64.58	35.42
No. 20	189.2	9.77	74.35	25.65
No. 40	144	7.43	81.78	18.22
No. 60	94	4.85	86.64	13.36
No. 100	121	6.25	92.89	7.11
No. 200	85.2	4.40	97.28	2.72
Charola	52.6	2.72	100.00	0.00
Masa total	1936.8	100.00		

Tablas N° 17: Análisis, Granulometría, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 1: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 2: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material fue muestreado en obra por el personal del laboratorio el día de la revisión de la base hidráulica.

El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1335 kg/m³ y el contenido óptimo de humedad es del 19.5 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N-CMT-4-02-002/11.

Fig. N° 22: Granulometrías



INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Cd. Hidalgo, Michoacán
MATERIA ANALIZADO: Base Hidráulica **ENSAYE No:** 2082
PROCEDENCIA: Material de la región **MUESTRA No:** 1
PARA USARSE EN: Pavimento de concreto hidráulico **Fecha de muestreo:** 17/08/2020

ANÁLISIS		Espec.	GRANULOMETRIA		
M.V.S.M (Proctor modificada), kg/m ³	1357	-	Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.
Equivalente de arena (%)	-	40	1 1/2"	100	100
Limite Liquido (%)	-	25	1"	94	100
Índice Plástico (%)	-	6	3/4"	91	100
Valor Soporte de California CBR (%)	-	80	3/8"	82	70
Desgaste de los ángeles (%)	-	35	No. 4	57	60
Partículas lajeadas (%)	-	40	No. 10	33	40
Partículas alargadas (%)	-	40	No. 20	20	30
Contracción lineal (%)	-	-	No. 40	13	21
			No. 60	9	13
			No. 100	6	8
			No. 200	3	5
					23

Muestra	Malla	Para graficar		Para	Concreto
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
94	1	70	100	70	100
91	3/4	60	100	60	100
82	3/8	40	100	40	100
57	4	30	80	30	80
33	10	21	60	21	60
20	20	13	44	13	44
13	40	8	31	8	31
9	60	5	23	5	23
6	100	3	17	3	17
3	200	0	10	0	10

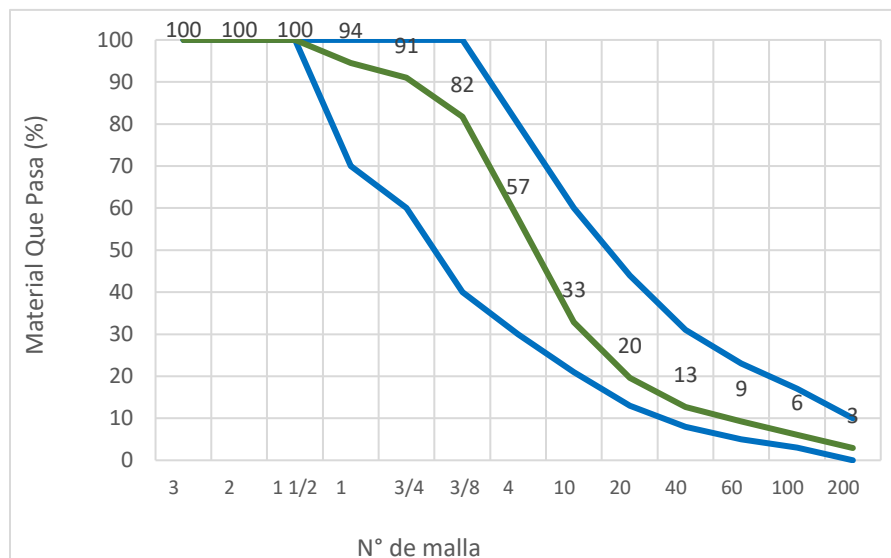
	Concreto
Equivalente de arena (%)	40
Limite Liquido (%)	25
Índice Plástico (%)	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80
Desgaste de los ángeles (%)	35
Partículas lajeadas (%)	40
Partículas alargadas (%)	40

	P.V.S.M	%Humedad
1		
2	1347 4/5	11.524
3	1357 1/5	15.296
4	1349	16.822

Malla	Masa retenida (g)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	81.2	5.50	5.50	94.50
3/4"	51.6	3.50	9.00	91.00
3/8"	136.5	9.25	18.25	81.75
No. 4	358.9	24.33	42.58	57.42
No. 10	362.5	24.57	67.15	32.85
No. 20	195	13.22	80.36	19.64
No. 40	102.5	6.95	87.31	12.69
No. 60	50.5	3.42	90.73	9.27
No. 100	47.5	3.22	93.95	6.05
No. 200	45	3.12	97.07	2.93
Charola	43.2	2.93	100.00	0.00
Masa total	1475.4	100.00		

Tablas N° 18: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICA N° 3: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 4: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M

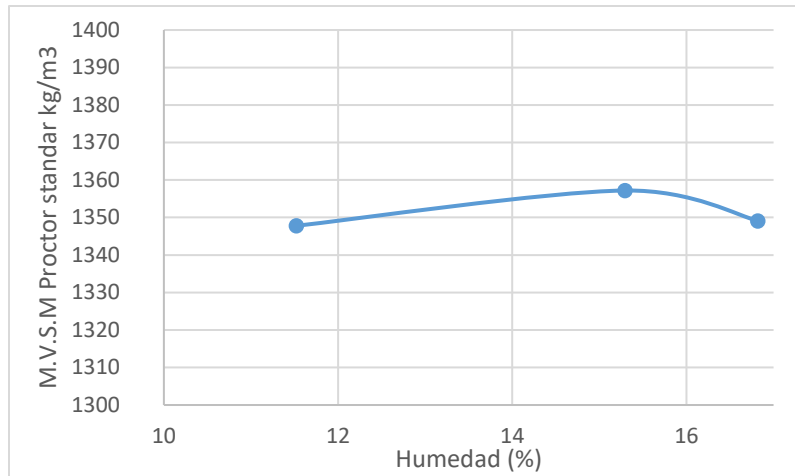


Fig. N° 23: Granulometrías, Cuarteos y Limites.



LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Ciudad Hidalgo, Michoacán

MATERIAL ANALIZADO: Base Hidráulica
PARA USARSE EN: Pavimento de concreto hidráulico.

ENSAYE No: 2170

Fecha de muestreo: 23/04/2021

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), kg/m ³	1344	-
Equivalente de arena (%)	87	40
Limite Líquido (%)	NP	25
Índice Plástico (%)	NP	6
Valor Soporte de California CBR (%)	-	80
Desgaste de los ángeles (%)	-	35
Partículas lajeadas (%)	-	40
Partículas alargadas (%)	-	40
Contracción lineal (%)	-	-

NP= No plástico

GRANULOMETRIA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	100	100	100
3/4"	95	100	100
3/8"	81	70	100
No. 4	60	60	100
No. 10	33	40	100
No. 20	20	30	80
No. 40	12	21	60
No. 60	8	13	44
No. 100	5	8	31
No. 200	2	5	23

Muestra	Malla	Para graficar		Para	Concreto
100	3	100	100	100	100
u	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
100	1	70	100	70	100
95	3/4	60	100	60	100
81	3/8	40	100	40	100
60	4	30	80	30	80
33	10	21	60	21	60
20	20	13	44	13	44
12	40	8	31	8	31
8	60	5	23	5	23
5	100	3	17	3	17
2	200	0	10	0	10

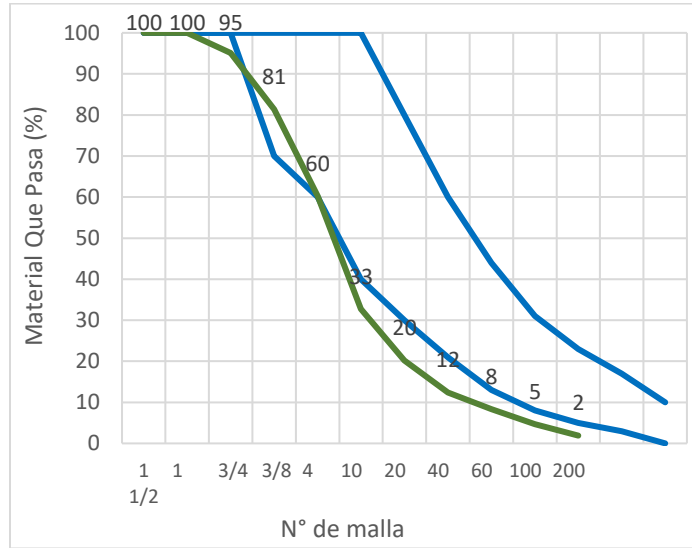
	P.V.S.M	%Humedad
1	1299.00	15
2	1335.00	17
3	1344.00	19
4	1340	21

	Concreto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40
Limite Liquido (%)	25	25
Índice Plástico (%)	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80
Desgaste de los ángeles (%)	35	35
Partículas lajeadas (%)	40	40
Partículas alargadas (%)	40	40

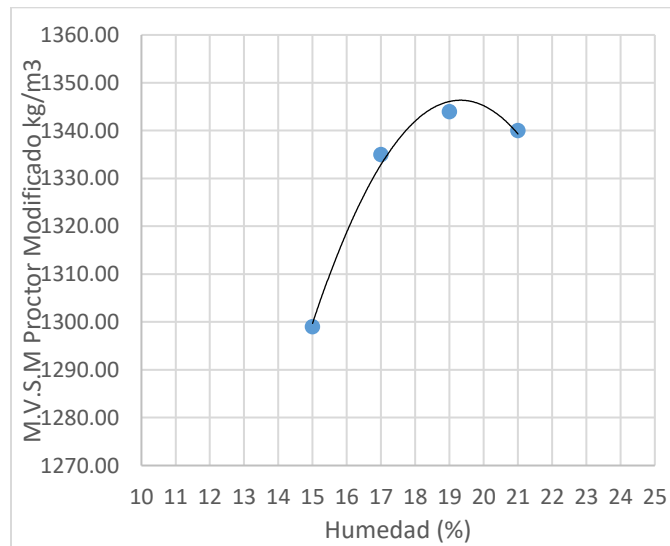
	Masa	Porcentaje	Retenido	Porcentaje
Malla	retenida	Retenido	Acumulado	que pasa
	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	0	0.00	0.00	100.00
3/4"	70	4.92	4.92	95.08
3/8"	194.5	13.68	18.61	81.39
No. 4	301	21.17	39.78	60.22
No. 10	391	27.51	67.29	32.71
No. 20	177.5	12.49	79.77	20.23
No. 40	111.5	7.84	87.62	12.38
No. 60	58	4.08	91.70	8.30
No. 100	52	3.66	95.36	4.64
No. 200	39	2.74	98.10	1.90
Charola	27	1.90	100.00	0.00
Masa total	1421.5	100.00		

Tablas N° 19: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 5: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 6: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1344 kg/cm³ y el contenido óptimo de humedad es del 19 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N-CMT-4-02-002/11.

LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Cd. Hidalgo, Michoacán

MATERIAL ANALIZADO: Base Hidráulica

PROCEDENCIA: Material de la región
PARA USARSE EN: Pavimento de concreto hidráulico

ENSAYE No: 2171

MUESTRA No: 1

Fecha de muestreo: 20/11/2020

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), (kg/m ³)	1508	-
Equivalente de arena (%)	67.59	40
Límite Líquido (%)	N/P	25
Índice Plástico (%)	N/P	6
Valor Soporte de California CBR (%)	88.14	80
Expansión (%)	5.134	-
Partículas lajeadas (%)	5.7	40
Partículas alargadas (%)	17.9	40
Contracción lineal (%)	0	-
M.V.S.S. (kg/m ³)	1042.9	-

GRANULOMETRIA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	96	100	100
3/4"	90	100	100
3/8"	71	70	100
No. 4	52	60	100
No. 10	40	40	100
No. 20	31	30	80
No. 40	21	21	60
No. 60	13	13	44
No. 100	7	8	31
No. 200	4	5	23

Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
96	1	70	100	70	100
90	3/4	60	100	60	100
71	3/8	40	100	40	100
52	4	30	80	30	80
40	10	21	60	21	60
31	20	13	44	13	44
21	40	8	31	8	31
13	60	5	23	5	23
7	100	3	17	3	17
4	200	0	10	0	10

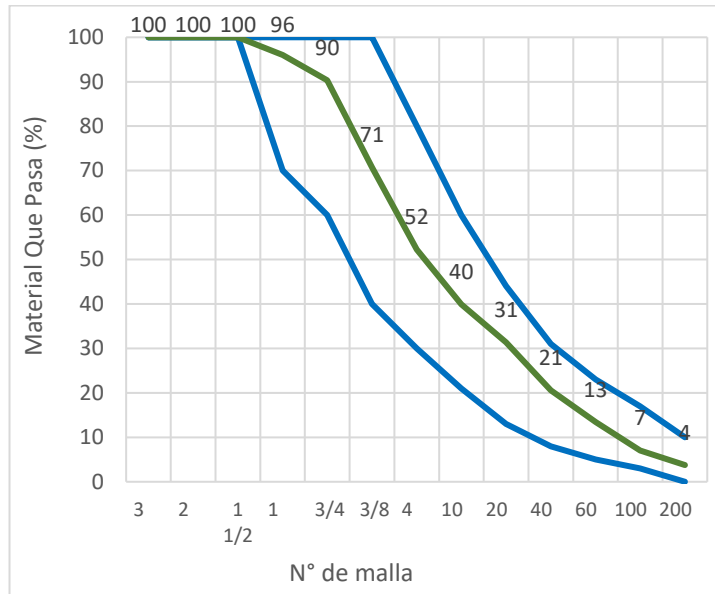
	P.V.S.M	%Humedad
1	1463 2/5	13.636
2	1498 4/5	14.943
3	1508 5/7	16.732
	1475 1/2	18.343

	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Limite Liquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

Malla	Masa retenida (g)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	102	3.98	3.98	96.02
3/4"	145.5	5.67	9.65	90.35
3/8"	503.5	19.63	29.28	70.72
No. 4	474	18.48	47.76	52.24
No. 10	316	12.32	60.08	39.92
No. 20	219	8.54	68.62	31.38
No. 40	278	10.84	79.45	20.55
No. 60	181.5	7.08	86.53	13.47
No. 100	165	6.43	92.96	7.04
No. 200	84	3.27	96.24	3.76
Charola	96.5	3.76	100.00	0.00
Masa total	2565	100.00		

Tablas N° 19: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 5: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 6: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M

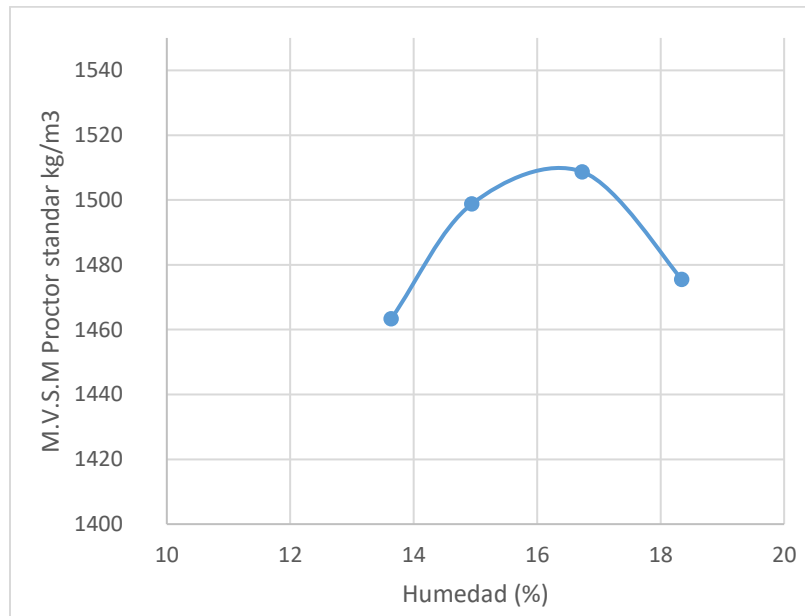


Fig. N° 24: Granulometrías, Equivalentes de Arena, Cuarteos y Limites.



LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

MATERIAL ANALIZADO: BASE HIDRÁULICA
PROCEDENCIA: MATERIAL DE LA REGIÓN
PARA USARSE EN: PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

ENSAYE No: 2185
MUESTRA No: 1
Fecha de muestreo: 09 de diciembre de 2020

análisis		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), kg/m ³	1690	-
Equivalente de arena (%)	-	40
Limite Líquido (%)	-	25
Índice Plástico (%)	-	6
Valor Soporte de California CBR (%)	-	80
Desgaste de los ángeles (%)	-	35
Partículas lajeadas (%)	-	40
Partículas alargadas (%)	-	40

GRANULOMETRÍA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especif.	
1 1/2"	100	100	100
1"	89	100	100
3/4"	86	100	100
3/8"	76	70	100
No. 4	60	60	100
No. 10	40	40	100
No. 20	27	30	80
No. 40	16	21	60
No. 60	10	13	44
No. 100	5	8	31
No. 200	2	5	23

Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
89	1	70	100	70	100
86	3/4	60	100	60	100
76	3/8	40	100	40	100
60	4	30	80	30	80
40	10	21	60	21	60
27	20	13	44	13	44
16	40	8	31	8	31
10	60	5	23	5	23
5	100	3	17	3	17
2	200	0	10	0	10

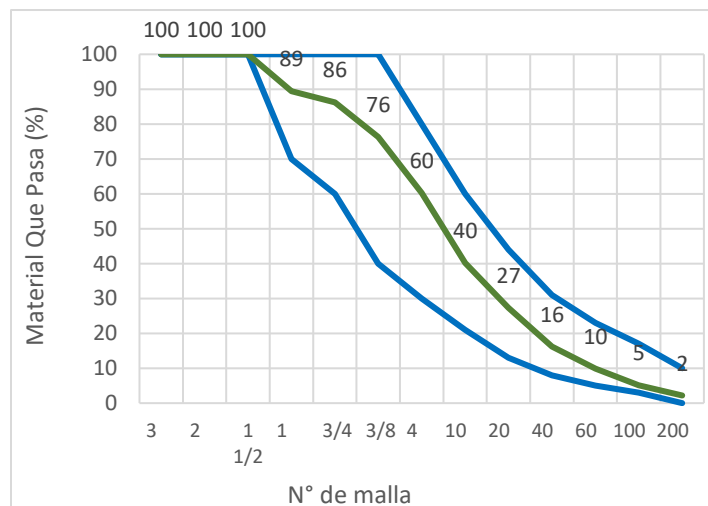
	P.V.S.M	%Humedad
1	1660	8.3
2	1690	12.8
3	1657	14.5
4		
5		

	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Límite Líquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

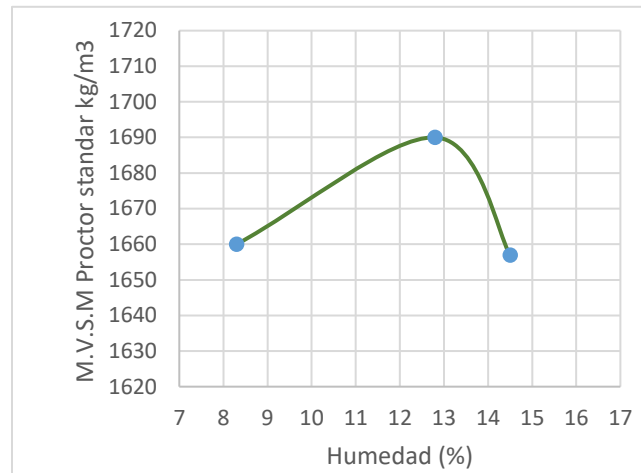
Malla	Masa retenida (g)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	101.5	10.58	10.58	89.42
3/4"	31	3.23	13.81	86.19
3/8"	94.5	9.85	23.66	76.34
No. 4	154	16.05	39.71	60.29
No. 10	193.5	20.17	59.87	40.13
No. 20	122.5	12.77	72.64	27.36
No. 40	107	11.15	83.79	16.21
No. 60	61	6.36	90.15	9.85
No. 100	45	4.69	94.84	5.16
No. 200	28.5	2.97	97.81	2.19
Charola	21	2.19	100.00	0.00
Masa total	959.5	100.00		

Tablas N° 20: análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 7: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 8: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1690 kg/cm³ y el contenido óptimo de humedad es del 12.8 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N-CMT-4-02-002/11.

Fig. N° 25: Granulometrías y compactación AASHTO



LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Ciudad Hidalgo, Michoacán

MATERIAL ANALIZADO: Base hidráulica

PROCEDENCIA: Material de la región.

PARA USARSE EN: Pavimento de concreto

hidráulico.

ENSAYE No: 2187

MUESTRA No: 1

Fecha de muestreo: 10 de diciembre de 2020

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada) kg/m ³	1392	-
Equivalente de arena (%)	76	40
Límite Líquido (%)	NP	25
Índice Plástico (%)	NP	6
Valor Soporte de California CBR (%)	121%	80
Desgaste de los ángeles (%)	-	35
Partículas lajeadas (%)	8.82%	40
Partículas alargadas (%)	38.02%	40

NP= No plástico

GRANULOMETRÍA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	96	100	100
3/4"	89	100	100
3/8"	73	70	100
No. 4	58	60	100
No. 10	42	40	100
No. 20	31	30	80
No. 40	19	21	60
No. 60	13	13	44
No. 100	8	8	31
No. 200	3	5	23

Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
96	1	70	100	70	100
89	3/4	60	100	60	100
73	3/8	40	100	40	100
58	4	30	80	30	80
42	10	21	60	21	60
31	20	13	44	13	44
19	40	8	31	8	31
13	60	5	23	5	23
8	100	3	17	3	17
3	200	0	10	0	10

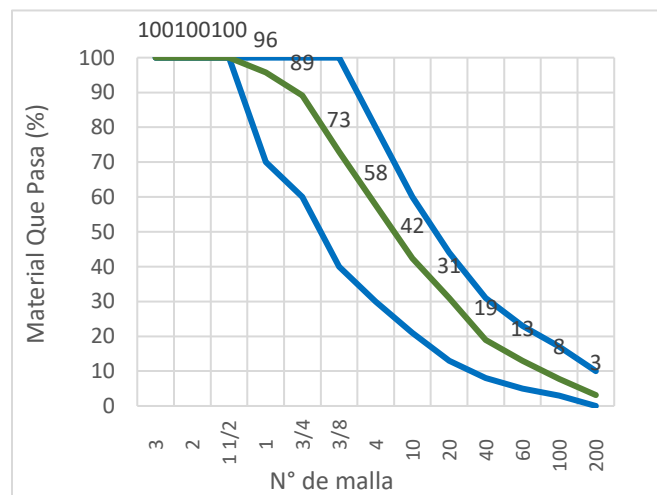
	P.V.S.M	%Humedad
1	1320	11.5
2	1374	13.9
3	1391	16.1
4	1387	17.9
5		

	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Limite Liquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

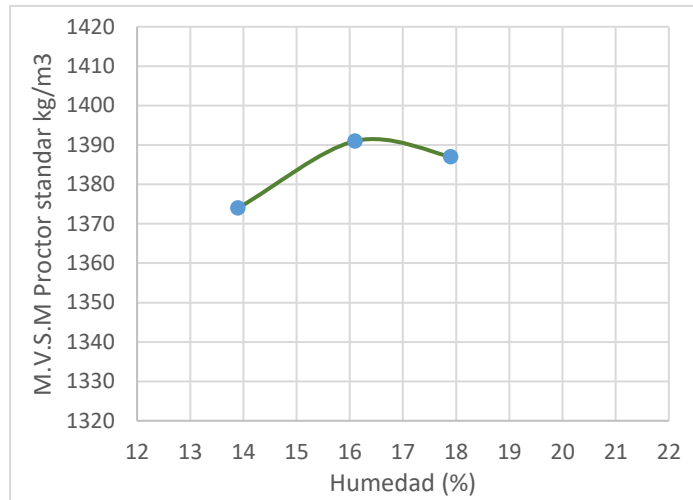
Malla	Masa retenida (g)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	29	4.22	4.22	95.78
3/4"	45.5	6.62	10.84	89.16
3/8"	111.5	16.22	27.05	72.95
No. 4	104.5	15.20	42.25	57.75
No. 10	105.5	15.35	57.60	42.40
No. 20	78.5	11.42	69.02	30.98
No. 40	83	12.07	81.09	18.91
No. 60	40.5	5.89	86.98	13.02
No. 100	36.5	5.31	92.29	7.71
No. 200	31.5	4.58	96.87	3.13
Charola	21.5	3.13	100.00	0.00
Masa total	687.5	100.00		

Tablas N° 21: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICA N° 9: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 10: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1392 kg/cm³ y el contenido óptimo de humedad es del 16.3 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N-CMT-4-02-002/11.

Fig. N° 26: Granulometrías, Límites de Consistencias y Compactación AASHTO.



LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Ciudad Hidalgo, Michoacán

MATERIAL ANALIZADO: Base Hidráulica

ENSAYE No: 2218

PARA USARSE EN: Pavimento de concreto hidráulico

Fecha de muestreo: 11/01/2021

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), kg/m ³	1348	-
Equivalente de arena (%)	-	40
Límite Líquido (%)	-	25
Índice Plástico (%)	-	6
Valor Soporte de California CBR (%)	97.0	80
Desgaste de los ángeles (%)	-	35
Partículas lajeadas (%)	-	40
Partículas alargadas (%)	-	40
Contracción lineal (%)	-	-

GRANULOMETRIA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	97	100	100
3/4"	93	100	100
3/8"	80	70	100
No. 4	63	60	100
No. 10	42	40	100
No. 20	30	30	80
No. 40	21	21	60
No. 60	16	13	44
No. 100	10	8	31
No. 200	4	5	23

Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
97	1	70	100	70	100
93	3/4	60	100	60	100
80	3/8	40	100	40	100
63	4	30	80	30	80
42	10	21	60	21	60
30	20	13	44	13	44
21	40	8	31	8	31
16	60	5	23	5	23
10	100	3	17	3	17
4	200	0	10	0	10

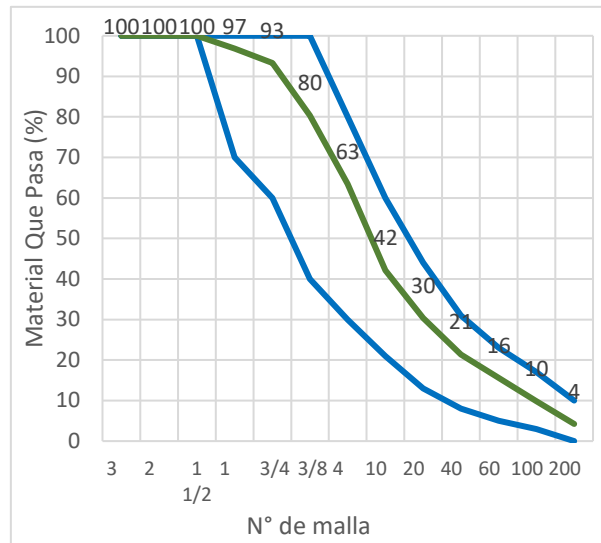
	P.V.S.M	%Humedad
1	1258 1/3	10.5
2	1343	14.07
3	1337 1/2	16.28
4		

	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Limite Líquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

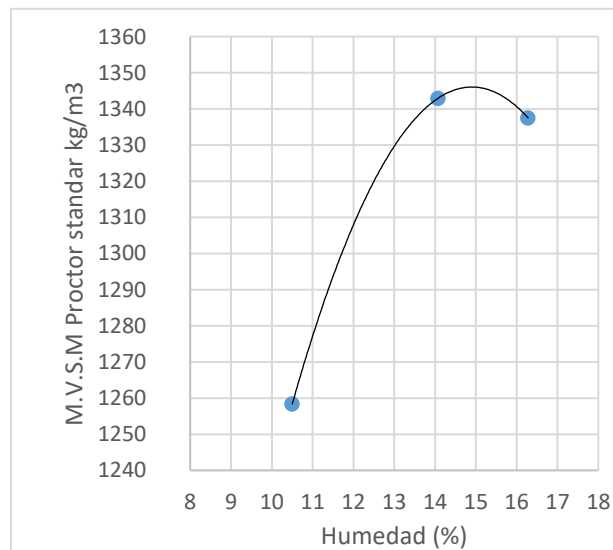
Malla	retenida (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	que pasa (%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	32.5	3.13	3.13	96.87
3/4"	37	3.56	6.69	93.31
3/8"	135	12.99	19.67	80.33
No. 4	175.5	16.88	36.56	63.44
No. 10	221.5	21.31	57.86	42.14
No. 20	122.5	11.78	69.65	30.35
No. 40	93.5	8.99	78.64	21.36
No. 60	60	5.77	84.42	15.58
		0.00		
No. 100	60	5.77	90.19	9.81
No. 200	58	5.58	95.77	4.23
Charola	44	4.23	100.00	0.00
Masa total	1039.5	100.00		

Tablas N° 22: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 11: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 12: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1348 kg/cm³ y el contenido óptimo de humedad es del 15 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N-CMT-4-02-002/11.

LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

LOCALIZACIÓN: Ciudad Hidalgo, Michoacán

N:

MATERIAL

Base Hidráulica

ENSAYE No: 2226

ANALIZADO:

PARA USARSE

Pavimento de

Fecha de muestreo: 23/01/202

EN:

concreto hidráulico

1

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), kg/m ³	1330	-
Equivalente de arena (%)	-	40
Límite Líquido (%)	-	25
Índice Plástico (%)	-	6
Valor Soporte de California CBR (%)	-	80
Desgaste de los ángeles (%)	-	35
Partículas lajeadas (%)	-	40
Partículas alargadas (%)	-	40
Contracción lineal (%)	-	-

GRANULOMETRIA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	87	100	100
3/4"	82	100	100
3/8"	67	70	100
No. 4	41	60	100
No. 10	16	40	100
No. 20	10	30	80
No. 40	8	21	60
No. 60	6	13	44
No. 100	5	8	31
No. 200	2	5	23

NP= No plástico

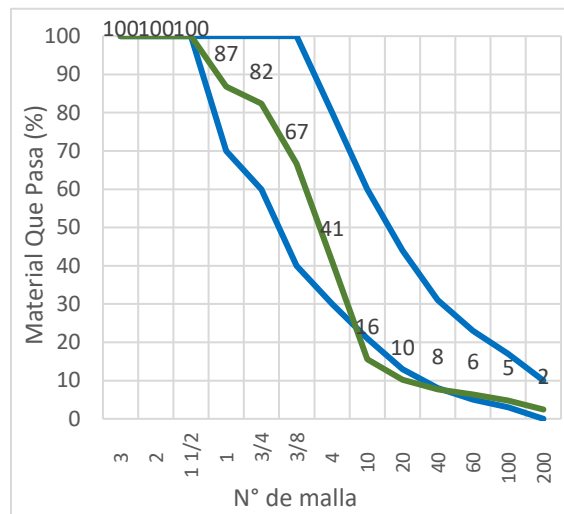
Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
87	1	70	100	70	100
82	3/4	60	100	60	100
67	3/8	40	100	40	100
41	4	30	80	30	80
16	10	21	60	21	60
10	20	13	44	13	44
8	40	8	31	8	31
6	60	5	23	5	23
5	100	3	17	3	17
2	200	0	10	0	10

	P.V.S.M	%Humedad
1	1238	14.5
2	1328	16.9
3	1313	18.3
4		

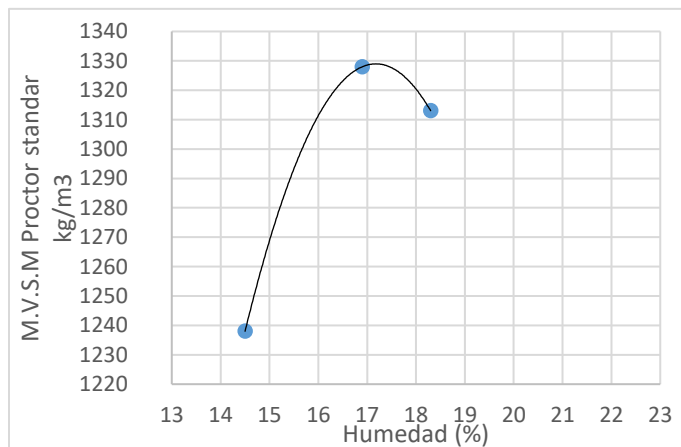
	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Limite Líquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

Tablas N° 23: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 13: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 14: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1330 kg/cm³ y el contenido óptimo de humedad es del 17 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N·CMT·4·02·002/11.

Fig. N° 27: Granulometrías y Compactación AASHTO.



LABORATORIO DE MATERIALES

INFORME DE CALIDAD EN BASE HIDRÁULICA

SOLICITANTE:
LOCALIZACIÓN: Ciudad Hidalgo, Michoacán
MATERIAL ANALIZADO: Base Hidráulica
PROCEDENCIA: Material de la región
PARA USARSE EN: Pavimento de concreto hidráulico

ENSAYE No: 2233
MUESTRA No: 1
Fecha de muestreo: 20/04/2021

ANÁLISIS		Espec.
M.V.S.M (Proctor modificada), (kg/m ³)	1188	-
Equivalente de arena (%)	S/D	40
Límite Líquido (%)	N/P	25
Índice Plástico (%)	N/P	6
Valor Soporte de California CBR (%)	S/D	80
Expansión (%)	S/D	-
Partículas lajeadas (%)	S/D	40
Partículas alargadas (%)	S/D	40
Contracción lineal (%)	1.23	-
M.V.S.S. (kg/m ³)	943.85	-
Clasificación S.U.C.S	ML	-

GRANULOMETRIA			
Mallas	% Que pasa	% que pasa especific.	
1 1/2"	100	100	100
1"	99	100	100
3/4"	97	100	100
3/8"	91	70	100
No. 4	75	60	100
No. 10	52	40	100
No. 20	38	30	80
No. 40	27	21	60
No. 60	20	13	44
No. 100	13	8	31
No. 200	6	5	23

NP= No plástico, S/D= sin dato

Muestra	Malla	Para graficar		Para Concreto	
100	3	100	100	100	100
100	2	100	100	100	100
100	1 1/2	100	100	100	100
99	1	70	100	70	100
97	3/4	60	100	60	100
91	3/8	40	100	40	100
75	4	30	80	30	80
52	10	21	60	21	60
38	20	13	44	13	44
27	40	8	31	8	31
20	60	5	23	5	23
13	100	3	17	3	17
6	200	0	10	0	10

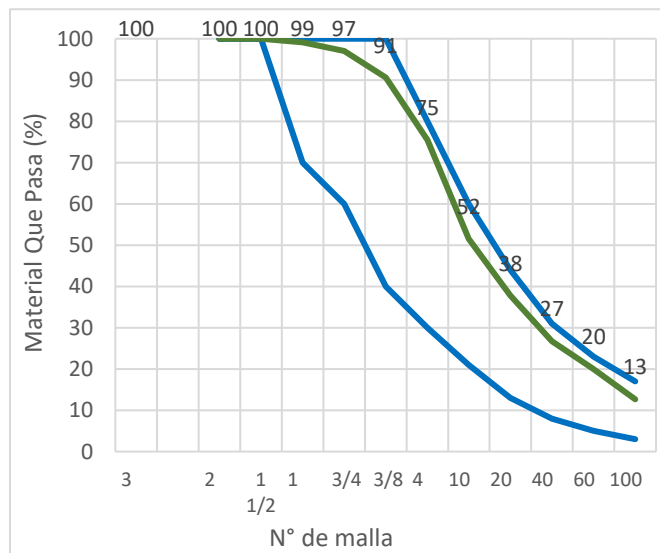
	P.V.S.M	%Humedad
1	1105 1/2	14.068
2	1188 3/5	17.647
3	1157	19.284

	Concreto	Asfalto	Asfalto
Equivalente de arena (%)	40	40	50
Límite Líquido (%)	25	25	25
Índice Plástico (%)	6	6	6
Valor Soporte de California CBR (%)	80	80	100
Desgaste de los ángeles (%)	35	35	30
Partículas lajeadas (%)	40	40	35
Partículas alargadas (%)	40	40	35

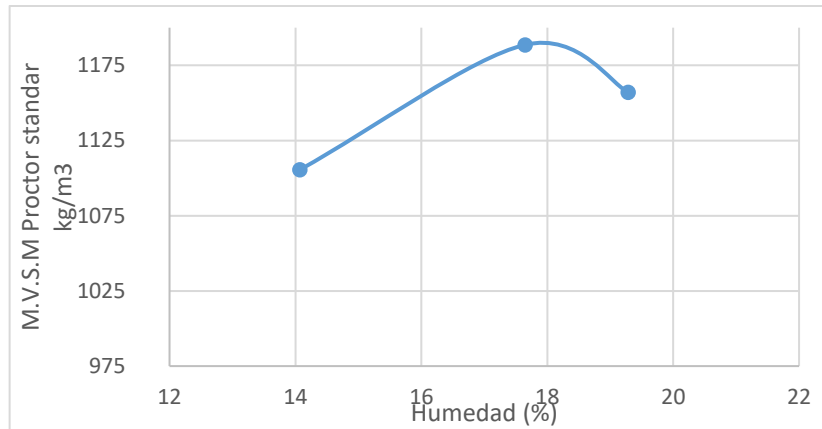
	Masa	Porcentaje	Retenido	Porcentaje
Malla	retenida	Retenido	Acumulado	que pasa
	(g)	(%)	(%)	(%)
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00
1"	15	0.92	0.92	99.08
3/4"	33	2.02	2.93	97.07
3/8"	106	6.48	9.42	90.58
No. 4	247	15.10	24.52	75.48
No. 10	392	23.97	48.49	51.51
No. 20	224.5	13.73	62.21	37.79
No. 40	180.5	11.04	73.25	26.75
No. 60	110.5	6.76	80.01	19.99
No. 100	120	7.34	87.34	12.66
No. 200	110.5	6.76	94.10	5.90
Charola	96.5	5.90	100.00	0.00
Masa total	1635.5	100.00		

Tablas N° 24: Análisis, Granulometrías, P.V.S.M. y % Humedad.

GRÁFICAS N° 15: COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA



GRÁFICA N° 16: CONTENIDO DE HUMEDAD VS M.V.S.M



El material presenta una composición granulométrica aceptable. La M.V.S.M es de 1188.6 kg/cm³ y el contenido óptimo de humedad es del 17.647 %. Todas las pruebas se realizaron con base en la normativa mexicana vigente. Las especificaciones son con base en la normativa de la SCT N-CMT-4-02-002/11.

Fig. N° 28: Cuarteo y Granulometrías.



Datos De Bitácora

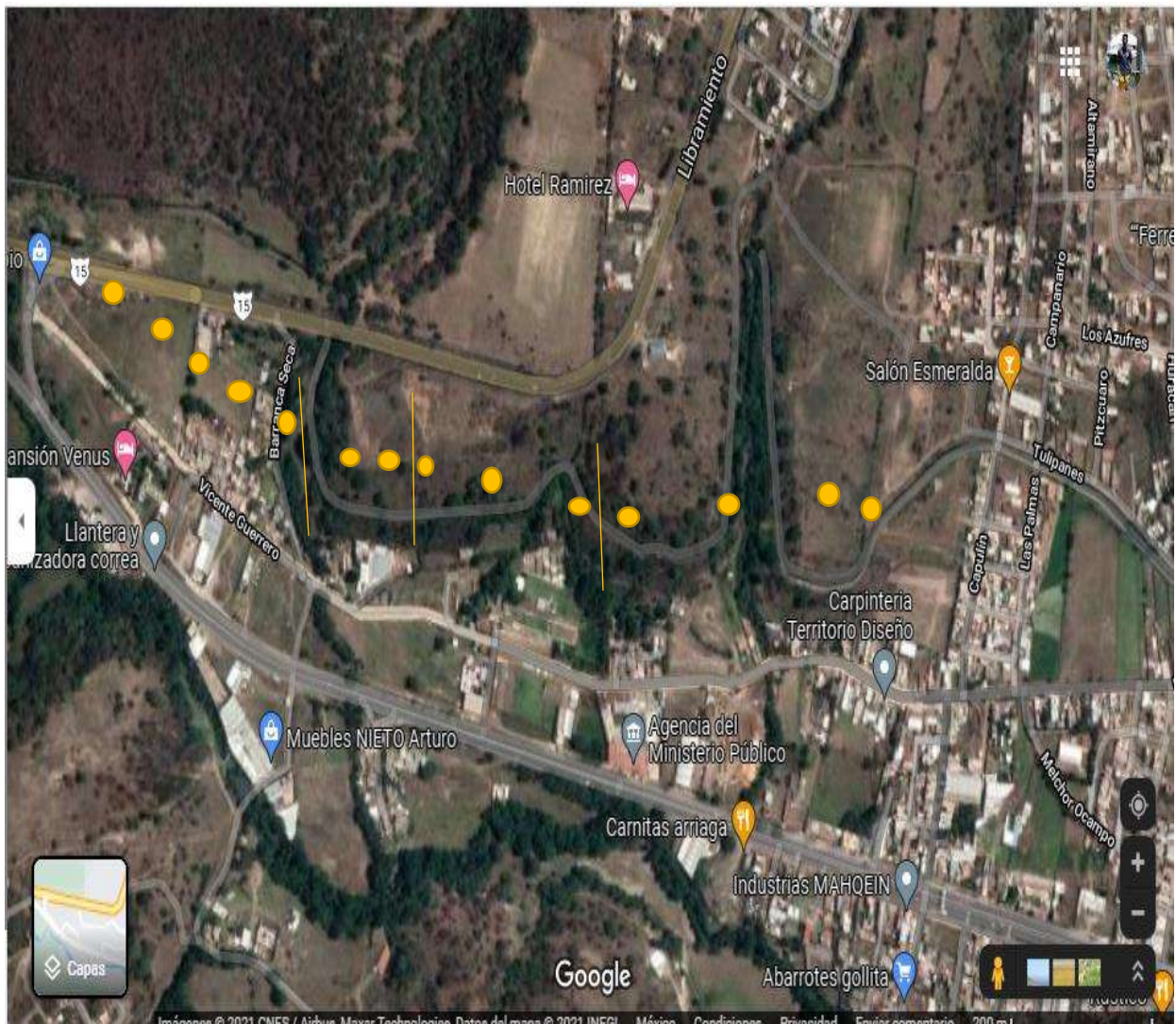
Pruebas de compactación en material de la base

Periodo de Elaboración de calas en Pruebas: 26/09/19 al 15/12/19

Resistencia de Proyecto del Concreto: 200 kg/cm²

Ensaye	Fecha de sondeo	Cad	Arena inicial (g)	Arena final (g)	Arena en la cala (g)	M.V.S Arena (g)	Vol. de la cala (cm ³)	Masa del material	M. V del mat h (g)	M. H (g)	M.S (g)	Humedad (%)	M.V.S campo kg/m ³	M.V.S. M(kg/m ³)	%Comp
1077-E1	26/09/2019	1 + 150	3500.0	789.4	2710.6	1336.0	2028.9	2572.4	1268	300.0	270.8	10.8%	1131.2	1160.0	98%
1077-E2	26/09/2019	1 + 120	3500.0	0.0	3500.0	1336.0	2619.8	3448.8	1316	300.0	258.6	16.0%	1105.7	1160.0	95%
1077-E3	26/09/2019	0 + 400	3500.0	45.2	3454.8	1336.0	2585.9	3960.2	1531	300.0	251.0	19.5%	1232.5	1280.0	96%
1077-E4	26/09/2019	0 + 300	3500.0	406.6	3093.4	1336.0	2315.4	3470.4	1499	300.0	253.2	18.5%	1221.8	1280.0	95%
303-1	11/10/2019	0+80	3500.0	789.4	2710.6	1336.0	2028.9	2572.4	1268	300.0	270.8	10.8%	1131.2	1160.0	98%
303-2	12/10/2019	0+230	3500.0												
303-3	13/10/2019	0+320	3500.0												
373-1	15/10/2019	0+040	3500.0	1997.5	1502.5	1504.0	999.0	1669.0	1671	300.0	250.5	19.8%	1340.5	1425.0	94%
373-2	15/10/2019	0+085	3500.0	1797.0	1703.0	1504.0	1132.3	1681.0	1485	300.0	263.0	14.1%	1275.7	1425.0	90%
379-1	25/10/2019	0+015	3500.0	1782.0	1718.0	1504.0	1142.3	1970.0	1725	300.0	256.5	17.0%	1432.1	1792.0	80%
388-1	10/11/2019		3500.0	1628.0	1872.0	1504.0	1244.7	2126.0	1708	316.5	280.5	12.8%	1488.9	1603.0	93%
388-2	10/11/2019		3500.0	1594.0	1906.0	1504.0	1267.3	1984.0	1566	318.5	273.5	16.5%	1308.0	1603.0	82%
601-1	15/11/2019		3500.0	1202.0	2298.0	1420.0	1618.3	2282.0	1410	350.0	314.0	11.5%	1248.4	1360.0	92%
601-2	15/11/2019		3500.0	1242.0	2258.0	1420.0	1590.1	2160.0	1358	350.0	310.0	12.9%	1183.1	1360.0	87%

Fig. N° 29: Calas de Acuerdo a los Cadenamientos en la calle Vicente Guerrero, Cd. Hidalgo, Mich.



Datos De Bitácora

Resistencia a la Compresión de Concreto Hidráulico

Obra: Pavimentación Hidráulica de la Prolongación de la Calle Vicente Guerrero, Ciudad Hidalgo, Michoacán.

Periodo de Elaboración de Concreto: 25/09/19 al 11/10/20

Periodo de Elaboración de Pruebas: 11/06/19 al 26/09/20

Resistencia de Proyecto del Concreto: 200 kg/cm²

No Ensaye	No Muestra	Revenimiento(cm)	Fecha Colado	Fecha Ruptura	Carga W (kg)	Area (cm ²)	F'c (kg/cm ²)	Resistencia %	Edad (días)	Tipo de cemento	Mpa
1068	1	11.5	25/09/2019	02/10/2019	42132	225	177.5	187.3	7	CPC-30 R RS	17.4128
	2	11.5	25/09/2019	09/10/2019	52376	225	185.3	232.8	14	CPC-30 R RS	18.1779
	3	11.5	25/09/2019	23/10/2019	52808	225	195.2	231.5	28	CPC-30 R RS	19.1491
	4	11.5	25/09/2019	23/10/2019	50999	225	195.4	226.6	28	CPC-30 R RS	19.1687
1244	1	10	26/09/2019	03/10/2019	27398	225	172.6	185.6	7	CPC-30 R RS	16.9321
	2	10	26/09/2019	10/10/2019	36998	225	179.3	222.3	14	CPC-30 R RS	17.5893
	3	10	26/09/2019	24/10/2019	41491	228	185.2	235.6	28	CPC-30 R RS	18.1681
	4	10	26/09/2019	24/10/2019	39433	228	185.3	251.2	28	CPC-30 R RS	18.1779
1245	1	12	02/10/2019	09/10/2019	40974	225	160.5	182.1	7	CPC-30 R RS	15.7451
	2	12	02/10/2019	16/10/2019	49259	228.01	171.3	216	14	CPC-30 R RS	16.8045
	3	12	02/10/2019	30/10/2019	54727	225	178.5	243.2	28	CPC-30 R RS	17.5109
	4	12	02/10/2019	30/10/2019	61324	225	178.3	272.6	28	CPC-30 R RS	17.4912
1253	1	10.5	10/10/2019	17/10/2019	43712	228.01	150.5	191.7	7	CPC-30 R RS	14.7641
	2	10.5	10/10/2019	24/10/2019	53230	228.01	162.1	233.5	14	CPC-30 R RS	15.902
	3	10.5	10/10/2019	31/10/2019	50203	225	175.1	223.1	28	CPC-30 R RS	17.1773
	4	10.5	10/10/2019	31/10/2019	55613	225	175.4	247.2	28	CPC-30 R RS	17.2067
1261	1	13	16/10/2019	23/10/2019	37150	225	165	165.1	7	CPC-30 R RS	16.1865
	2	13	16/10/2019	30/10/2019	36590	225	171.2	162.6	14	CPC-30 R RS	16.7947
	3	13	16/10/2019	13/11/2019	48730	225	177.5	216.6	28	CPC-30 R RS	17.4128

4	13	16/10/2019	13/11/2019	48813	225	177.5	216.9	28	CPC-30 R RS	17.4128	
1275	1	12.5	26/11/2019	03/12/2019	39000	225	185	251	7	CPC-30 R RS	18.1485
	2	12.5	26/11/2019	10/12/2019	39000	225	185	251	14	CPC-30 R RS	18.1485
	3	12.5	26/11/2019	24/12/2019	43500	225	177.5	187.3	28	CPC-30 R RS	17.4128
	4	12.5	26/11/2019	24/12/2019	43500	225	177.5	187.3	28	CPC-30 R RS	17.4128
1282	1	12	27/11/2019	04/12/2019	32000	225	165.4	220.5	7	CPC-30 R RS	16.2257
	2	12	27/11/2019	11/12/2019	36500	225	175	220	14	CPC-30 R RS	17.1675
	3	12	27/11/2019	25/12/2019	40000	225	160.5	182.1	28	CPC-30 R RS	15.7451
	4	12	27/11/2019	25/12/2019	40500	225	185.3	235.6	28	CPC-30 R RS	18.1779

Nota: Si se tratara de un Cemento Portland Compuesto de Clase 30, con resistencia especificada a 3 días y resistencia a sulfatos, se debe identificar como Cemento CPC 30 R RS.

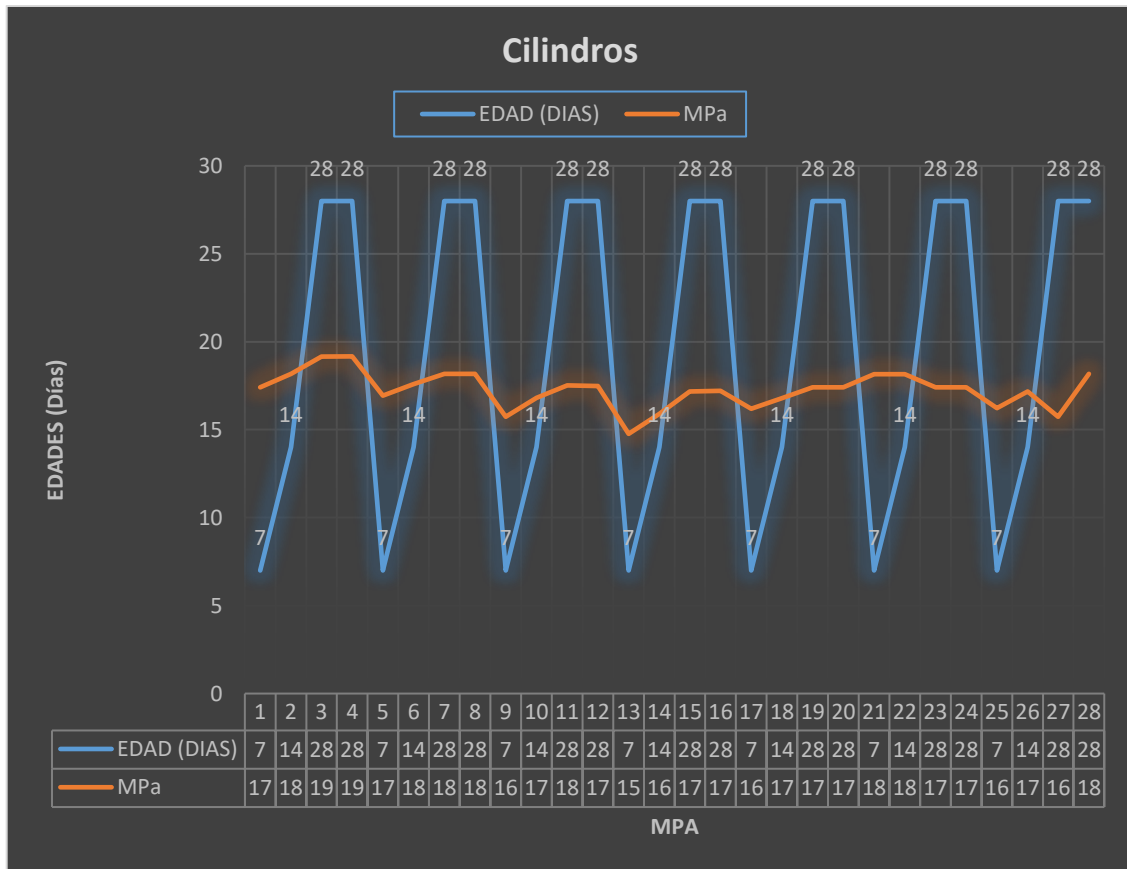


Diagrama 1: Resistencia a la Compresión de Concreto Hidráulico.

De acuerdo con el proceso de construcción que se llevó a cabo en todas las obras de calles del municipio de Ciudad Hidalgo, Michoacán y de acuerdo con el análisis de las pruebas realizadas en el laboratorio de materiales “Ing. Luis Silva Ruelas” de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, se puede indicar lo siguiente:

- Se realizó el desarrollo y procedimiento constructivo que debe ser aquel que optimice recursos económicos y tiempo, sin que por ello se deje a parte el control de los materiales de acuerdo a las normas mexicanas relacionadas con las del municipio o estado.
- Se dio a conocer las ventajas y desventajas obtenidas durante todo el proceso constructivo de las obras de las calles de acuerdo a las indicaciones del municipio de Ciudad Hidalgo, Michoacán.
- Los resultados de las pruebas relacionadas con la granulometría, compactación y concreto fueron respuestas positivas para el municipio ya que todas las pruebas pasaron de acuerdo a las normas mexicanas, así que siempre recomendó los materiales que se utilizaron para dicha obra a las autoridades del municipio.
- Se dio a conocer algunas características y especificaciones de los materiales durante el proceso constructivo y así se sumó la importancia de llevar un buen control de calidad en todos los eventos de la obra; en lo correspondiente al insumo de materiales que es muy indispensable que estos sean de calidad adecuada.

14 Conclusión

Como punto de vista técnico podemos decir que este tipo de pavimentos se puede utilizar, siempre y cuando se tenga el debido cuidado en la realización desde el proyecto hasta el procedimiento constructivo, así como en su mantenimiento durante su vida útil.

Se pretendió presentar de una forma sencilla, los criterios que se tomaron para definir los factores y variable más importantes que intervienen en el comportamiento de un pavimento de concreto hidráulico, en el cual, su análisis es difícil porque el estudio de la interacción de un elemento rígido (losa), estructuralmente bien definido, con un medio comportamiento elastoplástico (sub-base y terracerías) y con una mayor variabilidad de sus propiedades hacen que el análisis sea más un arte que una técnica.

En resumen, la tecnología de los pavimentos de concreto hidráulico, se convierte así en una opción más atractiva por el avance de la misma y su desarrollo a futuro, por los bajos costos de conservación, el ahorro en combustible para vehículos pesados, la mayor seguridad y menor costo del usuario; todo esto nos permite que el costo para el transporte resulte competitivo y permita planificar las estrategias a mediano y largo plazo.

Por lo tanto, se puede recomendar que la secretaria de comunicaciones y transporte (SCT) incluya en sus convocatorias las opciones de concreto hidráulico y asfalto para la construcción y rehabilitación de calles, carreteras y autopistas del país, lo que permitiría optar por la solución que resulte más favorable, de acuerdo con el costo del ciclo de vida de cada una de ellas.

15 Bibliografía

- Lic. Gerardo Ruiz Esparza, Mtro. Raul Murrieta Cummings y . (s.f.).
- Lic. Gerardo Ruiz Esparza, Mtro. Raul Murrieta Cummings, Ing. Clemente PoonHung. (2014). Guía de Procedimientos y Técnicas Para la Conservación de Carreteras en México 2014. (D. G. Técnicos, Ed.) México D.F, México. Recuperado el 13 de Noviembre de 2019, de <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Guias/guia-carreteras.pdf>
- Lic. José Luis Téllez Marín, dio el banderazo de arranque de tres importantes obras de infraestructura urbana como la tercera etapa de la pavimento hidráulico en la prolongación de la Calle Vicente Guerrero, drenaje pluvial en la Calle 20 de Noviembre de . (s.f.). Recuperado el 10 de Noviembre de 2019, de Lic. José Luis Téllez Marín, dio el banderazo de arranque de tres importantes obras de infraestructura urbana como la tercera etapa de la pavimento hidráulico en la prolongación de la Calle Vicente Guerrero, drenaje pluvial en la Calle 20 de Noviembre de : <https://tvmonarca.com/noticias-del-pais-de-la-monarca/lic-jose-luis-tellez-marin-dio-el-banderazo-de-arranque-de-tres-importantes-obras-de-infraestructura-urbana-como-la-tercera-etapa-de-la-pavimento-hidraulico-en-la-prolongacion-de-la-calle-vicente-gu/>
- A.C, I. M. (s.f.). <http://www.imcyc.com/concreto/>.
- Aguado, C. G. (2007). Control de Calidad y Procedimiento Constructivo del Edificio de la Facultad de Historia de la Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Etapa 2004-2006. Morelia, Michoacan.
- Aguado, C. G. (2007). Control de Calidad y Procedimientos Constructivos del Edificio de la Facultad de Historia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Etapa 2004- 2006. Tesis, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia. Recuperado el 02 de Diciembre de 2019
- Análisis del comportamiento estructural de un pavimento de concreto estructuralmente reforzado continuo (PCERC). (s.f.). <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt509.pdf>.
- Dirección General de Servicios Técnicos, SCT. (s.f.). Catálogo de Secciones Estructurales de Pavimentacion Para las Carreteras de la República Mexicana. Recuperado el 05 de Diciembre de 2019
- Diseño de Pavimentos Rigidos. (s.f.). http://www.amivtac.org/spanelWeb/file-manager/Biblioteca_Amivtac/Cursos%20AMIVTAC/curso-geotecnia/Curso-Geotecnia-y-Pavimentos-Qro.pdf.

- El Concreto Hidraulico a Nivel Estatal. (s.f.).
<http://www.revistacyt.com.mx/index.php/portada/310-pavimentos-de-concreto-y-modernizacion-carretera-en-mexico>.
- El Concreto Hidraulico a Nivel Mundial. (s.f.).
<http://www.imcyc.com/revistacyt/jul10/pavimentos.htm>.
- El Concreto Hidraulico a Nivel Municipio. (s.f.).
<https://elclarindiario.com/municipios/jose-luis-tellez-arranco-los-trabajos-de-la-construccion-del-pavimento-de-la-calle-los-azufres/>.
- El Concreto hidraulico a Nivel Nacional. (s.f.).
<http://www.imcyc.com/revistacyt/sep11/arthistorico.html>.
- El Pavimento Rigidos. (s.f.).
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/importancia-y-ventajas-del-pavimento-en-concreto>.
- MBA, I. M. (2012). *Temas de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión*. Ciudad de Lima.
- MBA, I. M. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto Diseño, Construcción y Supervisión*. ciudad de Lima: CIP 79290. Recuperado el 20 de Octubre de 2019
- NMX-C-030-ONNCCE. (2004). *Industria de la Construcción - Agregados - Muestreo*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación y Edificación, S.C.
- NMX-C-073-ONNCCE. (2004). *Industria de la Construcción - Agregados - Masa Volumétrica - Método de Prueba*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
- NMX-C-122-ONNCCE. (2004). *Industria de la Construcción-Agua para Concreto-Especificaciones*. ONNCE-Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
- NMX-C-152-ONNCE. (2015). *Industria de la Construcción - Cemento Hidraulico - Determinación de la densidad*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
- NMX-C-514_ONNCCE. (2016). *Industria de la Construcción - Resistividad Eléctrica del Concreto Hidraulico - Especificaciones y Métodos de Ensayos*. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C.
- Normativa para la Infraestructura del Transporte. (Normativa para la Infraestructura del Transporte). Recuperado el 14 de Octubre de 2019, de <https://normas.imt.mx/busqueda-desplegable.html#1>

Ordoñez, I. I. (2008). El Pavimento de Concreto Hidraulico Premezclado en la Modernización y Rehabilitación de la Avenida Arboledas. Tesis, México, D.f. Recuperado el 15 de Diciembre de 2019

Pavimentos de Concreto a Nivel Nacional. (s.f.). Recuperado el 25 de Octubre de 2019, de Pavimentos de Concreto a Nivel Nacional: <http://www.imcyc.com/revistacyt/sep11/arthistorico.html>

SCT, Concesion de Autopista de Altas Especificaciones, Morelia-Salamanca. (s.f.). Recuperado el 04 de Noviembre de 2019, de SCT, Concesion de Autopista de Altas Especificaciones, Morelia-Salamanca: https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2014i/Documentos/Auditorias/2014_0365_a.pdf

Urbina., I. C. (2008). Manual de Procesos Constructivos Para Pavimento de Baja Intensidad de Trafico en el Salvador, Utilizando Concreto Hidraulico Eimple y Emulsiones Asfálticas. Tesis, El Salvador. Recuperado el 04 de Diciembre de 2019

ASTM-C-127. (2004). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-128. (2004). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-136. (2004). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-187. (1998). Standard Test Method for Normal Consistency of Hydraulic Cement. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-188. (1995). Standard Test Method for Density of Hydraulic Cement. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-192M. (2018). Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-266. (2004). Standard Test Method for Time of Setting of Hydraulic-Cement Paste by Gillmore Needles. American Society of Testing Materials (ASTM).

ASTM-C-29. (1997). Standard Test Method for Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate. American Society of Testing Materials (ASTM).

- ASTM-C-33. (2003). Standard Specification for Concrete Aggregates. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-C-39M. (2018). Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-C-566. (1997). Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-C-597 . (2016). Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-C-617M. (2015). Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-C-702. (2003). Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-C-94M. (2004). Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. American Society of Testing Materials (ASTM).
- ASTM-D-75. (2003). Standard Practice for Sampling Aggregates. American Society of Testing Materials (ASTM).