



**UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No.8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

**UNIVERSIDAD  
DON VASCO, A.C.**

**Escuela de Ingeniería Civil**

**IMPACTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL EN EL  
COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS DE CONCRETO HIDRÁULICO  
PARA PAVIMENTOS EN VIALIDADES DE TIERRA CALIENTE Y  
MESETA PUREPECHA**

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**González Ayala María Leydi**

**Asesor: Ing. Anastacio Blanco Simiano.**

Uruapan, Michoacán. A 11 de Marzo del 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre, que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermano, que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

En especial a mi hija María Fernanda, que es el motor que me obliga a funcionar y ser cada día mejor.

Al Ing. Blanco Anastacio Simiano, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

# INDICE

Introducción.	
Antecedentes . . . . .	1
Planteamiento del problema . . . . .	2
Objetivo . . . . .	2
Pregunta de investigación. . . . .	3
Justificación. . . . .	5
Marco de referencia . . . . .	7

## **Capítulo 1.- Mecánica de suelos.**

1.1- Objetivo de los estudios de mecánica de suelos. . . . .	9
1.2- Definición del suelo . . . . .	10
1.3- Origen del suelo . . . . .	12
1.4- Formación de los suelos . . . . .	14
1.5- Agentes generadores de suelos . . . . .	15
1.6.- Constitución interna del globo terrestre . . . . .	16
1.7- Clasificación de los suelos . . . . .	17
1.8.- Estructura . . . . .	18
1.8.1.- Gravas . . . . .	19
1.8.2.- Arenas . . . . .	19
1.8.3.- Limos . . . . .	20
1.9.- Suelos residuales y transportados . . . . .	20
1.9.1.- Características de los suelos residuales . . . . .	22
1.10.- Minerales constitutivos de los suelos gruesos. . . . .	25

1.11.- Minerales constitutivos de las arcillas . . . . .	25
1.11.1.- Físico-química de las arcillas. . . . .	26
1.12.- Agregados ígneos y Metamórficos . . . . .	27
1.13.- Consideraciones acerca del empleo de los agregados pétreos . . . . .	27
1.14.- Subrasante . . . . .	28
1.15.- Subbase . . . . .	28
1.16.- Base . . . . .	29

**Capítulo 2.- Conceptos básicos de pavimentos rígidos.**

2.1.- Definición y características de pavimento rígido . . . . .	30
2.2.- Componentes básicos del pavimento rígido . . . . .	33
2.3.- Usos y ventajas del concreto simple y reforzado . . . . .	37
2.4.- Cementos portland . . . . .	39
2.5.- Nueva Norma Mexicana . . . . .	39
2.6.- Clase resistente . . . . .	40
2.7.- Métodos de fabricación . . . . .	41
2.8.- Análisis químico . . . . .	42
2.8.1.- Resistencia a la compresión del mortero de cemento Portland . . . . .	44
2.9.- Densidad relativa . . . . .	45
2.10.- Curado . . . . .	46
2.11.- Revenimiento . . . . .	47
2.12.- Resistencia del concreto . . . . .	48
2.13.- Resistencia a la tracción . . . . .	49
2.14.- Resistencia al corte . . . . .	49

2.15.- La adherencia . . . . .	50
2.16.- Aditivos para concreto . . . . .	51
2.17.- Incluidores de aire . . . . .	54
2.18.- Métodos de dosificación . . . . .	55
2.19.- Estabilidad física. . . . .	56
2.20.- Estabilidad química. . . . .	57
2.21.- Estabilidad mecánica. . . . .	57
2.22.- Estabilización con cal. . . . .	58
2.23.- Estabilización con cemento. . . . .	58
2.24.- Principales características de los pavimentos hidráulicos . . . . .	59
2.25.- Losas de concreto simple vibrado . . . . .	61
2.26.- Losas de concreto reforzado . . . . .	62
2.27.- Losas de concreto presforzado y postensado . . . . .	63
2.28.- Losas de concreto fibroso. . . . .	63
2.29.- Losas de concreto compactado con rodillo . . . . .	63
2.30.- Materiales para conformar la estructura de pavimento y superficie de Apoyo . . . . .	63
2.31.- Pavimentos de concreto en vialidades urbanas . . . . .	64
2.32.- Resistencia del concreto . . . . .	65
2.33.- Características y propiedades de la capa de apoyo . . . . .	66
2.34.- Tránsito . . . . .	67
2.35.- Método de la fatiga (P.C.A.) . . . . .	69
2.36.- Juntas de pavimentos hidráulicos . . . . .	70
2.37.- Agrietamientos . . . . .	70
2.38.- Base estabilización con cemento . . . . .	72

2.39.- Carpeta de rodadura . . . . .	72
2.40.- Juntas transversales y longitudinales . . . . .	72
2.41.- Texturizado . . . . .	73
2.42.- Tipos de pavimentos . . . . .	74

**Capítulo 3.- Resumen de macro y Microlocalización.**

3.1.- Generalidades . . . . .	76
3.1.1.- Objetivo . . . . .	76
3.1.2.- Alcance del proyecto . . . . .	77
3.2.- Resumen ejecutivo . . . . .	77
3.3.- Entorno geográfico . . . . .	77
3.3.1.- Macro y Microlocalización . . . . .	77
3.3.3.- Hidrología regional y de la zona en estudio . . . . .	79
3.3.4.- Uso de suelo regional y de la zona en estudio . . . . .	80
3.4.- Informe fotográfico . . . . .	82
3.4.1.- Problemas de azolve . . . . .	86
3.4.2.- Estado físico actual . . . . .	86
3.5.- Alternativas de solución . . . . .	86
3.5.1.- Planteamiento de alternativas . . . . .	86
3.6.- Procesos de análisis . . . . .	86

**Capítulo 4.- Metodología.**

4.1.- Método empleado . . . . .	87
4.1.1.- Método matemático . . . . .	88
4.2.- Enfoque de la investigación . . . . .	89

4.2.1.- Alcance de la investigación . . . . .	90
4.3.- Diseño de la investigación . . . . .	90
4.4.- Instrumentos de recopilación de datos . . . . .	91
4.5.- Descripción del proceso de investigación . . . . .	93

**Capítulo 5.- calculo, Análisis e interpretación de resultados.**

5.1.- Pavimentos de concreto . . . . .	95
5.2.- Tipos de pavimentos rígidos . . . . .	96
5.3.- Fabricación de concreto simple . . . . .	97
5.4.- Colocación de concreto . . . . .	98
5.5.- Concreto en clima cálido . . . . .	99
5.6.- Colocación del concreto bajo temperaturas frías . . . . .	105
5.7.- Colocación . . . . .	108
5.8.- Análisis del aplicado en clima cálido y frío . . . . .	112
5.9.- Análisis para clima cálido . . . . .	115
5.10.- Análisis para clima frío . . . . .	116
<b>Conclusiones . . . . .</b>	<b>119</b>
<b>Bibliografía . . . . .</b>	<b>123</b>



## **INTRODUCCIÓN**

El concreto podría considerarse como el material más utilizado en la construcción, por lo que su fabricación debe tener un especial cuidado para cualquier fin al que se le designe. Esta tesis tiene como objetivo describir de manera sencilla y ordenada, la fabricación de concreto premezclado en condiciones climáticas diferentes, tales como clima frío y un clima cálido, que influyen de manera directa en sus características y en cualquier otra etapa, tales como mezclado, transporte colocación y el curado, así como en las propiedades físicas y mecánicas. Esto debe preocupar al constructor y al fabricante por las pérdidas de resistencia en el concreto debidas al incremento de la temperatura ambiental y comparar las pruebas físicas indispensables que se deben realizar al concreto hidráulico.

### **Antecedentes**

De acuerdo a los estudios realizados anteriormente al concreto en condiciones extremas de climas ya sean altas o bajas, influye de manera directa en sus características la trabajabilidad y resistencia a compresión del concreto afectadas por condiciones climáticas específicas, determinando qué tanto afectan estas condiciones térmicas a las condiciones del concreto los agregados y la velocidad de absorción, los aditivos retardantes o acelerantes.

## **Planteamiento del problema**

Que sucederá con el pavimento rígido, en condiciones de clima extremo tales, como frío o caliente y cómo podríamos mejorarlos con aditivos o acelerantes de manera que su rendimiento sea la más apropiada.

Es importante señalar que en la actualidad no hay mucha información de cómo mitigar los daños del concreto colado en diferentes climas, lo que lleva a realizar esta investigación, de cómo mejorar su rendimiento de manera más adecuada y así mismo poder reducir su mantenimiento a largo plazo.

## **Objetivo**

Analizar el impacto de la temperatura ambiental, en el comportamiento de mezclas de concreto hidráulico para pavimentos en vialidades, de Tierra Caliente y Meseta Purépecha, donde la temperatura influye mucho en la trabajabilidad del concreto al momento de colocación y durante su endurecimiento.

Como objetivo particular en el diseño de pavimentos, es fundamental conocer algunas propiedades de los suelos que nos permiten conocer sus características generales y sus comportamientos.

Algunas de estas propiedades se obtienen mediante pruebas como La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos de poder deformarse, hasta cierto límite, sin romperse, límite líquido es el contenido de humedad del suelo, entre otras más pruebas necesarias.

Mencionaremos algunos aspectos referentes al tráfico y a la ingeniería de tránsito que debemos tomar en cuenta en el proyecto de una vialidad. De manera general señalar los fundamentos de la ingeniería de tránsito, para completar el diseño de una vialidad y que tenga las bases necesarias.

### **Pregunta de investigación**

Para llevar a cabo un buen resultado de la comparativa con respecto a las temperaturas extremas, es necesario una serie de preguntas básicas, que definan los objetivos de la tesis, las cuales son las siguientes:

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de una u otra forma, la mayoría utilizan la tierra como elemento de construcción, por lo que en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán determinados, por los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

Si se sobrepasan los límites de resistente del suelo o no, se pueden producir esfuerzos secundarios en cualquier estructura, quizás no tomados en consideración en el diseño, y ocasionen deformaciones.

Todo depende de la clasificación de suelos situados en la obra, la cual se desarrolla de la siguiente manera: gravas, arenas, limos y arcillas, cada una con propiedades, color y tamaños diferentes.

El tipo de suelo predominante en la zona donde se llevó a cabo la colocación de concreto es de tipo tepetate, por su alto contenido de arcilla, el

tepetate absorbe grandes cantidades de agua, tiene poca fertilidad y se endurece cuando pierde humedad. Puede encontrarse subyaciendo la superficie, o bien, aflorar en algunas zonas, bueno para algunos usos en la industria de la construcción.

Los Pavimentos Rígidos son aquellos formados por una losa de concreto Portland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente.

En función a lo señalado anteriormente, se puede diferenciar que en el pavimento rígido, el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores.

En la calle Tamakua se pretende dar una resistencia que dependa del aforo vehicular, determinado por el porcentaje de camiones en el carril de diseño en ambas direcciones.

¿Qué impacto tiene la temperatura en concreto rígido a temperaturas extremas como en clima frío y clima cálido?

¿Qué tanto influye la temperatura en el concreto hidráulico?

## **Justificación**

La presente investigación se justifica por la importancia de conocer cómo reacciona el concreto rígido, en condiciones de clima extremo. Se marcará cada uno de los pasos a seguir, porque así tendremos cómo mejorarlos y que tanto influye la temperatura en sus componentes físicos, como químicos qué vendría a beneficiar, a todos las personas, por su gran capacidad de absorción de cargas por un constante aumento de tráfico y el peso de los vehículos que estén en distintos tipos de climas; qué proceso se lleva acabo, para que el concreto hidráulico no sufra cambios irreversibles.

## **Marco de referencia**

El municipio de Uruapan se localiza en la zona centro occidente del estado de Michoacán, tiene una extensión territorial total de 954.17 km<sup>2</sup>. Sus límites son al norte con el municipio de Charapan, Paracho, Nahuatzen, al este con el municipio de Tingambato, Taretan y el sur con Parácuaro al oeste con Peribán y Tancítaro, Este municipio se encuentra totalmente en el eje neovolcánico (cadena de volcanes) por lo que es montañoso, destacando los cerros de Charanda de la Cruz, Jicalán.

El municipio de Uruapan se encuentra a la altura sobre el nivel de mar de 417.9m como mínima y como máxima 3340 msnm. La principal corriente del municipio es el río Cupatitzio, que nace en el territorio y fluye en sentido norte a sur; existen además los embalses de Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y

una cascada conocida como La Tzaráracua. Su clima es templado y tropical con lluvias en verano.

Tiene una precipitación pluvial anual de 1, 759. 3, milímetros y temperaturas que oscilan entre 8. 0 a 37. 5 grados centígrados. En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino, y el bosque tropical, con parota, guaje, cascalote y cirián. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

### **Referencia del lugar Apatzingán**

Apatzingán es una ciudad de Michoacán, una de las más grandes en cuanto a población en la zona de Tierra Caliente. Limita al norte con Tancítaro, al este con Parácuaro, al sur con Tumbiscatío y al oeste con Aguililla. Esta ciudad produce gran cantidad de productos naturales, que a su vez impulsan el comercio y esto genera muchos empleos en la región. El clima de la región es caluroso, tropical y seco con temperaturas que oscilan de 8 a 39.8 °C. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico y cuaternario, correspondiendo principalmente a los del tipo podzólico, de pradera, amarillo de bosque y castaño. Su uso es primordialmente agrícola y forestal y en menor proporción ganadero.

La información anterior servirá de referencia en los estudios y pruebas a realizar así como en el análisis comparativo de las zonas mencionadas anteriormente, dándole énfasis al impacto de la temperatura ambiental en el comportamiento de las mezclas asfálticas y requerimientos específicos para la selección apropiada.

# CAPÍTULO 1

## MECÁNICA DE SUELOS

Los suelos son el más viejo material de construcción, por lo tanto el más complejo, su variedad es enorme y sus propiedades, variables en el tiempo y en el espacio, son difíciles de entender y de medir.”(Juárez Badillo, 2002.13)” Desde el punto de vista de la ingeniería, el suelo es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras, del que importan las propiedades físico-químicas, especialmente las propiedades mecánicas. Para que un pavimento ya sea rígido o flexible se comporte como se espera deberá tener un estudio adecuado de mecánica de suelos para diseñar las capas que le van a recibir de manera segura y adecuada.

Todas las obras de ingeniería civil se apoyan sobre el suelo de alguna u otra forma, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos por lo que, su estabilidad y comportamiento funcional y estético, están determinados, entre otros factores, por el desempeño del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por el del suelo utilizado para conformar los rellenos.

Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en las estructuras, o en el diseño, y deformaciones importantes como, fisuras,

grietas, alabeo o desplomes que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

En consecuencia, las condiciones del suelo como elemento de sustentación y construcción y las del cimiento, han de ser siempre observadas, aunque esto se haga en proyectos pequeños fundados sobre suelos normales a la vista de datos estadísticos, y en proyectos de mediana a gran importancia o en suelos dudosos, lo que requiere una correcta investigación de la mecánica de suelos.

En los laboratorios de mecánica de suelos es fácil determinar el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas en el horno y el peso específico relativo de los suelos, como se muestra en la figura 1.1 que representa el esquema de una muestra de suelo, en sus faces principales, así como los conceptos más comunes.

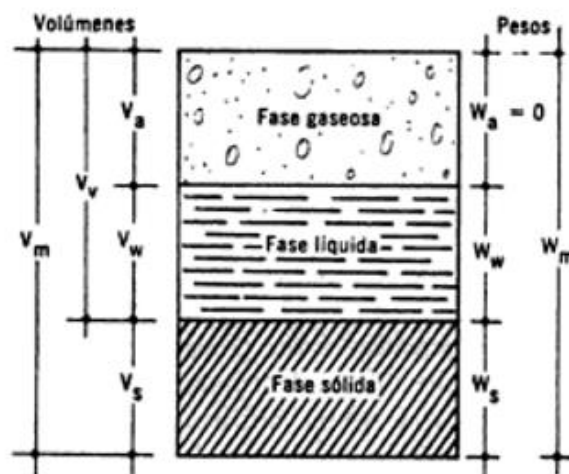


Figura .1.1.- Esquema de una muestra de suelos

Fuente: Juárez Badillo, (2005)



### 1.1.- Objetivo de los estudios de mecánica de suelos.

El objetivo de estudiar el comportamiento de suelo es para poder ser usado como material de construcción así como para darle estabilidad al suelo, en este caso sería de un pavimento rígido en la meseta purépecha dándole énfasis a los cambios volumétricos y variaciones de propiedades mecánicas y los tipos de suelos necesarios en la construcción.

El pavimento rígido se compone de grava, arena, materiales de construcción muy esenciales para la construcción, los tipos de suelos son muy importantes para cualquier obra y para cualquier tipo de carretera que ajustan sus propiedades de ingeniería. También se coloca sobre un suelo o base de piedra, de diferente diámetro o tamaño. Tanto en los diseños del pavimento, como para darle estabilidad al suelo como se muestra en la figura 1.2.

MATERIAL	CARACTERÍSTICA	TAMANO mm
Piedra	---	Mayor de 70 mm
Grava	Gruesa	30 a 70
	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
Arena	Gruesa	1 a 2
	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
Polvo	Grueso	0.05 a 0.1
	Fino	0.02 a 0.05
Limo	Grueso	0.006 a 0.02
	Fino	0.002 a 0.006
Arcilla	Gruesa	0.0006 a 0.002
	Fina	0.0002 a 0.0006
Ultra-Arcilla	---	0.00002 a 0.0002

Figura .1.2.- Tabla de clasificación de materiales.

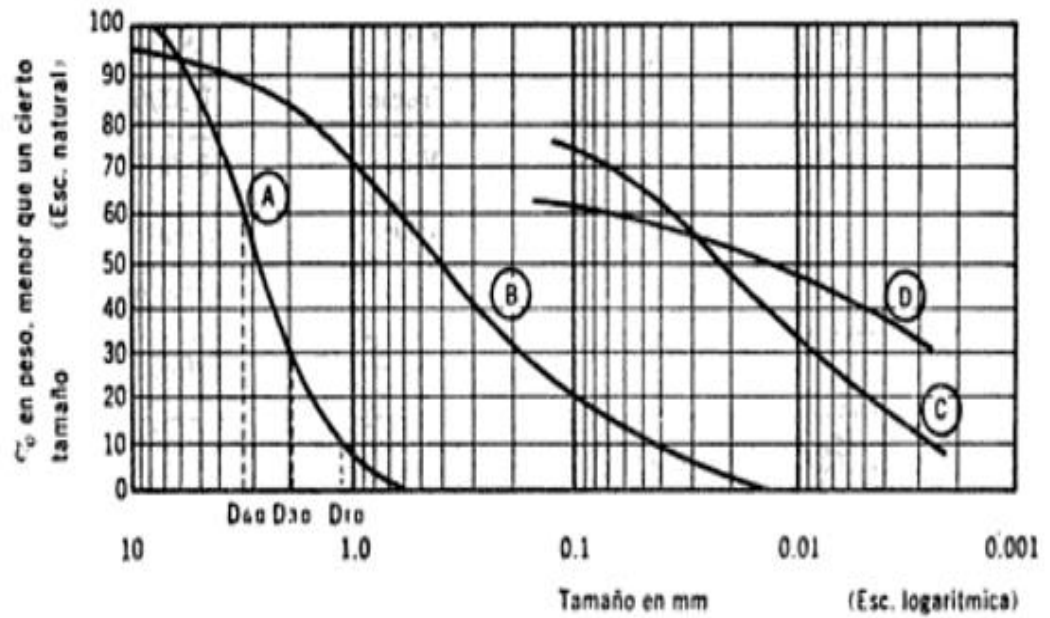
Fuente: Juárez Badillo, (2005)

La selección de un pavimento rígido depende de un número de factores. Con frecuencia, un analista lleva a cabo un estudio de costo del ciclo de vida para evaluar las alternativas de pavimento, basado en el precio inicial, así como la rehabilitación y mantenimiento necesarios durante la vida útil del pavimento. La selección de pavimento incluye la facilidad de construcción y seguridad, tales como la resistencia al deslizamiento, el ruido del tráfico y las cuestiones climáticas o meteorológicas, entre otros.

### **1.2.- Definición de suelo.**

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre ella.

Los suelos son sistemas complejos donde ocurren una muy variada gama de procesos físicos y biológicos que se ven reflejados en la gran variedad de suelos existentes en la tierra, las curvas granulométricas indican que tipo de suelo que se muestra en la figura 1.3



. Figura .1.3.- Curvas granulométricas de suelos

Fuente: Juárez Badillo, (2005)

a) arena muy uniforme

b) suelo bien graduado

c) arcilla

Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico.

### **1.3.- Origen del suelo.**

El suelo constituye la interface entre las rocas del sustrato continental y la atmósfera, formándose de los fenómenos físicos, físico-químicos y biológicos de intercambio que ahí se producen. El concepto de suelo es, un concepto evolutivo. Este se forma como consecuencia de un proceso que evoluciona sin la influencia de agentes externos, que implica un cambio progresivo desde que la roca se pone en contacto con la atmósfera como consecuencia de la erosión, hasta su desarrollo completo.

Un concepto muy relacionado es el de una capa de materiales no consolidados (regolito), que constituye lo que podríamos llamar capa no estructurada de materiales que se acumula sobre la superficie del terreno como consecuencia de procesos diversos. El suelo es un material no consolidado evolucionado, que ha adquirido la estructuración en capas u horizontes que le caracteriza.

También las zonas de alta montaña, por encima de determinadas altitudes, en las que ya no llega a desarrollarse vegetación, tenemos un suelo formado por los restos de la meteorización del sustrato.

En condiciones normales, cuando se elimina el suelo de una porción de terreno, al cabo de unos meses o unos pocos años se observa que comienza a implantarse vegetación, se forman acumulaciones de tierra, y los fragmentos de rocas comienzan a redondear sus formas, liberando fragmentos menores. Es decir, se está formando un suelo, que constituye el punto de partida de la formación del mismo.

La capa superficial, la que se forma a consecuencia de la implantación de vegetación sobre el suelo, la actividad de las raíces, la acumulación de los restos vegetales, la actividad animal, lombrices, insectos u otros animales excavadores, así como por la acumulación en esta zona de los productos de la meteorización superficial arcillas y cuarzo.

El otro horizonte que se forma en lo más profundo, en contacto directo con la roca más o menos meteorizada del sustrato, y compuesto mayormente por fragmentos de ésta, acompañados por productos poco evolucionados de su meteorización.

Estos suelos primitivos son característicos de áreas sometidas a fuerte erosión, en las que no da tiempo al desarrollo de un suelo completamente estructurado, aunque también pueden tratarse de suelos jóvenes, en formación.

Cuando el suelo evoluciona durante un periodo de tiempo lo suficientemente largo se forma un nuevo horizonte:

Horizonte de acumulación, esta capa del suelo se origina como consecuencia de los procesos de intercambio que se producen entre los horizontes anteriormente ya mencionados, la migración de aguas, tanto descendentes, como ascendentes hace que llegue a individualizarse este horizonte, caracterizado por la acumulación de precipitados (carbonatos, sulfatos).

Estos tres horizontes son los básicos y fundamentales que se puede encontrar en la mayor parte de los suelos comunes.

#### **1.4.- Formación de los suelos.**

La formación general de los suelos es un proceso que varía según los distintos elementos presentes en él y la intensidad con los que actúan los factores que intervienen. Es por esto que se puede nombrar algunos elementos y factores como los más importantes:

- Roca madre; es decir la roca original. Sus elementos pasan a constituir el suelo que se forma por encima de ella. Por ejemplo, los suelos calcáreos son formados gracias a las rocas calizas.
- El clima; en aquellas zonas en donde la temperatura es mucho más elevada, la descomposición de la materia orgánica por ende es mucho más rápida, facilitando la formación de humus y alterando químicamente sus elemento, sumado a ello, las abundantes lluvias propician que algunos elementos del suelo se disuelvan.
- El relieve; la acumulación de sedimentos que conforman el suelo es facilitada por la pendiente o las distintas formas que se presentan en el relieve.
- Finalmente, quienes aportan mayor cantidad de materia orgánica, es la vegetación y la vida animal. Esto es importantísimo, ya que esta materia es la que permite la formación de suelos ricos en humus.

Entonces, se puede decir que todos estos elementos y factores interrelacionados inciden directamente sobre la formación de distintos tipos de

suelos. Estos se diferencian por presentar además, diversas propiedades físicas y químicas; por ejemplo:

\* Textura: el suelo está formado por un sin número de partículas de distinto tamaño. Esto determinará la porosidad, la capacidad para retener agua y la aireación del suelo. Tal es así, que las partículas se clasifican en arenas (si tienen granos muy gruesos), limo (intermedios) y arcilla (si las partículas son muy finas).

\* Color: ésta es la propiedad más manejada, por su utilidad y rapidez para determinar el tipo de suelo al que corresponde. Por ejemplo: marrón (es que posee poca cantidad de materia orgánica y su fertilidad es variable); negro (abundante materia orgánica, buena estructura y elevada fertilidad); rojo (suelos ricos en óxidos de hierro, situados en lugares de altas temperaturas, baja actividad del agua, poco fértiles); amarillos (baja fertilidad), etc.

\* Acidéz: se mide la acidéz o alcalinidad de los suelos, a través de reactivos químicos expresados en una escala de PH (de 0 a 14). Es decir, que los que contengan PH 7 son neutros, los que se sitúan por debajo son ácidos, y los que superan al 7, son alcalinos.

### **1.5.- Agentes generadoras de suelos.**

La corteza terrestre es atacada principalmente por dos agentes o grupos: desintegración mecánica y descomposición química: el término desintegración mecánica se refiere a la intemperización de las rocas por agentes físicos, cambios

periódicos de temperatura congelación del agua en grietas y por esta acción se forman las arenas arcillas y por último los limos.

Descomposición química se entiende a la acción de agentes que atacan las rocas modificando su constitución mineralógica o química donde el principal agente es el agua.

En ingeniería civil un suelo es un conjunto de partículas minerales producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes.

#### **1.6.- Constitución interna del globo terrestre.**

El núcleo formado por compuestos de hierro y níquel es considerablemente superior a las capas superficiales, donde un manto de magma rodea al núcleo; después se encuentra la corteza terrestre, capa de densidad decreciente hacia la superficie, principalmente formada por silicatos de espesor de 30 a 40 km, en las plataformas continentales.

Está constituida por grandes masas heterogéneas toda esta corteza se encuentra en balance isostático.

Flotando sobre el magma terrestre más denso o hay una, la separación entre la parte fluida y la corteza que lo envuelve suele considerarse abrupta, antes que gradual.



De la corteza terrestre existe una pequeña capa formada por la disgregación y descomposición de sus últimos niveles, y donde finalmente se llega a los suelos.

El suelo con relación a la ingeniería es un material terroso, desde un relleno de desperdicio hasta areniscas, parcialmente cementadas o lutitas suaves el contenido de agua, juega un papel muy importante en la mecánica de suelos, que debe considerarse como parte fundamental del mismo.

### **1.7.- Clasificación de los suelos.**

Se basa principalmente en características distintivas y en criterios de uso, de acuerdo a sus propiedades. Uno de los sistemas más comunes para suelos es el Sistema de Clasificación de Suelo Unificado, del cual se tienen tres grupos:

1. Suelos de grano grueso (arenas y gravas).
2. Suelos de grano fino (limos y arcillas).
3. Suelos altamente orgánicos (turba).

Los principales tipos de suelos se puede observar que nos indica que son los restos de la vegetación, y otros restos orgánicos al ser descompuestos por la acción de los microorganismos para su propia nutrición. Dejan como residuo partículas finas de tamaño coloidal denominadas humus, el humus se mezcla en diferentes proporciones con las partículas minerales, formándose de esa manera los suelos orgánicos.

Los suelos se dividen en dos grupos: inorgánicos y orgánicos. Los inorgánicos es el producto de intemperismo de las rocas permanece donde se

formó y da origen a suelo residual o que en caso contrario están los suelos transportados cualquier que sea su agente transportador que puede ser por gravedad y por viento etc.

Orgánicos estos se forman en su sitio mucha veces en humus o materia no descompuesta o en descomposición.

Los suelos más comunes con los nombres que generalmente son utilizados de acuerdo a la ingeniería son:

### **1.8.- Estructura.**

Se conoce como estructura de un suelo a la ubicación, arreglo, y orientación entre otros factores de sus partículas según esto los suelos pueden ser gruesos, o finos cuyos tamaños fluctúan de la siguiente manera.

La estructura del suelo es como el estado del mismo, que resulta de la granulometría de los elementos que lo componen y del modo como se hallan éstos dispuestos. La evolución natural del suelo produce una estructura vertical estratificada a la que se conoce como perfil. Las capas que se observan se llaman horizontes y su diferencia se debe tanto a su dinámica interna como al transporte vertical. El transporte vertical tiene dos dimensiones con distinta influencia según los suelos:

1. La lixiviación o lavado la produce el agua que se infiltra y penetra verticalmente desde la superficie, arrastrando sustancias que se depositan sobre todo por adsorción.

2. La otra dimensión es el ascenso o auge vertical por capilaridad, importante sobre todo en los climas donde alternan estaciones húmedas con estaciones secas.

Se llama roca madre a la que proporciona su matriz mineral al suelo. Se distinguen suelos que son de ese lugar, que se asientan sobre su roca madre y representan la situación más común. Debemos de tener en cuenta que el suelo es parte de nuestra vida.

#### **1.8.1.- Las gravas.**

Las gravas son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas, miden más de 2 milímetros de diámetro, como son material suelto están en lechos, ríos, las gravas ocupan grandes extensiones, pero se encuentran en mayor o menor proporción, en cantos rodados, arenas, limos y arcillas sus partículas varían de 7.62 cm hasta 2.0 mm.

Suelo grueso es de estructura simple en la que las partículas se apoyan una sobre otra en forma continua, las fuerzas que existen entre el contacto de las partículas se deben exclusivamente a su peso propio

#### **1.8.2.- Arenas.**

Es el nombre que se le da a los materiales de granos finos, que proceden de la desaparición de la parte más externa de las rocas y cuyas partículas varían de 2 mm a 0.05 mm de diámetro.

Tiene aspecto semejante a las gravas, porque suelen encontrarse en el mismo lugar o depósito, las arenas al estar limpias no se contraen al estar secas y no son plásticas, son mucho menos compresibles que las arcillas; aplicándole una carga se comprimen casi instantáneamente.

### **1.8.3.- Limos.**

Son suelos de granos finos con muy poca plasticidad, hay limos inorgánicos como el producido en canteras y orgánicos producidos en los ríos, el diámetro de los limos es de 0.05 mm y 0.005 mm.

Los limos sueltos y saturados son inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas, su color varía de gris claro a muy oscuro, su permeabilidad es muy baja y su compresibilidad es muy alta, son poco usados para cimentaciones.

### **1.9.- Suelos residuales y transportados.**

Suelos residuales, son los que permanecen en el sitio donde fueron formados directamente de la roca de la cual se derivan.

Suelos residuales se original cuando los productos de la meteorización no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan en el sitio en que se van formando. Si la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de la descomposición se produce una acumulación de suelo residual. Los factores que influyen en la velocidad de alteración de la naturaleza de los productos de la meteorización son el clima (temperatura y lluvia),

la naturaleza de la roca original, el drenaje. El perfil de un suelo residual puede dividirse en tres zonas:

a) La zona superior, en la que existe un elevado grado de meteorización, pero también cierto arrastre de materiales;

b) La zona intermedia en cuya parte superior existe una cierta meteorización, pero también cierto grado de deposición hacia la parte inferior de la misma.

c) La zona parcialmente meteorizada que sirve de transición del suelo residual a la roca original inalterada.

Los suelos residuales se desarrollan principalmente, en condiciones tropicales húmedas, de meteorización química intensa. Algunos lo denominan suelos tropicales; sin embargo, debe tenerse en cuenta que los suelos residuales también se encuentran en zonas no tropicales, aunque en menor proporción. Las propiedades de los suelos residuales varían de una región a otra, debido a la naturaleza heterogénea de los ambientes tropicales. La meteorización está controlada por el clima regional, el relieve y la litología de la roca y estos factores varían de sitio en sitio.

El comportamiento de los suelos residuales y las rocas blandas en el caso de los deslizamientos, difiere del de las rocas duras y del de los suelos transportados. La meteorización o la falta de litificación traen como resultado, un material con discontinuidades o superficies de debilidad y con posibilidad de

movimiento por desplazamiento, a lo largo de las discontinuidades y por rotura al cortante o a tensión a través de la matriz del material.

### **1.9.1.- Características del suelo residual.**

Es un suelo heterogéneo. Está compuesto de partes de distinta naturaleza.

Tiene asentamiento y deformación vertical en la superficie.

Los suelos transportados, son básicamente removidos del lugar de formación, por los mismos agentes geológicos y depositados en otra zona.

Estos suelos han sufrido un proceso de formación tal como los suelos residuales y luego trasladados y depositados en el lugar donde actualmente se encuentran.

El traslado de sedimentos lo realizan los llamados agentes transportadores, tales como el agua, el hielo, el viento, la gravedad y ciertos organismos. Dependiendo del tipo de agente las partículas son afectadas especialmente en cuanto a su tamaño forma y textura tal como se indica en la tabla siguiente:

<b>Características de los suelos transportados</b>				
<b>Características</b>	<b>Agente</b>			
	<b>Agua</b>	<b>Aire</b>	<b>Hielo</b>	<b>Gravedad</b>
<b>Tamaño</b>	Disminución por solución, poca abrasión en carga suspendida, alguna abrasión e impacto en carga arrastrada.	Considerable reducción.	Considerable molienda e impacto.	Considerable impacto.
<b>Forma</b>	Redondeo de arenas y gravas.	Alto grado de redondeo.	Angular pulimento de caras.	Angular no esférico.
<b>Textura</b>	Arena lisa pulida brillante.	Superficies deslustradas por impacto.	Superficies estriadas.	Superficies estriadas.

Figura: 1.4.-Características de los suelos

Fuente: Juárez Badillo, 2005

El depósito de los sedimentos varía con el agente transportador y con el medio en el cual son depositados. El agua produce depósitos aluviales, lacustres y marinos.

Los depósitos aluviales se encuentran en los lechos de los ríos y están constituidos por suelos gruesos generalmente. En las zonas aledañas en ocasiones inundadas por desbordamiento del río.

Los depósitos lacustres se presentan en los lagos donde desembocan corrientes de agua. En las entradas se depositan las partículas gruesas que

arrastran el agua durante la época de creciente y las partículas finas se asientan en aguas más profundas formando estratos horizontales.

Los depósitos marinos son diferentes ya sean de playa o altamar. En la playa predominan partículas granulares mientras que en altamar predominan las de tamaño coloidal, depositadas especialmente por floculación debido a la salinidad del agua.

El viento propicia la formación de los llamados depósitos eólicos entre los cuales están las dunas y los loess.

Las dunas son depósitos de arena cuyas partículas han sido transportadas por el viento arrastrándolas o levantándolas ligeramente, sometidas a un desgaste muy intenso.

Los loess son depósitos de arenas finas y limos que han sido transportadas por el viento a grandes distancias. En general son depósitos de mucha dureza por la cimentación de carbonatos y óxidos de hierro. Como características generales de los loess se tienen: alta porosidad, taludes estables según la cimentación de sus partículas y uniformidad en sus componentes.

Los depósitos glaciares se presentan en zonas donde ha habido actividad glacial y tienen como característica principal la heterogeneidad del tamaño de las partículas variando desde fragmentos de roca de varios metros de dimensión hasta polvo de décima de milímetro.



La gravedad produce los llamados depósitos de talud, cuya característica principal es la heterogeneidad en el tamaño de sus partículas.

### **1.10.- Minerales constitutivos de los suelos gruesos.**

“Un mineral es una sustancia inorgánica y natural que tiene una estructura interna, característica determinada por un cierto arreglo específico de sus átomos e iones. Su composición química y sus propiedades físicas o son fijas o varían dentro de límites definidos.”(Juárez Badillo, 2002.13) sus propiedades más importantes son el color, el lustre, la tonalidad de sus raspaduras, su cristalidad y la dureza etc.

En los suelos gruesos el comportamiento mecánico e hidráulico esta principalmente condicionado por la compacidad, y la orientación de sus partículas lo que hace que en los aspectos mineralógicos se convierte en secundarios, esto no significa que el ingeniero se tiene que desentender de este tipo de estudios.

### **1.11.- Minerales constitutivos de las arcillas.**

Estos minerales son principalmente los silicatos que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química llegan a un producto final que es la arcilla.

Constituidas por silicatos de aluminio hidratados que tienen una estructura cristalina.

### **1.11.1.- Físico-química de las arcillas.**

Afirma Juárez Badillo (2005), que las arcillas son un material constitutivo del concreto, ya que para su fabricación la combinación más común de los ingredientes está compuesta por piedra caliza, arcilla y arena, es tierra constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados; es de color blanco en estado puro, y mezclada con el agua forma una materia muy plástica que se endurece al cocinarla.

La roca caliza es muy común, abundante y económica en los procesos de trituración, se emplea generalmente en todas las capas de los firmes, exceptuándose en algunas ocasiones como agregado grueso en las capas de rodadura, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse en condiciones de servicio, su carácter es básico, presenta por lo regular menores problemas de adhesividad, es decir, de afinidad con los ligantes asfálticos. En mezclas asfálticas se utiliza para mejorar esta característica cuando se emplean además otro tipo de agregados, más duros pero también más ácidos (silíceos, pórfidos, entre otros).

Los agregados silíceos procedentes de trituración de gravas naturales es otro material de amplia utilización en las todas capas de los firmes. Se extraen de yacimientos granulares, en los que las partículas de mayor tamaño se separan por cribado y a partir de ellas por machaqueos sucesivos, se obtienen fracciones de menor tamaño, con una angulosidad tanto mayor cuantas más caras de fractura presenten. Pueden no aportar una suficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, sin embargo, si el material obtenido tiene un elevado contenido de sílice

y de caras de fractura, sus características mecánicas y su rozamiento interno proporcionan un esqueleto mineral bueno para utilizarlo incluso en mezclas asfálticas sometidas a la acción directa del tráfico.

### **1.12.- Agregados Ígneos y Metamórficos.**

Son materiales que por sus características resultan muy adecuados para utilizarlos como agregado grueso en las capas de rodadura. Pueden incluirse en este grupo los basaltos, gabros, pórfidos, granitos, cuarcitas, etc. Sus cualidades para resistir al pulimento los hacen idóneos para garantizar la textura superficial necesaria en un periodo de tiempo, incluso con tráficos muy intensos. En este grupo tan amplio, los agregados de naturaleza más ácida pueden presentar una deficiente adhesividad con los ligantes asfálticos, pero en la mayoría de los casos el problema se puede resolver con activantes que son sustancias que tienen la misión específica de mejorar la adhesividad con los ligantes, o también el problema se resuelve empleando emulsiones adecuadas y en el caso de mezclas asfálticas, con el empleo de finos de naturaleza básica y un polvo mineral adecuado.

### **1.13.- Consideraciones acerca del empleo de los agregados pétreos.**

Cuando se pretende hacer uso de los agregados pétreos para la construcción de pavimentos se deben considerar algunos aspectos fundamentales para su buen desempeño a la hora de formar parte en alguna de las capas del firme y principalmente en la elaboración de las mezclas asfálticas.

Según Juárez Badillo (2005), el comportamiento mecánico e hidráulico de los suelos, está definido por sus características tales como la compacidad y la orientación de sus partículas los suelos de grano muy fino.

La forma más correcta de definir las arcillas, es que son la superficie de cada partícula de suelo, posee carga eléctrica, según se desprende de la estructura iónica. La intensidad de la carga depende de la estructuración y composición de la arcilla.

#### **1.14.- Subrasante.**

Según Juárez Badillo (2005), el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar.

Los materiales que pueden ser empleados como subrasante serán de preferencia materiales de tipo granular.

#### **1.15.- Subbase.**

Según Juárez Badillo (2005), es la capa que está apoyada sobre la subrasante, compuesta por materiales granulares de buena gradación. Deberá ser perfilada y compactada entre el 95% y 100% de su máxima densidad seca mediante el ensayo proctor estándar. El empleo de una subbase implica mejorar la capacidad de soporte de suelo que se traduce en una reducción del espesor de carpeta de rodadura. Sin embargo, el impacto no es significativo.

### 1.16.- Base.

Según Juárez Badillo (2002), Para el pavimento de concreto no es común pero podría darse el caso en situaciones extremas. En ese caso la base constituye la capa intermedia entre la subbase y la carpeta de rodadura y utiliza materiales granulares de excelente gradación la figura 1.4 se muestra da una idea clara de cómo se distribuyen las capas para un pavimento hidráulico.

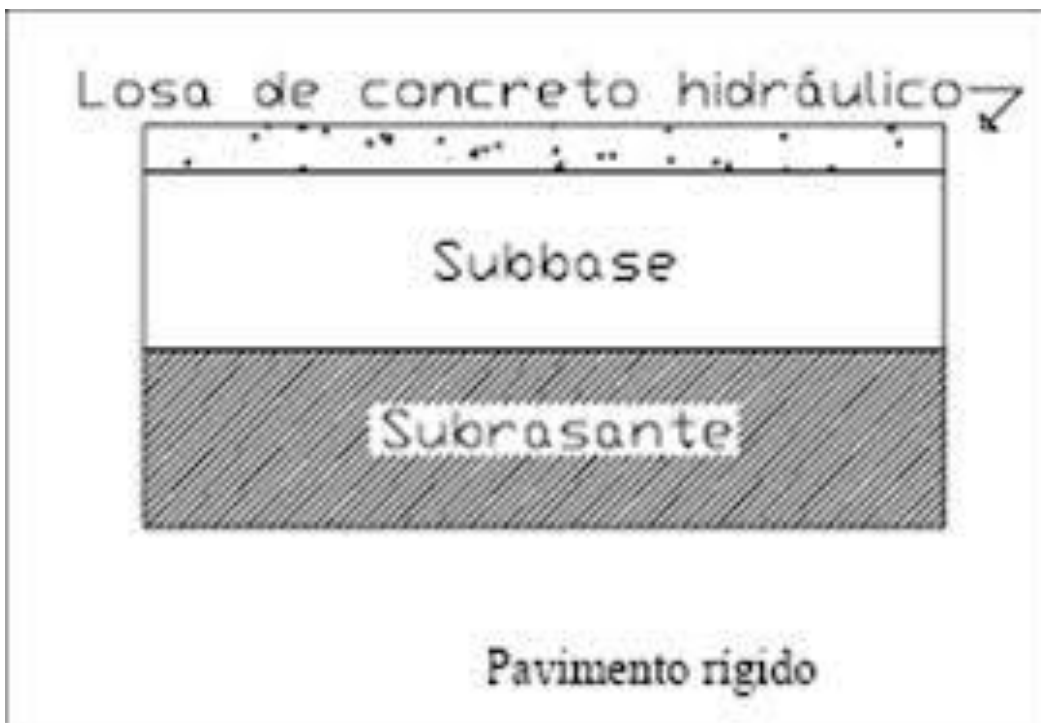


Figura: 1.4.-Capas de pavimento rígido

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000

## **CAPÍTULO 2**

### **CONCEPTOS BÁSICOS DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

En el segundo capítulo se describe los componentes del concreto hidráulico, así como los usos y ventajas que ofrece en la industria de la construcción, el segundo capítulo contempla las pruebas más frecuentes que se deben realizar, al Cemento Portland, describiéndose ampliamente el procedimiento de cada una de estas pruebas.

Se define las propiedades, características y pruebas necesarias en el agua para que pueda ser utilizada en la fabricación del concreto Hidráulico.

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua.

#### **2.1.- Definición y características de pavimento rígido.**

Afirma García Rivero (2004), que el concreto hidráulico es una mezcla de agregados pétreos naturales, al igual que procesados y artificiales, como cementante y agua, también se le puede agregar aditivos generalmente que se distribuye en unidades de masa en las plantas de concreto premezclado y los hay en diferente presentación tal como en polvo y líquidos.

Su trabajabilidad se puede decir que depende mucho de la facilidad con que se mezclan los ingredientes, su consistencia es prácticamente el carácter de la mezcla respecto a su fluidez tanto en estado seco como a su vez en fluido, cuando hablamos de la durabilidad se refiere a que se reduce la cantidad de agua en la mezcla, pues el exceso de agua deja vacíos y cavidades después de que se evapora.

El cambio de volumen es la expansión debido a las reacciones químicas de los ingredientes del concreto rígido y puede ocasionar la contracción durante el secado así como la aparición de grietas.

Otra definición dice; que el pavimento rígido, es el conjunto de capas de material seleccionado, que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada proporcionando una superficie de rodamiento, lo cual debe funcionar de manera eficaz

Según García Rivero (2008), la resistencia se determina mediante una muestra en forma de cilindro, que es sometido a esfuerzos de compresión como se muestra en la figura 2.1, como el concreto aumenta su resistencia conforme pasa el tiempo la medida más favorable o común es a los 28 días, desde el punto de vista de la normativa donde se toman como referencia los códigos ACI (American Concrete Institute) entre otros.



Figura: 2.1.- Concreto sometido a esfuerzos

Fuente: Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido, 2013.

Los ingredientes de una mezcla deben seleccionarse con el fin de producir un concreto trabajable, en donde las características sean adecuadas para las condiciones de servicio al menor costo, y para hacer menor los costos, la cantidad de cemento debe de mantenerse al mínimo donde se logra seleccionando el agregado grueso como se muestra en la figura 2.2, para tener menos huecos y por lo tanto necesita menos pasta de cemento, que garantice resistencia a la compresión, durabilidad e impermeabilidad.



**LÍMITES GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO**  
(PORCENTAJE DE MASA QUE PASA POR LOS TAMICES)

TAMAÑO NOMINAL (mm)	100 (4")	90 (3½")	75 (3")	63 (2½")	50 (2")	37.5 (1½")	25.0 (1")	19.0 (¾")	12.5 (½")	9.5 (¾")	4.75 (no. 4)	2.36 (no. 8)	1.18 (no. 16)
90 a 37.5 (3½" a 1½")	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
63.0 a 37.5 (2½" a 1½")	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
50.0 a 25.0 (2" a 1")	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
50.0 a 4.75 (2" a no. 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-
37.5 a 19.0 (1½" a ¾")	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-
37.5 a 4.75 (1½" a no. 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-
25.0 a 12.5 (1" a ½")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-
25.0 a 9.5 (1" a ¾")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-
25.5 a 4.75 (1" a no. 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-
19.0 a 9.5 (¾" a ¾")	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-
19.0 a 4.75 (¾" a no. 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-
12.5 a 4.75 (½" a no. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-
9.5 a 2.35 (¾" a no. 4)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5

Fuente: norma mexicana NMX-C-111-ONNCE-2004

Figura: 2.2.- Límites granulométricos de agregados gruesos.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

## 2.2.- Componentes básicos del pavimento rígido.

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm que se muestran en la figura 2.3 y 2.4; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No.

16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

MALLA NO.	PORCENTAJES INDIVIDUALES RETENIDOS	PORCENTAJES ACUMULADOS RETENIDOS
4	1	1
8	18	19
16	20	39
30	19	58
50	18	76
100	16	92
charola	8	0
totales	100	285

Nota 1: Si el módulo de finura (M.F.=  $285/100=2.85$ ) varía en más de 0.20 del valor determinado al seleccionar las proporciones para el concreto, el agregado fino, debe desecharse. Es posible aceptar el uso de este agregado fino sólo si se hacen los ajustes respectivos en las proporciones para compensar esta deficiencia.

Fuente: American Society of Testing Materials (ASTM) E11.

Figura: 2.3.- Tabla de modulo de finura del agregado fino.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

CRIBA DE ABERTURA CUADRADA	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
G 9.5 (3/8") (9.530 mm)	0
G 4.75 (4") (4.750 mm)	0 a 5
M 2.36 (8") (2.360 mm)	0 a 20
M 1.18 (16") (1.180 mm)	15 a 50
M 0.600 (30") (0.590 mm)	40 a 75
M 0.300 (50") (0.300 mm)	70 a 90
M 0.150 (100") (0.150 mm)	90 a 98
Charola	100

Fuente: norma mexicana NMX-C-111-ONNCE-2004

Figura: 2.4.- Tabla de granulometría de agregado fino.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 por ciento del volumen total del concreto.

Como los agregados constituyen aproximadamente del 60% al 75% del volumen total del concreto, su selección es importante. Los agregados deben consistir en partículas con resistencia adecuada así como resistencia a condiciones de exposición a la intemperie y no deben contener materiales que pudieran causar deterioro del concreto. Para tener un uso eficiente de la pasta de cemento y agua, es deseable contar con una granulometría continua de tamaños de partículas.

La calidad del concreto depende en gran medida de la calidad de la pasta. En un concreto elaborado adecuadamente, cada partícula de agregado está completamente cubierta con pasta, así como también todos los espacios entre partículas de agregado.

Para cualquier conjunto específico de materiales y de condiciones de curado, la cantidad de concreto endurecido está determinada por la cantidad de agua utilizada en relación con la cantidad de cemento. A continuación se presenta algunas ventajas que se obtienen al reducir el contenido de agua:

- Se incrementa la resistencia a la compresión y a la flexión.
- Se tiene menor permeabilidad, y por ende mayor hermeticidad y menor absorción.

- Se incrementa la resistencia al intemperismo.
- Se logra una mejor unión entre capas sucesivas y entre el concreto y el esfuerzo.
- Se reducen las tendencias de agrietamientos por contracción.

Entre menos agua se utilice, se tendrá una mejor calidad de concreto, a condición que se pueda consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezclado resultan en mezclas más rígidas al igual que el agua debe de estar libre de aceites, ácidos, sales etc. a continuación en la figura 2.5 se muestra una tabla que marca las características que debe de tener.

**VALORES CARACTERÍSTICOS Y LÍMITES MÁXIMOS TOLERABLES DE SALES E IMPUREZAS**

SALES E IMPUREZAS	CEMENTOS RICOS EN CALCIO LÍMITES EN P.P.M.	CEMENTOS SULFO-RESISTENTES LÍMITES EN P.P.M.
Sólidos en suspensión		
En aguas naturales (limos y arcillas)	2000	2000
En aguas recicladas (finos de cemento y agregados)	50 000	35 000
Cloruros como CL (a)		
Para concreto con acero de preesfuerzo y piezas de puente	400 (c)	600 (c)
Para otros concretos preesforzados en ambientes húmedos o en contacto con metales como el aluminio, fierro galvanizado y otros similares	700 (c)	1 000 (c)

Figura: 2.5.- Valores y límites máximos tolerables de sales e impurezas.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

Las propiedades del concreto en estado fresco (plástico) y endurecido, se pueden modificar agregando aditivos al concreto, usualmente en forma líquida durante su dosificación. Los aditivos se usan comúnmente para (1) ajustar el

tiempo de fraguado o endurecimiento, (2) reducir la demanda de agua, (3) aumentar la trabajabilidad, (4) incluir intencionalmente aire, y (5) ajustar otras propiedades del concreto.

Después de un proporcionamiento adecuado, así como, dosificación, mezclado, colocación, consolidación, acabado y curado, el concreto endurecido se transforma en un material de construcción resistente, no combustible, durable, con resistencia al desgaste y prácticamente impermeable que requiere poco o nulo mantenimiento.

### **2.3.- Usos y ventajas del concreto simple y reforzado.**

Los componentes de los cementos, como ya sabemos hay diferentes tipos de concretos, que a continuación se muestran en la tabla 2.6 clasificándolos por sus tipos, componentes y denominación.

TIPO	DENOMINACIÓN	COMPONENTES					
		CLINKER	PRINCIPALES				MINORI- TARIOS (2)
		Portland + yeso	Escoria granulada de alto horno	Materiales puzolánicos (3)	Humo de sílice	Caliza	
CPO	Cemento Pórtland ordinario	95-100	-	-	-	-	0-5
CPP	Cemento Pórtland puzolánico	50-94	-	6-50	-	-	0-5
CPEG	Cemento Pórtland con escoria granulada de alto horno	40-94	6-60	-	-	-	0-5
CPC	Cemento Pórtland compuesto (4)	50-94	6-35	6-35	1-10	6-35	0-5
CPS	Cemento Pórtland con humo sílice	90-99	-	-	1-10	-	0-5
CEG	Cemento con escoria granulada de alto horno	20-39	61-80	-	-	-	0-5

Nota 1. Los valores de la tabla representan el % en masa.

Nota 2. Los componentes minoritarios deben ser uno o más de los componentes principales, representados en la tabla.

Nota 3. Los materiales puzolánicos incluyen: puzolanas naturales, artificiales y/o cenizas volantes.

Nota 4. El cemento Portland compuesto debe llevar como mínimo dos componentes principales, excepto cuando se adicione caliza, ya que ésta puede estar en forma individual en conjunto con clinker+yeso.

Fuente: Norma Mexicana NMX-C-414-ONNOCE-2004

Figura: 2.6.- Tabla de componentes de los cementos.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

### Concreto Simple.

Se utiliza para construir muchos tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos y muelles, aceras, silos o

bodegas, factorías, casas e incluso barcos, en la albañilería el concreto es utilizado también en forma de tabiques o bloques.

### **Concreto Reforzado.**

Al reforzar el concreto con acero en forma de varillas o mallas, se forma el llamado concreto armado o reforzado; el cual se utiliza para dar nombre a sistemas estructurales como: vigas o trabes, losas, cimientos, columnas, muros de retención, ménsulas, etc.

La elaboración de elementos de concreto presforzado, que a su vez pueden ser pretensados y postensados.

### **2.4.- Cementos portland.**

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas.

### **2.5.- Nueva Norma Mexicana de los Cementos.**

La búsqueda de soluciones perdurables y la demanda de contar más y mejores caminos, han contribuido para lograr que en la modernización y

ampliación de la red carretera de México, se esté especificando el uso de pavimentos del concreto hidráulico bajo estándares internacionales de calidad.

Los tipos de cemento se determinan de la siguiente manera:

- CPO Cemento Portland Ordinario
- CPP Cemento Portland Puzolánico
- CPEG Cemento Portland con Escoria Granulada de Alto Horno
- CPC Cemento Portland Compuesto

## **2.6.- Clase Resistente.**

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

Resistencia Normal

Es la resistencia mecánica a la compresión a 28 días.



CLASE RESISTENTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
	Edad 3 días Valor mínimo	Edad 28 días	
		Mínimo	Máximo
20	-	20	40
30	-	30	40
30R	20	30	50
40	-	40	-
40R	30	40	-

Imagen 2.7.- Tabla de resistencia de pavimento.

Fuente: [www.google.com.mx](http://www.google.com.mx), (2000).

### 2.7.- Métodos de fabricación.

Los dos materiales principales con los que se fabrica el cemento Portland son: un material calcáreo, tal como piedra caliza, conchas, greda o marga, y un material arcilloso (en el cual la sílice es el constituyente importante) tales como arcilla, pizarra o escoria de altos hornos. Algunas veces los materiales calcáreos y arcillosos se encuentran combinados en depósitos naturales. Debe mantenerse la dosificación de las materias primas en proporciones muy precisas.

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (alrededor de 1500°C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 m de longitud y 5.50m de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina "Clinker". El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que

constituye el cemento Portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 ó 4 por ciento) para controlar las propiedades de fraguado. Para los cementos con aire incluido, el material necesario para impartir las propiedades del aire incluido, se añade durante la molienda del Clinker.

## **2.8.- Análisis Químico.**

Durante la calcinación en la fabricación del Clinker de cementos portland, el óxido de calcio se combina con los componentes ácidos de la materia prima para formar cuatro compuestos fundamentales que constituyen el 90% del peso del cemento. También se encuentran presentes yeso y otros materiales. A continuación se presentan los compuestos fundamentales, sus fórmulas químicas, y sus abreviaturas:

Silicato tricálcico =  $3\text{CaO SiO}_2$  C3S

Silicato dicálcico =  $2\text{CaO SiO}_2$  C2S

Aluminato tricálcico =  $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$  C3A

Alúminoferrito tetracálcico =  $4\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{Fe}_2\text{O}_3$  C4AF.

El silicato tricálcico, C3S, se hidrata y endurece rápidamente y es responsable en gran medida del fraguado inicial y de la resistencia temprana. En general la resistencia temprana del concreto de cemento Portland es mayor con porcentajes superiores de C3S.

El silicato dicálcico, C2S, se hidrata y endurece lentamente y contribuye en gran parte al incremento de resistencia a edades mayores de una semana.

El aluminato tricálcico, C3A, libera una gran cantidad de calor durante los primeros días de hidratación y endurecimiento. También contribuye levemente al desarrollo de la resistencia temprana. El yeso, que se agrega al cemento durante la molienda final, retrasa la velocidad de hidratación del C3A. Sin el yeso, un cemento que contuviera C3A fraguaría rápidamente. Los cementos con bajos porcentajes de

C3A son particularmente resistentes a los suelos y aguas que contienen sulfatos.

El alúminoferrito tetracálcico, C4AF, reduce la temperatura de formación del clinker, ayudando por tanto a la manufactura del cemento. Se hidrata con cierta rapidez pero contribuye mínimamente a la resistencia. La mayoría de efectos de color se debe al C4AF y a sus hidratos.

Las especificaciones de los cementos y sus características especiales se dan según su nomenclatura y características especiales que a continuación se muestran en la figura 2.8

NOMENCLATURA	CARACTERÍSTICA ESPECIAL	EXPANSIÓN POR ATAQUE DE SULFATOS (MÁX %)	EXPANSIÓN POR REACCIÓN ÁLCALI AGREGADO (MÁX %)		CALOR DE HIDRATACIÓN (MÁX) (KJ/Kg) (Kcal/Kg)		BLANQUEZ (MÍN.)
		1 año	14 días	56 días	7 días	28 días	
RS	Resistente a los sulfatos	0.10					
BRA	Baja reactividad álcali agregado		0.020	0.060			
BCH	Bajo calor de hidratación				250 (60)	290 (70)	
B	Blanco						70

Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCE-2004

Figura: 2.8.- Tabla de especificaciones de los cementos con características especiales.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

### 2.8.1.- Resistencia a la compresión de mortero de cemento Portland.

La resistencia a la compresión, tal como lo especifica la norma ASTM C 150, es la obtenida a partir de pruebas en cubos de mortero estándar de 5 cm, ensayados de acuerdo a la norma ASTM 109. Estos cubos se hacen y se curan de manera prescrita y utilizando una arena estándar.

La resistencia a la compresión está influida por el tipo de cemento, para precisar en la figura 2.9 se muestra claramente, por la composición química y la finura del cemento. La norma ASTM C150 sólo fija un requisito mínimo de resistencia que es cómodamente rebasado por la mayoría de los fabricantes. Por lo anterior, no se debe pensar que dos tipos de cemento Portland que cubran los

mismos requisitos mínimos produzcan la misma resistencia en el mortero o en el concreto cuando no se hayan modificado las proporciones de las mezclas.

En general, las resistencias de los cementos (teniendo como base las pruebas de cubos de mortero) no se pueden usar para predecir las resistencias de los concretos con exactitud debido a la gran cantidad de variables en las características de los agregados, mezclas de concreto y procedimientos constructivos.

CLASE RESISTENTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (N/mm <sup>2</sup> )			TIEMPO DE FRAGUADO (min)		ESTABILIDAD DE VOLUMEN EN AUTOCLAVE (%)	
	3 días	28 días		Inicial	Final	Expansión	Contracción
	mínimo	mínimo	máximo	mínimo	máximo	máximo	máximo
20	-	20	40	45	600	0.80	0.20
30	-	30	50	45	600	0.80	0.20
30 R	20	30	50	45	600	0.80	0.20
40	-	40	-	45	600	0.80	0.20
40 R	30	40	-	45	600	0.80	0.20

Nota 1. La resistencia inicial de un cemento es la resistencia mecánica a la compresión a los 3 días. Para indicar que un tipo de cemento debe cumplir con una resistencia inicial especificada, se le agrega la letra R después de la clase. Sólo se definen valores de resistencia inicial a 30 R y 40 R.

Fuente: norma mexicana NMX-C-414-ONNCCCE-2004.

Figura: 2.9.- Tabla de especificaciones mecánicas y físicas del cemento.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

## 2.9.- Densidad relativa.

Generalmente el peso específico del cemento Portland es de aproximadamente 3.15 t/m<sup>3</sup> El cemento Portland de escoria de alto horno y los cementos Portland-puzolana pueden tener valores de pesos específicos de aproximadamente 2.90 t/m<sup>3</sup> El peso específico de un cemento, determinado con

la norma ASTM C188 no es indicador de la calidad del cemento; su uso principal se tiene en los cálculos de proporcionamiento de mezclas.

En los Estados Unidos un saco de cemento Portland pesa 94 libras (42.638 kg) y tiene un volumen de aproximadamente 1 pie cúbico (28.32 lt) cuando acaba de ser empacado. En México el cemento a granel se mide en toneladas métricas y los sacos de cemento tienen un peso de 50 kg. El peso del cemento de albañilería va impreso en el saco. La densidad real del cemento Portland a granel puede variar considerablemente dependiendo de su manejo y almacenamiento. Un cemento Portland demasiado suelto puede pesar únicamente 833 kg/m<sup>3</sup>, mientras que si se compacta por vibración, el mismo cemento puede llegar a pesar 1,650 kg/m<sup>3</sup>. Por este motivo, la práctica correcta consiste en pesar el cemento a granel para cada mezcla de concreto que se vaya a producir.

## **2.10.- Curado.**

El aumento de resistencia con el tiempo es cierto, mientras se evite secarse el concreto. Si se pierde agua cesan las reacciones químicas, requiriéndose mantenerse húmedo cuanto más sea posible.

Cuando cesa el curado, aumenta la resistencia pero sólo por un corto periodo de tiempo; sin embargo si se renueva la cura por humedad, aún después de un prolongado periodo de secado, la resistencia volverá a aumentar. Por esta razón se recomienda una curación húmeda continua del concreto, desde el vaciado hasta que ha logrado la calidad deseada.

El tiempo de fraguado inicial es igual para todo tipo de concreto, aproximadamente de 45 minutos (el cual ya no es manejable), y el tiempo de fraguado final es de 10 horas dependiendo de la sección.

### **2.11.- Revenimiento.**

Debido a la importancia que tiene el grado de plasticidad o facilidad del manejo de un concreto, los conceptos en pastas secas, semihúmedas y fluidas no bastan para comprar dos o más concretos de igual resistencia.

Para eso se redujo la consistencia a números que determinan los hundimientos de las mezclas en condiciones o ensayos similares; este ensayo es el llamado REVENIMIENTO. Este consiste en medir el hundimiento que sufre un tronco de cono de concreto fresco al retirarle el apoyo; para hacer esta prueba se usa un molde metálico, cuyas medidas son 30 cm de altura, 10 cm en su base superior y 20 cm en su base de apoyo (llamado cono de Abrams).

La prueba se lleva a cabo colocando el molde sobre una superficie horizontal y se vacía en él hasta llenarlo, tres capas de igual espesor con la revoltura cuya plasticidad se desea clasificar, picando cada una de las capas 20 a 25 veces con una varilla de 5/8" para apisonar el material. Se enrasa el concreto a nivel de la base superior del molde, el cual se saca cuidadosamente hacia arriba. Sobre la superficie horizontal donde descansa el cono queda la revoltura, que por falta de apoyo de las paredes laterales se reventará más o menos, según su fluidez.

La diferencia en centímetros entre la altura del molde y la final de la pasta seca, se denomina REVENIMIENTO y es tanto mayor cuanto más fluida es la revoltura.

Los revenimientos más usuales según la clase de obra a que se destina el concreto son:

Tipo de estructura	Fluidez de la mezcla	Revenimiento en centímetros		
		Mínimo	Máximo	Promedio
Presas, puentes, cimentaciones, muros de contención, pavimentos, etc.	Mezcla seca	0	8	4
Losas, trabes, muros de gran sección.	Mezcla plástica	8	12	10
Piezas de pequeñas dimensiones, con bastante armado, (muros y columnas)	Mezcla fluida	10	20	15

Imagen 2.10.- Estructura de pavimento.

Fuente: [www.google.com.mx](http://www.google.com.mx), (2000).

## 2.12.- Resistencia del concreto.

Resistencia a la compresión: dependiendo de la mezcla del tiempo y calidad del curado, la resistencia del concreto a la compresión puede ser hasta de 560 a 700 kg/cm<sup>2</sup>.

La mayoría del concreto que ha sido elaborado con agregados comunes tiene una resistencia a la compresión de 180 a 420 kg/cm<sup>2</sup>. Los que más se utilizan son los de 210 kg/cm<sup>2</sup>.



En los lugares en donde una mezcla produce concretos de una resistencia mucho menor a la requerida, deberá disminuirse la relación agua – cemento, la resistencia de la mezcla debe calcularse por encima de la resistencia supuesta en los cálculos; es bueno un aumento del 15%. La resistencia d concretos fabricados con agregados ligeros es generalmente menor y el proporcionamiento de estas mezclas deberá estar basado en pruebas de laboratorio, teniendo agregados ligeros que producen concretos de 210 kg/cm<sup>2</sup> y algunos de 350 kg/cm<sup>2</sup>, cuando la vigilancia es perfectamente adecuada.

La determinación de la fatiga de ruptura del concreto ( $f'c$ ) está basada en los resultados de pruebas sobre cilindros de 15 x 30 cm curados en el laboratorio y probando su resistencia a los 28 días.

### **2.13.- Resistencia a la Tracción.**

La resistencia del concreto a la tracción es relativamente baja aproximadamente del 10 al 15% de su resistencia a la compresión, pero puede ser hasta del 20%, siendo la resistencia del concreto a la tracción más difícil de determinar que su resistencia a la compresión. Los resultados de las pruebas de tracción son más variables.

### **2.14.- Resistencia al corte.**

La resistencia del concreto al corte es bastante grande, pudiendo variar del 35 al 80% de su resistencia a la compresión; en las pruebas es muy difícil separa el esfuerzo cortante de otros esfuerzos y a esto se debe la variación de los

resultados. Los valores más bajos representan el intento de separar los efectos de fricción en los esfuerzos cortantes.

La fatiga admisible al corte debe ser limitada a valores más bajos para proteger el concreto de otros esfuerzos diagonales de tracción; estos esfuerzos son a veces confundidos con esfuerzos cortantes. Teniéndose en cuenta que la resistencia del concreto a esfuerzos cortantes no es importante y que el término esfuerzo cortante se refiere, generalmente, a esfuerzos diagonales de tracción.

El concreto elaborado con cemento normal adquiere su fatiga de trabajo a los 28 días y para cemento de fraguado rápido su fatiga la adquiere a los 4 días.

Las ventajas del normal son:

- Costo. Fraguado más lento y con el tiempo adquiere una resistencia superior a la del cemento de fraguado rápido en las mismas condiciones.

Las ventajas de fraguado rápido son:

- Adquiere su fatiga de trabajo a los 4 días, pudiéndose descimbrar con rapidez en colado de estructuras, representando un ahorro de tiempo que en algunos casos compensa el costo de cemento de fraguado rápido que es mayor que el costo del normal.

## **2.15.- La Adherencia.**

Es la resistencia a deslizarse desarrolladamente entre el concreto y las varillas. El esfuerzo de adherencia se expresa en  $\text{kg/cm}^2$ , del área superficial de contacto de varillas lisas, redondas. El lograr evitar el deslizamiento entre las

varillas de refuerzo y el concreto es de gran importancia en toda construcción de concreto armado y la resistencia al deslizamiento, puede ser la resultante de la fricción y/o resistencia adhesiva al deslizamiento para lograr el equivalente de resistencia se emplean a veces anclajes en los extremos, extensiones y varillas con gancho.

La resistencia a la adherencia varía considerablemente el tipo de cemento, de los aditivos y la relación agua – cemento; todo esto influye en la calidad de la mezcla del concreto. Esto no se reduce notablemente mediante aire arrastrado; aumenta por la vibración retardada si se aplica debidamente y durante un tiempo adecuado lo que mejora aparentemente al contacto, después que tiene lugar el encogimiento por asentamiento.

Es mayor para concreto seco que para concreto húmedo; es menor para varillas horizontales que para varillas verticales debido a la acumulación de aguas de bajo de las varillas horizontales.

La resistencia a la adherencia se reduce por la humidificación y secado alternos por la carga aplicada, o temperaturas bajas.

## **2.16.- Aditivos para concreto.**

### **Acelerantes**

Estos aditivos se emplean para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edades tempranas. Tal desarrollo de resistencia también se puede

acelerar: (1) con el empleo de cemento Portland de alta resistencia a edad temprana, (2) reduciendo la relación agua-cemento con el aumento de 60 a 120

Kg. de cemento adicional por metro cúbico de concreto, ó (3) curando a mayores temperaturas.

El cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) es el material comúnmente usado en los aditivos acelerantes. Deberá cubrir los requisitos de la norma ASTM D 98 y también deberá ser muestreado y ensayado de acuerdo con la norma ASTM D 345. El amplio uso de los aditivos a base de cloruro de calcio, ha brindado muchos datos y experiencias sobre su efecto en las propiedades del concreto. Aparte del incremento en aceleración de resistencia, el cloruro de calcio produce un aumento en la contracción por secado, una posible corrosión del refuerzo, descoloramiento (oscurece al concreto), y posibles descascaramientos.

Ejemplos:

Acelerantés (ASTM C 494, Tipo C): Cloruro de calcio (ASTM D 98),

Trietanolamina, Tiocianato de sodio, Formato de calcio, Nitrito de calcio, Nitrato de calcio.

### **Retardantes**

Los aditivos retardantes se emplean para aminorar la velocidad de fraguado del concreto. Las temperaturas altas en el concreto fresco ( $30^\circ$  a  $32^\circ\text{C}$  y mayores), son frecuentemente la causa de una gran velocidad en el endurecimiento, lo que provoca que el colado y acabado del concreto sea difícil. Uno de los métodos más

prácticos de contrarrestar este efecto consiste en hacer descender la temperatura del concreto enfriando el agua de mezclado o los agregados. Los aditivos retardantes no bajan la temperatura inicial del concreto.

Los retardantes se emplean en ocasiones para: (1) compensar el efecto acelerantés que tiene el clima cálido en el fraguado del concreto, (2) demorar el fraguado inicial del concreto o lechada cuando se presentan condiciones de colado difíciles o poco usuales, como puede ocurrir al colar estribos o cimentaciones de gran tamaño, cementar pozos petroleros, o bombear lechada o concreto a distancias considerables, o (3) retrasar el fraguado para aplicar procesos de acabado especiales, como puede ser una superficie de agregado expuesto.

Debido a que la mayoría de los retardantes también actúan como reductores de agua, se les denomina frecuentemente retardantes reductores de agua. Los retardantes también pueden incluir un poco de aire en el concreto.

En general, el empleo de retardantes va acompañado de una cierta reducción de resistencia a edades tempranas (uno a tres días). Los efectos de estos materiales en las demás propiedades del concreto, tales como la contracción, pueden ser impredecibles. En consecuencia, se deberán efectuar pruebas de recepción de los retardantes con los materiales con que se va a trabajar en condiciones anticipadas de trabajo.

Ejemplos:

Retardantes (ASTM C 494, Tipo B): Lignina, Bórax, Azúcares, Ácido tartárico y sales.

### **2.17.- Inclusiones de aire.**

Los aditivos inclusiones de aire se utilizan para retener intencionalmente burbujas microscópicas de aire en el concreto. La inclusión de aire mejorará drásticamente la durabilidad de los concretos que estén expuestos a la humedad durante los ciclos de congelación y deshielo. El aire incluido mejora considerablemente la resistencia del concreto contra el descascaramiento de la superficie causado por los productos químicos deshelantes. También se ve mejorada de manera importante la trabajabilidad del concreto fresco, y la segregación y el sangrado se reducen o se llegan a eliminar.

El concreto con aire incluido, contiene diminutas burbujas de aire distribuidas uniformemente en toda la pasta de cemento. La inclusión de aire en el concreto, se puede producir usando un cemento inductor de aire, o con la introducción de un aditivo inductor de aire, o con una combinación de ambos métodos. Un cemento inductor de aire es un cemento portland con una adición inductora de aire molida conjuntamente con el clinker durante la fabricación. Por otra parte, los aditivos inclusiones de aire se agregan directamente a los componentes del concreto antes y durante el mezclado.

Los principales ingredientes que se utilizan en los aditivos inclusiones de aire

(ASTM C 260) se enlistan a continuación:

Sales de resinas de madera (resinaVinsol), Algunos detergentes sintéticos, Sales de lignina sulfonatada, Sales de ácidos de petróleo, Sales de material proteínáceo, Ácidos grasos y resinosos y sus sales, Sulfonatos de alquilbenceno, Sales de hidrocarburos sulfonados.

Las especificaciones así como los métodos de ensaye para los aditivos inclusores de aire se presentan en las normas ASTM C 260 y C 233. Las adiciones inclusoras de aire que se emplean en la fabricación de cementos inclusores de aire, deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 226.

#### **2.18.- Métodos de dosificación.**

El proporcionamiento de una mezcla para un concreto se reduce a la elección de una relación apropiada de agua-cemento, para una resistencia dada (haciendo posible el manejo del concreto) y a definir la granulometría de los agregados inertes (para que sea adecuada a la resistencia pedida) y que el volumen de vacíos (burbujas de aire o huecos) entre los agregados sea el menor posible, para hacer el conglomerado de acuerdo a la compacidad necesaria, siempre y cuando la relación agua-cemento se sostenga constante para así mantener también constante la resistencia del concreto. Los pasos a seguir para la preparación de una mezcla son:

1. Dada la resistencia necesaria encontrar la relación agua-cemento correspondiente.

2. Elegidos los agregados, determinar los correspondientes pesos y densidades.

3. Cálculo de las proporciones de agregados necesarios, para tener la mezcla más densa, por cálculo o tablas y experiencia directa.

4. Corrección de las proporciones de los ingredientes para tener fluidez necesaria según el colado requerido.

### **2.19.- Estabilidad física.**

Esta forma se utiliza para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo. El método que se describe para la estabilización de suelos.

Mezclas de suelos: este tipo de estabilización es de amplio uso pero por si solo no logra producir los efectos deseados, necesitándose siempre por lo menos la compactación como complemento, un ejemplo claro es el lugar de la meseta purépecha donde predominan las arcillas y por lo tanto debemos de ver que tanta fricción tiene este tipo de suelos, y en la zona de tierra caliente predominan los limos estos tipos de suelos tienen alta fricción interna lo que hacen soportar grandes esfuerzos pero esto no hace que sea estable como para una carretera pues al no tener cohesión las partículas se mueven libremente.

Las arcillas son un poco contrarios ya que tienen gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay humedad, por lo que hay que estabilizar estos tipos de materiales para un mejor rendimiento.



## **2.20.- Estabilización química.**

Se refiere básicamente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en el proceso de los suelos, un ejemplo de ellos son los siguientes:

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Cemento portland: aumenta la resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas.

Productos asfálticos: es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión.

Cloruro de sodio: sirve para impermeabilizar y disminuye los polvos en el suelo principalmente para arcillas y limos.

Estos agentes intervienen para el mejoramiento de suelos y que podrá soportar una estructura de concreto hidráulico, por lo que es importante señalar los estabilizadores con los que se cuenta, la estabilización con concreto es principalmente mejorar la resistencia.

## **2.21.- Estabilidad mecánica.**

Esta técnica sirve para mejorar un suelo sin que se produzcan reacciones químicas de importancia.

La compactación: este mejoramiento se hace en todas las capas de la estructura del pavimento.

Cada estabilización requiere de un proceso de colocación para lograr un buen resultado como el que se mencionara a continuación.

### **2.22.- Estabilización con cal.**

La cal hidratada es el agente estabilizador que se usa más por sus magníficos resultados, cuando se tiene arcillas muy plásticas se puede disminuir la plasticidad con los cambios volumétricos con la misma variación en los contenidos de humedad con solo agregarle una pequeña proporción de cal. Este procedimiento es muy económico para disminuir la plasticidad de los suelos y darle un aumento en la resistencia, los porcentajes varían de 2% al 6% con respecto al suelo seco del material para estabilizar, con estos porcentajes se consigue estabilizar la actividad de las arcillas obteniendo un descenso en el índice plástico y un aumento en la resistencia. Es recomendable no usar más del 6% ya que con esto aumenta la resistencia al igual que en la plasticidad.

Los estudios que se deben realizar a suelos estabilizados con cal son los siguientes: límites de atterberg, granulometría, valor de sementante, equivalente de arena, VRS, compresión.

La dosificación depende del tipo de arcilla se agregará el porcentaje mencionado anteriormente lo que dependerá del laboratorio.

### **2.23.- Estabilización con cemento.**

Al mejorar un material con cemento Portland es querer aumentar su resistencia, por lo cual también disminuye la plasticidad, para lograr este efecto el material debe de ser más del 30% de materia orgánica.

Para lograr la estabilización de este material debemos de tener la granulometría, lo que indica que no tiene que contener piedras de tamaño de 60 mm, la capa tiene que tener un espesor de 10 a 15 cm y coronarse con una capa de rodamiento de poco espesor, ya sea de tránsito ligero o medio para obtener la alta calidad que depende de tres factores:

- 1.-Contenido apropiado de cemento.
- 2.-Contenido apropiado de humedad.
- 3.-Adecuada compactación.

Para lograr una estabilización flexible es recomendable, el porcentaje de 1% a 4% esto solo logra disminuir la plasticidad, y el incremento de la resistencia es muy bajo, son semejantes a los que estabilizan con cal, y para lograr una estabilización rígida el porcentaje adecuado sería de 6% a 14% este tipo de mejoramiento es muy común en las bases ya que la carpeta presenta un módulo de elasticidad semejante.

#### **2.24.- Principales características de los pavimentos de concreto hidráulico.**

Como ya se ha mencionado las capas de subrasante y sub-base son parte fundamental, para dar sustento y uniformidad a las losas de concreto hidráulico, el espesor más utilizado en las losas de concreto son, 15 cm para cuando se tiene un tránsito ligero; y este tiende a aumentar según como se presentan las condiciones de tránsito más pesado llegando a tener un espesor de hasta 40 cm este sería el caso de autopistas y carreteras con alto nivel de tránsito pesado y requiriendo

concretos homogéneos y de alta calidad con un módulo de ruptura o resistencia a la tensión por flexión no inferior a 35 kg/cm<sup>2</sup>, o 40 kg/cm<sup>2</sup> o más.

La siguiente figura que muestra la conformación de la estructura de pavimento hidráulico la cual está compuesta por una subrasante, una capa de concreto sobre la cual se usa algunas veces como base de concreto hidráulico que es la superficie de rodamiento, este tipo de muestra es para un pavimento de tránsito bajo.

En esta imagen que a continuación se muestra, se da a conocer cómo se puede transmitir hacia la capa inferior y la manera en que ésta se disipa, la carga o los esfuerzos inducidos se muestra con rojo.

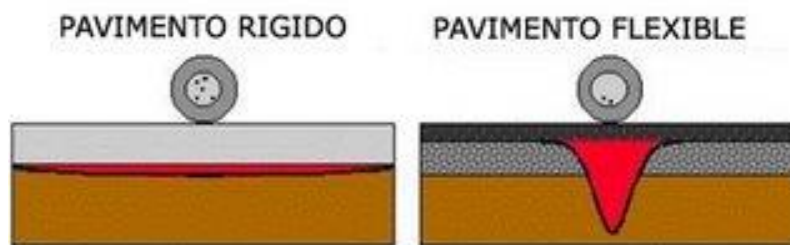


Imagen 2.11- Carretera con pavimento rígido y flexible.

Fuente: (oswaldodavidpavimentosrigidos.blogspot.com).

El concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento, lo cual demuestra claramente que los pavimentos rígidos proporcionan una mayor y mejor capacidad portante que se distribuye a través de las capas subyacentes a la losa de concreto hidráulico, disminuyendo los esfuerzos actuantes hasta llegar al terreno natural.

Se tienen diferentes tipos de pavimentos a base de concreto hidráulico, cada uno tiene su propio proceso constructivo, debido a la estructura interna de los pavimentos se dividen de la siguiente manera

Concreto simple vibrado.

Concreto reforzado.

Concreto preesforzado.

Concreto fibroso.

Concreto compactado con rodillo.

Sobre losas de concreto hidráulico.

Enseguida se da a conocer las características más destacadas de estos pavimentos.

### **2.25.- Losas de concreto simple vibrado.**

Son los pavimentos más empleados en la actualidad están compuestos por concreto hidráulico que generalmente es vibrado en masa a la hora de su colocación, está dividido por juntas longitudinales y transversales con la finalidad de obtener elementos cuadrados para que con esta sección se obtenga una mejor distribución de las cargas a las que se someten la separación por lo general son de 4 a 6 metros.

## 2.26.- Losas de concreto reforzado.

Este tipo de pavimentos son aquellos en los cuales su estructura interna tiene un esfuerzo a base de malla de alambre electro soldada o en otro caso de varilla corrugada, esta debe de ir de manera muy precisa en el tercio superior del espesor de la losa, por proceso constructivo el acero debe colocarse a la separación por que debe de cumplir un recubrimiento , de esta manera el áceros absorberá los cambios volumétricos que se presenten y así evitará las fisuras transversales, que inevitablemente se presentan en losas largas.

Generalmente las dimensiones son de 8 a 15 metros de largo y la cantidad de acero de este tipo de losas es proporcional a la longitud de las losas por lo general son de 2 a 3 kg/m<sup>2</sup>, este tipo de losas se requieren cuando hay tránsito de carga comercial, por su elevado costo o en canales o auto pistas con tránsito muy pesado.

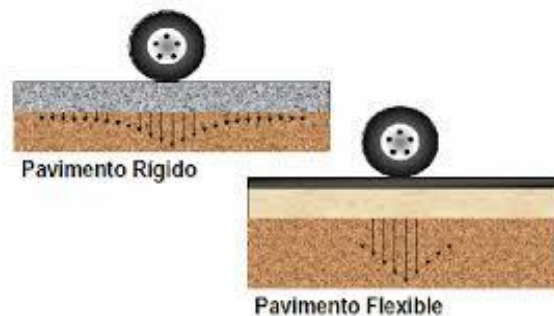


Imagen 2.12-Carretera con pavimento rígido y flexible

Fuente: (oswaldodavidpavimentosrigidos.blogspot.com)

### **2.27.- Losa de concreto preesforzado y postensado.**

Las losas de este tipo son frecuentemente utilizadas tanto en pistas, como en plataformas de los aeropuertos, debido a que pese a estos fines, se han obtenido más ventajas con un comportamiento bueno.

### **2.28.- Losas de concreto fibroso.**

Estas están compuestas por refuerzos a base de fibras de acero de productos plásticos o de fibras de vidrio, acomodados alternadamente, con esto se llegan a obtener grandes beneficios, tales como el incremento de resistencia a la tensión y a la fatiga, al igual que a la resistencia a las fisuras controla el impacto y da mayor durabilidad.

### **2.29.- Losas de concreto compactado con rodillo.**

Para este tipo de concreto se utiliza muy poco el agua y sin embargo se utiliza la misma cantidad de cemento para este pavimento, la mezcla puede ser esparcida por una máquina extendidora de concreto asfáltico y enseguida los rodillos vibratorios con neumáticos para este tipo de losas se recomienda hacer juntas de 6 o 7 metros.

### **2.30.- Materiales para conformar la estructura de pavimento y superficie de apoyo.**

Para esto se tiene que buscar las especificaciones de Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) siguiendo con el tipo de material seleccionado.

- Norma N-CTR-1-01-002/00, ejecución del despalme en carreteras de nueva construcción.
- Norma N-CTR-1-01-003/00, ejecución de cortes en carreteras de nueva construcción.
- Norma N-CTR-1-04-002/03, aspectos a considerar en la construcción de subbase y base de pavimentos para carreteras.

### 2.31.- Pavimentos de concreto en vialidades urbanas.

Afirma Sabogal (2000), que los pavimentos de concreto hidráulico consisten en losas construidas en el sitio sobre una estructura de capas de material granular, la cual puede o no ser estabilizado, el conjunto se puede apoyar en una capa subrasante opcional, convenientemente preparada.

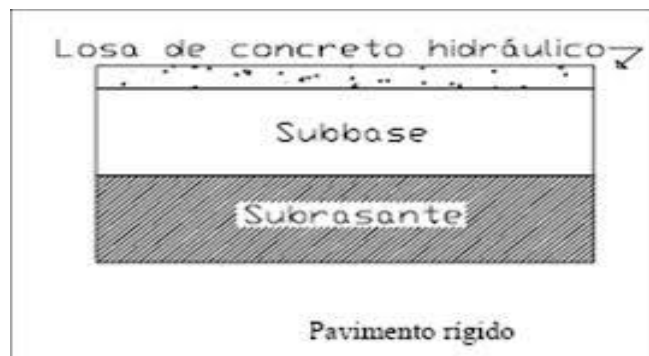


Imagen 2.13-Carretera con pavimento rígido.

Fuente: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000.

Existen diversos criterios para el dimensionamiento de los espesores de las capas del pavimento. En todo proyecto de pavimentos rígidos son tres los parámetros principales:



- a) Tránsito vehicular.
- b) Resistencia del concreto, módulo de ruptura (resistencia a la flexión).
- c) Características del terreno de apoyo.

El conocimiento del comportamiento mecánico de los materiales es conveniente, para dimensionar a la estructura o a un elemento estructural. Dicho comportamiento se conoce en base a las solicitaciones y en los esfuerzos que produzca la estructura.

### **2.32.- Resistencia del concreto.**

Afirma Sabogal (2000), que las losas de concreto hidráulico trabajan libremente o simplemente apoyadas, cuando la losa está sometida a carga debida al tránsito vehicular y se acepta que la losa trabaja a flexo compresión y se genera en ella esfuerzos de compresión en la parte superior y de tensión en la parte inferior, de estos esfuerzos, los de compresión son bajos ya que el concreto los resiste sobrado, los criterios son los esfuerzos de tensión para los cuales habremos de estudiar el pavimento.

En los pavimentos rígidos la resistencia del concreto se mide en términos de la resistencia a la tensión por flexión, esta resistencia se determina mediante la propiedad denominada “Módulo de Ruptura (MR)” la cual se obtiene en el laboratorio mediante ensayos.

### **2.33.- Características y propiedades de la capa de apoyo.**

Afirma Sabogal (2000), que en el estudio del pavimento rígido se pretende siempre representar las condiciones de apoyo, lo más racional. Para ello. Se tendrá en cuenta que lo que servirá de apoyo a la losa de concreto, será el conjunto formado por la estructura que se compone de capas de material granular. De esta manera el conjunto quedara representado por un módulo de reacción combinado.

Desde el punto de vista estructural el segundo elemento en importancia después de la losa de concreto hidráulico es la capa de apoyo. La resistencia de la capa de apoyo (capa subrasante) se le conoce con el nombre de “Módulo de Reacción “(de la capa de apoyo).

El módulo de reacción representado por “k” westergaard lo define como: “la presión necesaria que hay que aplicar sobre un aplaca circular de  $\theta$  para caminos, para producir una deformación preestablecida en la capa de apoyo el módulo de reacción se obtiene mediante la prueba llamada “prueba de placa”:

$$K = P/\Delta$$

Cuando por cualquier razón además de la capa subrasante se construye una sub-base (estabilizada o no) el valor de k de la capa subrasante se incrementa a causa de la sub-base y entonces se considera para diseño un nuevo valor del módulo de reacción llamado “módulo de reacción combinado (Kc)”

Comúnmente se establece una relación entre el  $k$  de la capa subrasante y  $K_c$  obtenido la cual se da en gráficas.

### **2.34.- Tránsito.**

Afirma Sabogal (2000), que en el tercer factor importante de losas de concreto hidráulico es el tránsito, éste se determina mediante aforos vehiculares para así conocer la distribución de cargas por eje y estimar de manera más acertada el número de ejes estándares que circulan por la vialidad en su vida útil del proyecto.

La resistencia del proyecto será establecida de acuerdo a la importancia de la obra, el volumen de tránsito y la calidad de agregados y cemento.

El concepto de vida útil, es un parámetro obligado en este tipo de estructuras y se refiere básicamente, al servicio que la superficie de rodamiento que debe prestar al paso de vehículos, en un periodo determinado; durante este lapso, la estructura debe ofrecer una superficie segura y cómoda. Por otro lado, como las vialidades urbanas deben ser relativamente establecidas, dadas las características de las áreas a las cuales sirven, las vidas útiles que se deben completar son de 20 años como mínimo, aunque en el caso de pavimentos rígidos se recomienda que sean periodos de aproximadamente de 20 a 30 años.

En resumen el enfoque de costos durante la vida útil, se toman en cuenta los costos inherentes a cada una de las opciones de pavimentos, su costo/beneficio en diferentes etapas de la vida total del proyecto.

Independientemente del lado económico el análisis económico de cualquier pavimento debe someterse a un sistema de administración de pavimentos a fin de que se puedan ejecutar las medidas preventivas y correctivas que garanticen la funcionalidad e integridad estructural del pavimento durante su vida útil como se muestra en la figura 2.14. Todas las necesidades.

Las consideraciones sobre las juntas son que se colocan pasa juntas, las juntas transversales se espacian en un rango de 4 a 5 metros.

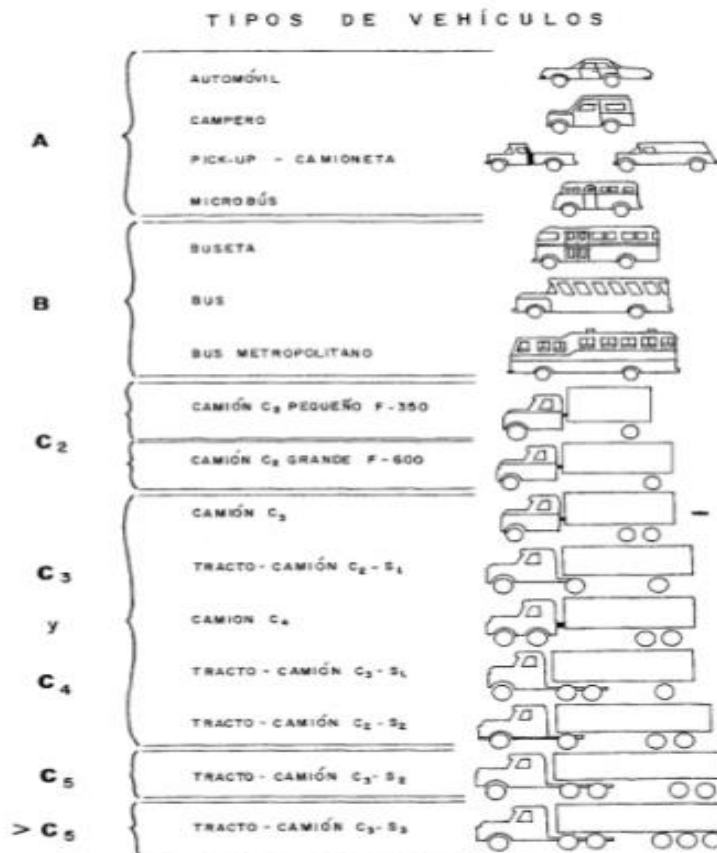


Figura 2.1 - Conteos manuales de tránsito.

Figura: 2.14.- Tipos de vehículos.

Fuente: Ingeniería de pavimentos, 2000.

### 2.35.- Método de la P.C.A. (método de la fatiga)

Este método se basa en que los pavimentos rígidos fallan por la fatiga a la tensión por flexión, es decir, que se rompen bajo la acción de cargas repetidas que produce una relación de esfuerzos en la gráfica se muestra como la equivalencia de cargas se da figura 2.15.

En base a los datos obtenidos del estudio vehicular se clasifican los tipos de vehículos de acuerdo a su peso y su dimensión según la S.C.T. para posteriormente realizar el análisis de tránsito, el cual nos arrojará el número de repeticiones para cada vehículo.

Tomando en cuenta los datos de tránsito vehicular y las propiedades mecánicas del concreto y de la capa de apoyo, se debe determinar la fatiga consumida.

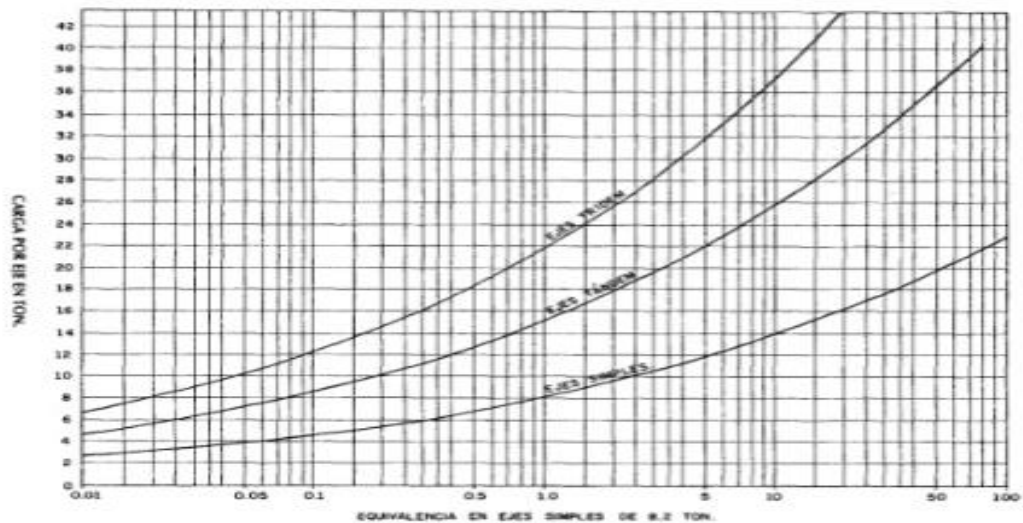


Figura: 2.15.- Grafica de factores de equivalencia de cargas.

Fuente: Ingeniería de pavimentos, 2000.

El número de repeticiones de carga permisibles dado en función de la relación entre el esfuerzo flexionante actuante y la resistencia a la flexión a los 28 días es permisible y la relación de esfuerzos. La curva de diseño entre repeticiones permisibles y la relación de esfuerzos se introducen en los monogramas de dimensionamiento de pavimentos.

Se acepta si un grupo de carga no consume la totalidad de fatiga permisible, el remanente estará disponible para los otros grupos. La sumatoria de todos los consumos de fatiga nunca deberá ser mayor al 100%.

### **2.36.- Juntas en pavimentos hidráulicos.**

Se definen como la separación o espacio dado entre las losas continuas de un pavimento de concreto hidráulico, la razón por la cual es la separación es para controlar los agrietamientos longitudinales o transversales en las losas y transmitir adecuadamente las cargas de tránsito de una losa a otra, en general reducir los esfuerzos de compresión, tensión y flexión.

### **2.37.- Agrietamiento.**

Las grietas son en general por los cambios volumétricos en el concreto y en la capa de apoyo, por las cargas de tránsito. Las causas de los cambios volumétricos son por el proceso de deshidratación y endurecimiento del concreto figura 2.16. En este proceso se elimina el agua y consecuentemente hay una reducción de volumen.

El cambio de temperatura y la humedad ambiental, después de que el concreto ha endurecido sigue sujeta a cambios de temperatura externa que generan en los esfuerzos de compresión y tensión. Estos esfuerzos provocan el fenómeno de combado y alabeo en las losas esto se denomina Alabeo al efecto que sufren elementos tales como muros, tabiques, acabados cuando son sometidos a cargas verticales excesivas para su esbeltez es decir el encorvamiento de losas hacia abajo cuando la temperatura en la superficie es mayor que la interface losa-capa apoyo, o hacia arriba cuando la temperatura es menor provocando esfuerzos de contracción.



Figura: 2.16.- Fallas principales en pavimentos rígidos.

Fuente: Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido,  
2013.

Afirma García Rivero (2008), que los diferentes métodos de diseño, como AASHTO 93, 98 y PCA 84, consideran al menos las siguientes capas para el diseño estructural de los pavimentos de concreto:

### **2.38.- Bases estabilizadas con cemento.**

Afirma García Rivero (2008), Las bases estabilizadas permiten el empleo de materiales locales y reciclados, teniendo como ventajas: subbases menos erosionables, reducción de esfuerzos de tensiones y de flexiones, mejoramiento de la transferencia de carga entre paños, entre otras.

Se podrá estabilizar con cemento siempre y cuando el material a estabilizar sea libre de partículas orgánicas, con equivalentes de arena superiores a veinte.

### **2.39.- Carpeta de rodadura.**

Afirma García Rivero (2008), que la carpeta de rodadura está conformada por mezcla de concreto hidráulico. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con Módulo de Rotura a la Flexión (MR) superiores a 42 Kg/cm<sup>2</sup>, o su equivalente a  $f'c = 280$  Kg/cm<sup>2</sup>.

### **2.40.- Juntas transversales y longitudinales.**

Es necesario para controlar la fisuración en la losa y permitir el movimiento relativo entre paños adyacentes.

Las juntas son longitudinales y transversales y tienen el rol de inducir fisuras por contracción del concreto, aislar el movimiento de los paños de



elementos ajenos al pavimento, como buzones por ejemplo, y siendo incluso parte del procedimiento constructivo figura 2.17.

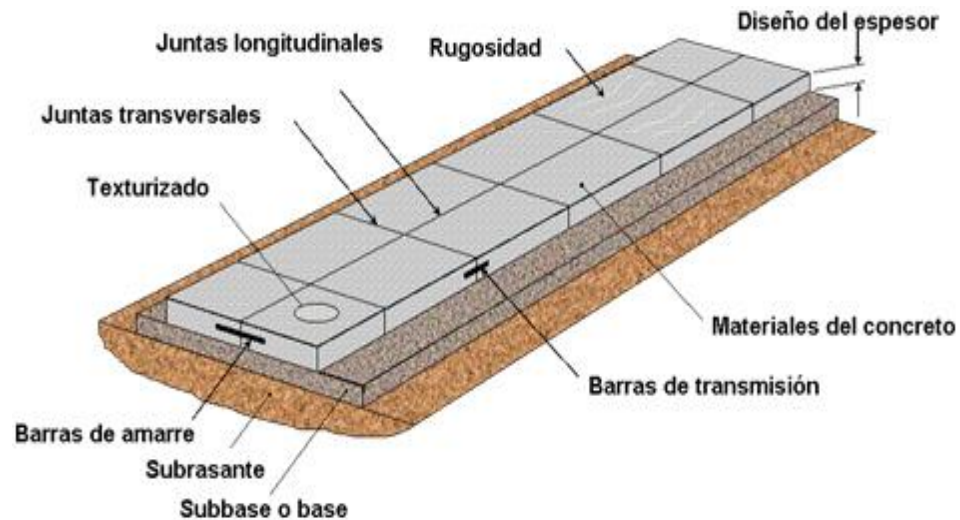


Imagen 2.17- Estructura de pavimento.

Fuente: Construcción de estructura de pavimento de concreto, 2000.

#### 2.41.-Texturizado.

Afirma García Rivero (2008), que el objetivo de texturizar la superficie del concreto es entregarle al pavimento las cualidades necesarias para el contacto pavimento – neumático que permita el tránsito de los vehículos en condiciones seguras. Pueden ser de dos tipos: micro y macro texturizado.

- El micro texturizado es el que se logra aplicando una llana húmeda sobre la superficie del pavimento.

- El macro texturizado se logra mediante herramientas mecánicas, como peines con cerdas metálicas o aparatos más sofisticados que pueden ser incorporados en el tren de pavimentado.

## 2.42.- Tipos de pavimento.

Existen tres tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimento de concreto simple con juntas.
- Pavimento de concreto armado con barras transversales.
- Pavimento de concreto continuamente reforzados.

Ejemplos:

Un cemento Pórtland Ordinario de clase resistente 30 con alta resistencia inicial se identifica como:

**Cemento CPO 30 R**

Un cemento Pórtland Compuesto de clase resistente 30 con alta resistencia inicial y resistencia a los sulfatos, se identifica como:

**Cemento CPC 30 R RS**

Un cemento Pórtland Puzolánico de clase resistente 30, de baja reactividad álcali-agregado y bajo calor de hidratación, se identifica como:

**Cemento CPP 30 BRA/BCH**

Un cemento Pórtland Ordinario de clase resistente 30 con alta resistencia inicial y blanco se identifica como:

**Cemento CPO 30 RB**

Figura: 2.18.- Clasificación de los cementos según su resistencia.

Fuente: Manual técnico de construcción, 2008.

### **Pavimentos de concreto simple con juntas.**

Según García Rivero (2008), en este tipo de pavimentos se requiere realizar juntas de contracción transversal cada 3.5 y 6.0 metros. La transferencia de carga entre paños adyacentes se puede dar mediante trabazón de agregados o mediante el empleo de pasa juntas. Las juntas inducen el agrietamiento propio del comportamiento del concreto por las tensiones originadas debido a los cambios de temperatura y humedad.

### **Pavimentos de concreto armado con barras transversales.**

Afirma García Rivero (2008), la carpeta de rodadura es de concreto reforzado con mallas de acero, las que permiten ampliar las distancias entre las juntas entre 7.5 y 9.0 metros. Aunque tiene refuerzo moderado de acero siempre se espera que se produzcan fisuras controladas dentro de los paños. El refuerzo controla parte de las tensiones y permite tener espaciamientos mayores entre las juntas. La transferencia de carga entre paños adyacentes se realiza mediante el empleo de pasa juntas.

### **Pavimentos de concreto continuamente reforzados.**

Según García Rivero (2008), las tensiones son controladas por una armadura de acero. Se espera la aparición de fisuras controladas a lo largo de todo el pavimento, con distancias entre 0.6 y 2.0 metros.

## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN DE MACRO Y MICROLOCALIZACIÓN**

El presente capítulo tiene como objetivo principal, el recopilar toda la información con referencia a la ubicación de la obra, su entorno, características geométricas del lugar, al igual que un informe fotográfico, superficie de rodamiento, operación del camino, tipo de suelo. Se explicará el procedimiento de construcción ordenadamente, para mejor funcionamiento y comportamiento del camino en estudio, con respecto al clima y la diferencia que hay en la construcción del clima cálido con el frío.

#### **3.1.- Generalidades.**

En la presente calle Tamakua, Colonia Santa Barbara, se dará referencia a la topografía del municipio, y zonas de estudio para tener un panorama más amplio, se tomara en cuenta todos los puntos referentes a geología y uso de suelo, cabe mencionar que dicha calle es muy transitada por lo que la circulación de los vehículos se excede.

##### **3.1.1.- Objetivo.**

El objetivo de este proyecto, es hacer la revisión de la calle Tamakua, del impacto que tiene la temperatura ambiental en el municipio de Uruapan y el comportamiento de mezclas de concreto hidráulico, para pavimentos en vialidades en la comunidad, cumpliendo las normas y especificaciones marcadas anteriormente.

### **3.1.2.- Alcance del proyecto.**

En el presente trabajo se da a conocer el procedimiento del concreto hidráulico para pavimentos en vialidades y poder diagnosticar la situación del impacto ambiental apegándose a la normatividad vigente para este tipo de obras civiles.

### **3.2.- Resumen ejecutivo.**

Para el presente trabajo la información fue proporcionada por medio de libros, la cual fue obtenida de la Universidad Don Vasco, dicha información consta de ir a visitas para poder ver los procedimientos que se llevan a cabo al momento de estar aplicando la capa de concreto hidráulico, Y es requerida para poder, revisar el tiempo de fraguado del concreto.

Se realizó la visita al lugar para verificar el estado actual de las calles, así como la inspección de cada uno de los procesos a seguir de las visitas, También se puede observar que las fallas de la calle pueden ser motivadas por un mal proceso constructivo, relleno mal compactado, al igual que el exceso de carros que transitan por ese espacio.

### **3.3.- Entorno geográfico**

#### **3.3.1.- Macro y Microlocalización.**

El sitio está localizado en la zona oriente, calle Tamakua, colonia Santa Bárbara, con intersección en la calle profesor Jorge Orozco hasta la calle

Erandeni, que se localiza en el Municipio de Uruapan, Su clima es templado tropical con lluvias en verano siendo este la que más afecta en la superficie de rodamiento. Su temperatura fluctúa entre los 8° C a 37.5° C. Algunos de los atractivos turísticos del municipio de Uruapan son el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, la Cascada Tzaráracua, la Cascada Salto Escondido, la Presa Caltzontzin, el Cerro De la Cruz, el Cerro de la Charanda. El "Museo de la Casa de la Cultura". El municipio de Uruapan Colinda con los municipios de Charapan, Paracho, Nahuatzen, entre otros. Rico en vegetación. Los climas cálido y templado subhúmedo de Michoacán favorecen el cultivo de aguacate, siendo este estado, el principal productor a nivel nacional según INEGI.

La zona del proyecto se encuentra ubicada en el municipio de Uruapan (CARACTERISTICAS, UBICACIÓN, ETC), en la parte de la zona oriente, etc.

**Porcentaje territorial**  
El estado de Michoacán de Ocampo representa 3.0% de la superficie del país.

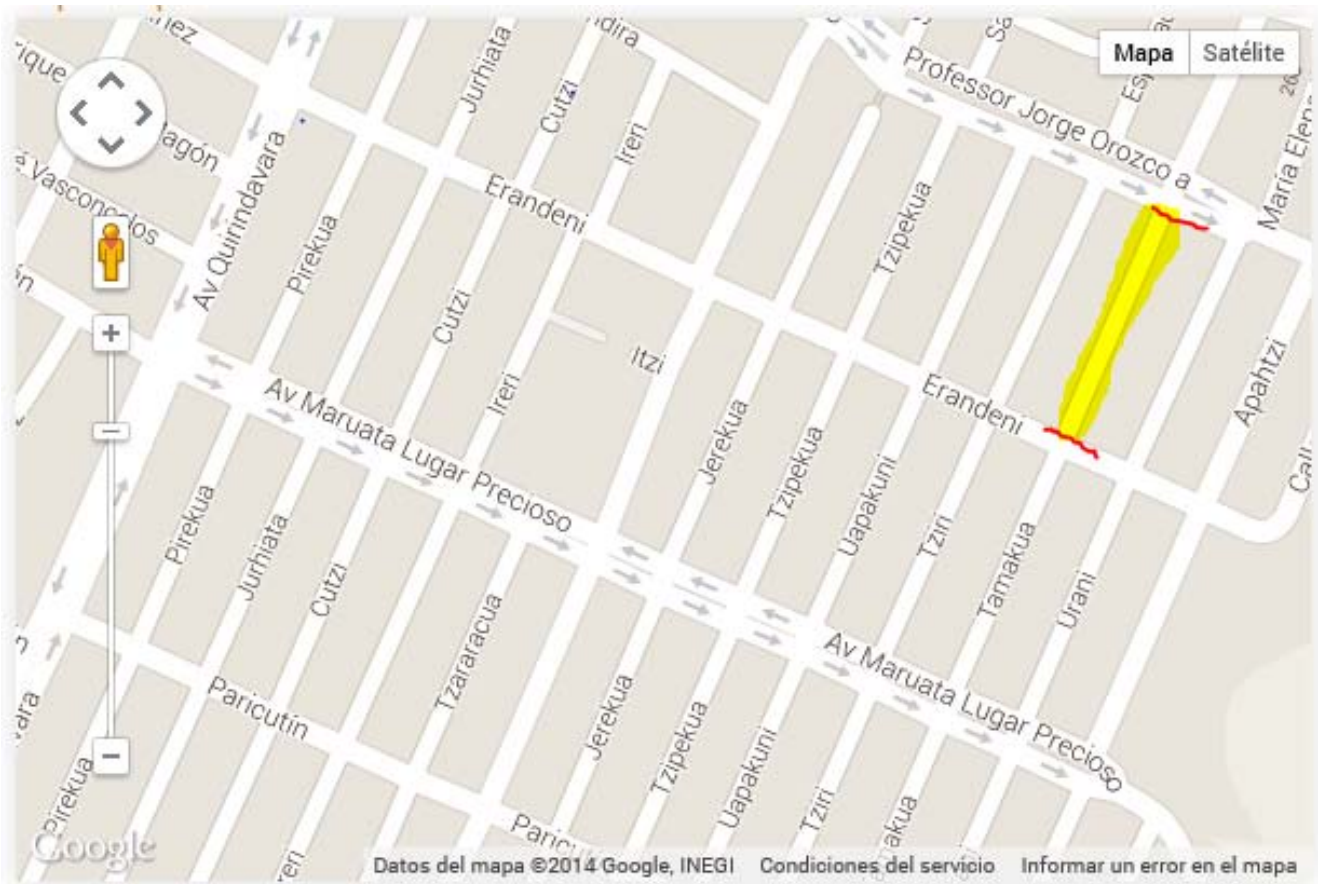


**Litorales**

Michoacán cuenta con 228 km de litorales, lo que representa el 2.0% del total nacional.

Figura: 3.1 Estado de Michoacán.

Fuente: WWW.INEGI.gob.mx.



Fotografía: 3.2 Calle Tamakua, colonia Santa Bárbara.

Fuente: Earth.google.gob.mx.

### 3.3.3.- Hidrología Regional y de la Zona en Estudio.

La hidrografía de la zona se encuentra constituida **por el río Cupatitzio, las presa Caltzontzin, Salto Escondido y Cupatitzio y la cascada conocida como La Tzaráracua.**

De acuerdo con las temperaturas existentes en la zona afectan considerablemente a la cinta asfáltica, ya que habiendo altas temperaturas la

carpeta tiene menos durabilidad, por tal motivo es necesario construir carpetas con materiales de calidad necesarios para este tipo de zonas.

#### **3.3.4.- Uso de Suelo Regional y de la Zona en Estudio.**

De acuerdo con la página de Internet <http://ebenelda-uruapan.blogspot.mx/2007/07/medio-fisico-de-uruapan.html>, los suelos de este municipio, datan de los periodos cenozoico, terciario, cuaternario y eoceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente forestal y en menor proporción agrícola y ganadero.

En el municipio domina el bosque mixto, con pino y encino, y el bosque tropical. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, cacomixtle, liebre, tlacuache, conejo, pato, torcaza y chachalaca.

Se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°25' de latitud norte y 102°03' de longitud oeste, a una altura de 1, 620 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Charapan, Paracho y Nahuatzen, al este con Tingambato, Ziracuaretiro y Taretan, al sur con Gabriel Zamora, y al oeste con Nuevo Parangaricutiro, Peribán y Los Reyes. Su distancia a la capital del Estado es de 120 km.

Su relieve lo conforman el sistema volcánico transversal, y los cerros de Charanda, la Cruz, Jicalán y Magdalena.



Su clima es templado y tropical con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1, 759. 3, milímetros y temperaturas que oscilan entre 8. 0 a 37. 5 grados centígrados.

### **Agricultura**

Uruapan es la segunda ciudad más importante y poblada del Estado de Michoacán de Ocampo. Es la cabecera del municipio de Uruapan. De clima templado, exuberante vegetación y con gran producción anual de aguacate con calidad de exportación, razón por la cual se le conoce también como “La capital mundial del aguacate”. Se considera también el punto de unión entre tierra caliente y la meseta Purépecha.

### **Ganadería**

Michoacán de Ocampo, no es el mayor criador de ganado bovino en el país, de acuerdo con los resultados del VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007, ocupa el octavo lugar a nivel nacional lo que representa el 4.3%.

### **Turismo**

PARQUE NACIONAL “BARRANCA DEL CUPATITZIO.- Dentro del cual nace el Río Cupatitzio (Río que canta) conjuga las cristalinas aguas del río, la exuberante vegetación.

LA TZARARACUA.- Al sur de Uruapan, río abajo, 10 km por la carretera a Apatzingán, se localiza esta extraordinaria cascada que ha sido y es, punto de admiración de propios y extraños, rodeada de frondosa vegetación. Puede llegarse a ella disfrutando de un agradable paseo a pie.

VOLCÁN PARICUTÍN.- Ubicado en la comunidad de Angahuan, a 37 kms. De Uruapan, en donde podrás deleitarte con su variada gastronomía y admirar las ruinas de la Iglesia de San Juan Parangaricutiro, pueblo sepultado por la lava al hacer erupción el volcán Paricutín.

EL PARQUE NACIONAL “BARRANCA DEL CUPATITZIO”.- Este comprende 19.8 hectáreas de área de recreación y 452 hectáreas de área de conservación. Se encuentra ubicado dentro de la región.

### **Comercio**

A Uruapan se le ha dado una amplia difusión a la gran variedad de artículos de madera que se elabora en toda nuestra geografía michoacana, frente al Parque Nacional se encuentra el Mercado de Artesanías, y es ahí donde diariamente nuestros paisanos artesanos conviven y ofrecen sus servicios al turismo.

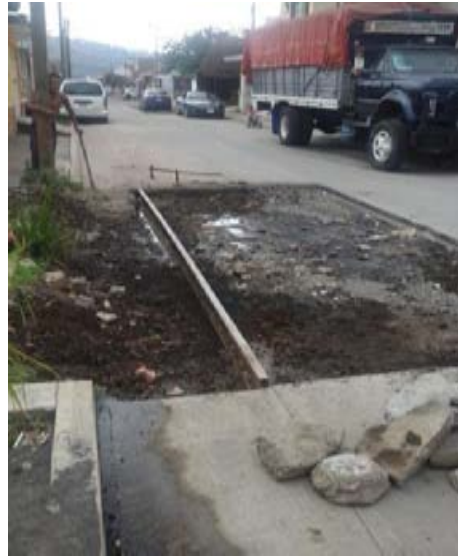
### **3.4.- Informe Fotográfico.**

Se presenta un informe fotográfico en el que se observa el tipo de terreno topografía, obras accesorias y detalles de azolves y estado.



Fotografía: 3.3.- Terreno natural.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.4.- Cimbra de pavimento.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.5.- Base hidráulico

Triturada. Fuente: Propia.



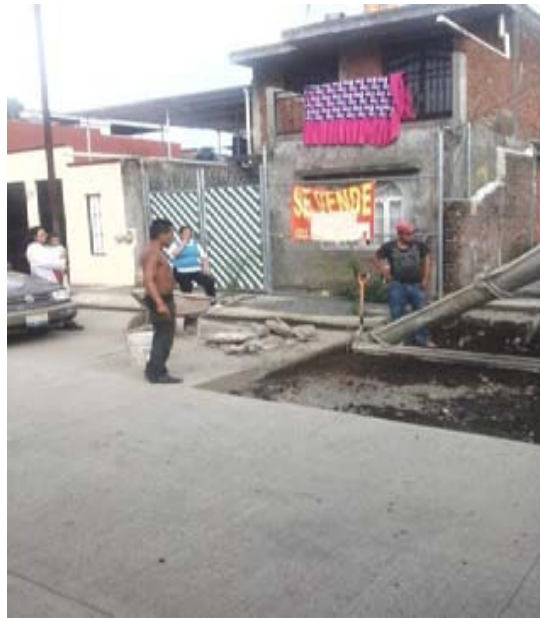
Fotografía: 3.6.- Pavimento.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.7.- Concreto

Premezclado. Fuente: Propia.



Fotografía: 3.8.- Vaciado.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.9.- Extendido.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.10.- Extendido.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.11.- Regleado.

Fuente: Propia.



Fotografía: 3.12.- Aplicación de agua  
Para terminado. Fuente: Propia.



Fotografía: 3.13.- Terminado.  
Fuente: Propia.

### **3.4.1.- Problemas de Azolve.**

Dentro del tramo se encuentran azolves y las lo que ocasiona que en época de lluvias es que no se seca adecuadamente.

### **3.4.2.- Estado Físico Actual.**

Enseguida se presenta el estado en que se encuentra la calle así como las deformaciones en el pavimento (en su caso) causadas por las lluvias.

### **3.5.- Alternativas de Solución.**

En este tema se abordarán algunas soluciones para la propuesta tales como el procedimiento adecuado para que seque más rápido el concreto hidráulico.

#### **3.5.1.- Planteamiento de Alternativas.**

Debido a que pudiera darse un trazo diferente y correspondiente a los vistos con anterioridad, los aditivos o acelerantes no son necesarios para la aplicación de concreto en Uruapan, tanto en Apatzingán lo más recomendable es la aplicación de más agua, pero al mismo tiempo hacer el vaciado más rápido que en el municipio de Uruapan.

### **3.6.- Procesos de análisis.**

Para saber qué tipo de concreto aplicar o que resistencia debe llevar de acuerdo con los estudios de rodamiento en dicha calle, se puede consultar el Manual de CEMEX:

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA**

El presente capítulo hace referencia sobre aquellos procedimientos lógicos, utilizados con la finalidad de un objetivo, hablará sobre el proceso planteado paso por paso, que se requirió para dicha investigación científica, con lo cual se resolverá una hipótesis que esta empleada en la investigación.

Siguiendo con los conceptos que debe contener esta metodología se encuentran los instrumentos para recopilación de datos, y por último, se presenta la descripción del proceso de investigación implementado para la recopilación de datos.

#### **4.1.- Método empleado.**

El método a utilizar será el método científico, el cual es un proceso que consiste mediante la aplicación del método científico, procurando obtener la información relevante para entender, aplicar y corregir el conocimiento.

Es la formulación de hipótesis o soluciones sugeridas, para la recopilación, organización y valoración de datos, es totalmente objetiva ya que los datos e información utilizados son reales y sustentados.

Según Tamayo y Tamayo (2000), las principales características para usar el método científico son: que parte de resultados anteriores, planteamientos, proposiciones o respuestas entorno al problema, Para ello debe:

- Planear una metodología
- Recoger o registrar y analizar datos
- De no existir datos debe crearlos

#### **4.1.1.- Método matemático.**

Un Método matemático es aquel que emplea algún tipo de formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y entidades u operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad. Un modelo matemático consta al menos de dos conjuntos básicos de elementos:

1.-Variables de decisión y parámetros: Las variables de decisión son incógnitas que deben ser determinadas a partir de la solución del modelo. Los parámetros representan los valores conocidos del sistema o bien que se pueden controlar.

2.-Restricciones: Las restricciones son relaciones entre las variables de decisión y magnitudes que dan sentido a la solución del problema y las acotan a valores factibles.

El método matemático se empleó en esta investigación porque mencionado anteriormente es aquél que tiene un formulismo matemático y llega a un resultado o valor factible, por el hecho de hacer uso de cifras numéricas con la finalidad de que dichos valores son de importancia para cumplir el objetivo de la investigación.



#### **4.2.- Enfoque de la investigación.**

El enfoque de la presente investigación es de tipo cuantitativo, ya que los elementos utilizados son magnitudes expresados en números, es el procedimiento de decisión que pretende decir, entre ciertas alternativas, usando magnitudes numéricas que pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística.

Según Mendoza (2006), para que exista metodología cuantitativa se requiere que entre los elementos del problema de investigación exista una relación cuya naturaleza sea representable por algún modelo numérico ya sea lineal, exponencial o similar. Es decir, que haya claridad entre los elementos de investigación que conforman el problema, que sea posible definirlo, limitarlos y saber exactamente dónde se inicia el problema, en qué dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos:

Hernández y cols. (2010), señalan que la metodología cuantitativa es aquella que permite examinar los datos de manera científica, o más específicamente en forma numérica, generalmente con ayuda de herramientas del campo de la estadística. Para que exista metodología cuantitativa se requiere que entre los elementos del problema de investigación exista una relación cuya naturaleza sea representable por algún modelo numérico ya sea lineal, exponencial o similar. Es decir, que haya claridad entre los elementos de investigación que conforman el problema, que sea posible definirlo, limitarlos y saber exactamente dónde se inicia el problema, en qué dirección va y qué tipo de incidencia existe entre sus elementos: Su naturaleza es descriptiva.

Permite al investigador “predecir” el comportamiento del consumidor. Por lo tanto, la investigación que se realizará es de tipo cuantitativa porque establecerá una conclusión a partir de la pregunta de investigación con la cual se inicia la investigación.

#### **4.2.1.- Alcance de la investigación.**

El proceso que se va a realizar al concreto rígido es de tipo descriptiva, por qué consiste básicamente en detallar y buscar características como se manifiestan los tipos de concreto en condiciones climáticas en distintos climas extremos y buscan especificar las propiedades, es decir únicamente pretende medir o corregir información de manera independiente o sobre las variables que esta se refiere.

De acuerdo con Hernández y cols. (2010), con frecuencia la meta del investigador es describir fenómenos en situaciones, es decir detallar como son y cómo se manifiestan.

#### **4.3.- Diseño de la investigación.**

De acuerdo con Tamayo (2000), el diseño de la investigación es la estrategia que utiliza el investigador para plantear las posibles respuestas a las incógnitas que da pie a la investigación. El diseño no experimental no manipula ninguna variable, por el motivo de que analizan los objetivos de estudio para dar un dictamen acerca de lo observado.

Podría decirse que la investigación que se realizara es sin manipular deliberadamente ninguna variable, pues no se hace variación en forma intencional, lo que se hará, es observar cómo reacciona dicho fenómeno, tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos,

El método no experimental según Hernández y Cols. (2010) consiste básicamente en observar situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza, las variables independientes ocurren y no es posible la manipulación, ni se influye sobre ellas porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

Además la investigación no experimental, es un estudio muy importante, la cual se le denominan transeccional o transversal y su propósito es básicamente describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, las relaciones entre ellas, recopilan datos en un sólo momento, y en un tiempo único.

#### **4.4.- Instrumentos de recopilación de datos.**

Se trata de una técnica de recolección de datos o información, denominada también observación de campo del fenómeno en estudio es el principal elemento que da lugar a los métodos que se emplearan para llegar a conocer cuáles son los efectos de las variables, cuyo propósito son:

Explorar ambientes, contextos.

Describir comunidades, contextos o ambientes.

Comprender procesos y eventos que sucedan a través del tiempo.

Identificar problemas y generar posibles mejoras a futuro.

Los programas de computación son elementos que simplifican en la mayoría de las ocasiones el resultado que arrojan las variables, a si en esta investigación se realiza un software proporcionado por Cemex (cementos mexicanos) en el cual los datos que se recopilan son introducidos para que el software arroja los datos específicos y requeridos.

El AutoCAD (desde el 2007), es una herramienta fundamental en la que el ingeniero, arquitecto y topográfico se apoyan para realizar una geometría adecuada, de los proyectos que son de importancia. En este proyecto se utiliza AutoCAD 2010 pero se puede aplicar cualquier AutoCAD a partir del 2007. Con el propósito de tener una base digital en la que se sustente la investigación, para dar a conocer el fenómeno en estudio, el tramo específico donde tendrá su desarrollo y la recolección de información necesaria para el análisis que se requiere realizar.

En la visita que se tiene en la zona de estudio, se tienen que observar todos los detalles que influyen de manera directa en el proceso de solución de la incógnita buscada, en el cual especifica los tipos de suelos que se necesitan para la base y subbase, los tipos de vehículos que transitan en el sitio así como sus características. Se utiliza una hoja proporcionada por Cemex para el aforo vehicular.

Excel programa de Microsoft que es utilizado para el desarrollo de operaciones matemáticas, las cuales hacen que el cálculo sea más sencillo, al igual para determinar el tipo de suelo y sus características.

#### **4.5.- Descripción del proceso de investigación.**

El procedimiento de investigación que se empleó para la estructuración de la metodología fue basada en observaciones de campo, descripción de los tipos de suelos que se tienen en diferentes lugares y la anotación de procesos constructivos que el constructor realiza así como llevar un orden y un origen para llegar a una solución del problema que se desea resolver.

En primer paso se visitó la zona en estudio y se realizó la recopilación de la siguiente información:

Se realizó un recorrido para revisar el estado actual de la avenida, para conocer a detalle las fallas de concreto rígido.

Se revisó si existen obras de importancia tales como instalaciones especiales como obras hidráulicas, canales etc.

Del mismo modo se realizó una observación para conocer e identificar los diferentes tipos de vegetación que se encuentran en la zona.

Toda esta información fue recabada para sustentar la metodología de esta investigación, fue necesaria la recopilación de fotografías y reportes escritos, de las observaciones realizadas en campo, se recabaron datos científicos para el desarrollo de esta investigación tales como:

Libros y normas especializadas en pavimentos a base de concreto rígidos, que aportan conocimientos para la correcta ejecución y supervisión de pavimentos hidráulicos.

Información del proyecto, el en cual se obtuvieron los datos: software, planos, proyectos y así como especificaciones que debe cumplir el proyecto.

Por medio de esta investigación se realizó la recopilación de los datos más importantes de esta investigación y así obtener una información más concreta, que permite establecer las conclusiones necesarias, para demostrar en una forma confiable el cumplimiento de dicha investigación.

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se pretende abordar la idea principal del tema de investigación, lo que se pretende explicar es como se coloca el concreto con las medidas necesarias para mitigar los efectos de los diferentes climas, el proceso constructivo es necesario para ejecutar los trabajos de manera adecuada y eficaz de esta forma se obtendrán resultados satisfactorios que se verán reflejados en la calidad de la obra, en la reducción del mantenimiento y su buena funcionalidad del camino para los usuarios.

#### **5.1.- Pavimentos de Concreto Simple.**

De acuerdo a su definición, son pavimentos que no representan refuerzo de acero, ni elementos para transferencia de cargas. En ellos, el concreto asume y resiste tensiones producidas por el tránsito y el entorno, como las variaciones de temperatura y humedad.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan sobre la subrasante. En condiciones más severas requiere de subbases tratadas con cemento, colocadas entre la subrasante y la losa, para aumentar la capacidad de soporte y mejorar la transmisión de carga.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m. De largo y 3.50 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. En calles de urbanizaciones residenciales de 10 y 15 cm,

en las denominadas colectores entre 15 y 17 cm .En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas más solicitadas de 20 cm o más.

Uno de los objetivos específicos es mostrar la secuencia del proceso constructivo de un pavimento rígido o concreto hidráulico, con las siguientes etapas.

- 1.-Conocer el significado de un pavimento rígido en una obra y su importancia.
- 2.-Determinar los parámetros a tener en cuenta en la obra de un pavimento rígido.
- 3.-Resaltar el proceso de construcción de un pavimento rígido de la región.
- 4.-Identificar los equipos y materiales necesarios para la ejecución de pavimento rígido.

## **5.2.- Tipos de pavimentos rígidos.**

Concreto rígido, al aplicar tiene la ventaja de reducir el mantenimiento al mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas, una superficie de concreto es durable, resistente y requiere menos tiempo de mantenimiento y dinero, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años.

Concreto hidráulico simple.

Concreto hidráulico reforzado.

Concreto hidráulico reforzado continuo.

Las desventajas de poner concreto rígido en las avenidas son, su costo inicial es mucho más elevado que el pavimento flexible.



Se deben tener cuidado en el diseño:

- 1.-Distribución de las cargas.
- 2.-Durabilidad de los proyectos.
- 3.-Visibilidad.

En este capítulo se va a explicar el procedimiento de la aplicación del concreto al igual que los materiales y medidas exactas del mismo, el concreto que se va a colocar es simple, vaciado por gravedad con el equipo de Cempro.

Los aditivos y acelerantes se requieren, solo si el cliente los pide o si los cree necesarios, pero esto hace que se eleve el costo, el concreto hay que trabajarlo más rápido en clima cálido en el lugar de Apatzingán, al igual que la preparación el terreno.

### **5.3.- Fabricación del concreto simple.**

La fabricación es de la siguiente manera, 1200 kilos de grava de  $\frac{3}{4}$  o de  $\frac{1}{2}$  y de arena 1000 eso equivale a 2200 kilos con 350 kilos de cemento de concreto de 250 lleva un aproximado de 210 a 220 litros de agua por metro<sup>3</sup> cuando el material está seco porque cuando esta humado baria más, hay que sacar muestras de laboratorio para ver la humedad que lleva esto sería un revenimiento de 14 y la resistencia de 250.

En calor le ponen barras de hiel.

Tener tiempo determinado de 1 hora.

Costo varia en la resistencia de 250 su costo es de 1450 pesos.

200 su costo es de 1350 pesos.

150 su costo es de 1250 pesos.

100 su costo es de 1150 pesos.

#### **5.4.- Colocación del concreto.**

Se define condiciones extremas de temperatura, a aquellas que están por debajo o por encima de valores críticos, el concreto empieza a comportarse de manera que es necesario tener especial cuidado no solo en la dosificación de la mezcla, sino en la preparación, transporte, colocación, curado, toma de testigos de prueba y almacenaje de materiales, incluyendo el tipo de encofrado y el tiempo de desencofrado.

Se trabaja en condiciones normales cuando la temperatura ambiente varía entre 5°C y 30°C. Si esta excede los límites anteriores estamos en condiciones especiales de temperatura, debiéndose recurrir a prácticas especiales para evitar que se produzcan variaciones en el concreto, por los efectos de una baja o alta temperatura sobre la fragua del cemento y agua de amasado. La tecnología del concreto basa sus pautas, en condiciones de temperatura de mezcla de alrededor de 20°C.

La colocación del concreto en temperaturas extremas, ya sea las bajas y altas temperaturas, por lo que se ve influida en cuanto a que puede perjudicar la calidad del concreto fresco y aun cuando esté endurecido, en el caso de

temperaturas altas el fraguado puede presentarse de una forma rápida y hay probabilidad de que se produzcan grietas, Lo que también repercute en el control de contenido de aire.

En cuanto a temperaturas bajas se puede decir que no adquiere la resistencia adecuada. Para ambos casos existen requisitos y ciertas precauciones.

El concreto se expande con el incremento de temperatura y se contrae con su disminución. El coeficiente de dilatación térmica varía con la calidad del concreto y con su edad.

#### **5.5.- Concreto en clima cálido.**

El clima cálido puede causar muchos problemas en el mezclado, vaciado, y curado del concreto teniendo efectos adversos en las propiedades físicas y la vida de servicio ver imagen 5.6.

Según Harmsen, (2005), en los lugares de altas temperaturas se debe transportar y colocar el concreto lo más rápido que sea posible, ya que si no hay pérdidas en el revenimiento e incrementa la temperatura del concreto. En los lugares de bajas temperaturas el manejo de la mezcla se debe realizar con algunas precauciones, la mezcla de concreto y su temperatura se debe adaptar al procedimiento constructivo y a las condiciones en que se encuentre el medio ambiente, ya que en estos climas el concreto tiene muy poca resistencia.

Las altas temperaturas ambientales durante el trabajo del concreto, a veces agravadas por la acción del viento y la humedad relativa baja, pueden perjudicar la calidad del concreto fresco y endurecido. Los efectos negativos se incrementan aún más cuando la temperatura sube o la humedad relativa baja. Los efectos sobre el concreto fresco pueden ser:

- Una mayor demanda de agua.
- Pérdidas aceleradas de revenimiento.
- Velocidades de fraguado elevadas.
- Una mayor tendencia al agrietamiento plástico.
- Dificultades para controlar el aire incluido.
- La necesidad de un curado inmediato.

Después el concreto endurecido puede tener:

- Menor resistencia.
- Más contracción por desecación o tendencia a agrietarse.
- Menos durabilidad ante la congelación y descongelación.
- Menor uniformidad en la apariencia superficial.

Estos efectos pueden ser superados con una selección cuidadosa de los materiales y procedimientos para trabajar en clima cálido. La clave para la tener éxito es la planificación previa.

A medida que aumenta la temperatura del concreto, se presenta una pérdida en el revenimiento que a menudo se compensa con la recomendada práctica de agregar más agua en la obra. A mayor temperatura se necesita más cantidad de agua, esto es la relación agua-cemento, disminuyendo en consecuencia la resistencia del concreto a cualquier edad y afectando adversamente otras propiedades del concreto endurecido. (Kosmatka, 1992)

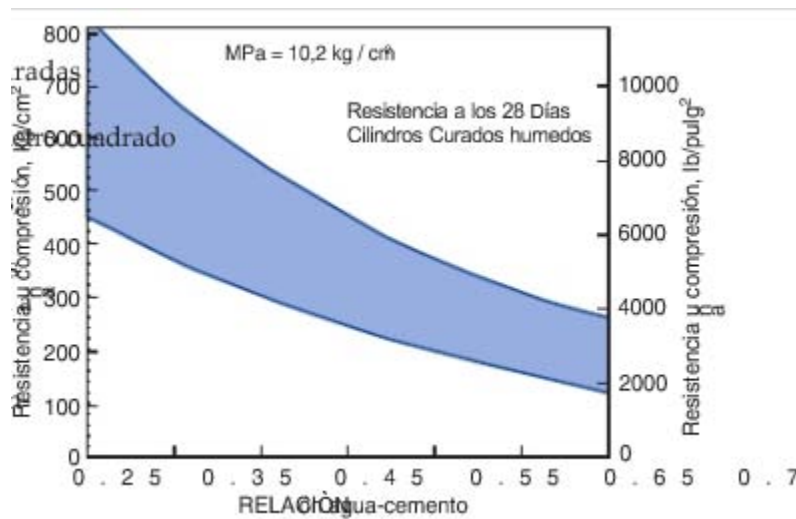


Imagen: 5.1 Relación agua-cemento del concreto.

Fuente: Kosmatka, 1992.

El concreto puede producirse en clima cálido sin límites máximos en las temperaturas de vaciado y tendrá un desempeño satisfactorio si se observan las precauciones apropiadas de proporción, producción, entrega, vaciado y curado. Como parte de estas precauciones, se deberá poner esfuerzo especial para mantener la temperatura del concreto tan baja como sea práctico.

De todos los materiales para fabricar concreto, el agua es el más fácil de enfriar. Usando hielo como parte del agua de mezcla le ayudará a reducir la

temperatura del concreto. La cantidad de hielo usado deberá incluirse como parte del agua de mezcla y no deberá exceder 75% de la cantidad de agua requerida para cumplir con la relación agua/ material cementicio especificada. La norma ACI 305R tiene lineamientos adicionales para el uso de hielo en el concreto. Como los agregados gruesos con sus ingredientes con mayor masa en el concreto, los cambios de temperatura tienen un efecto considerable en la temperatura del concreto.

Las siguientes medidas ayudarán a controlar la temperatura del concreto al momento del mezclado (bacheo) o durante el proceso de hidratación:

- Salpicar o rociar los agregados.
- Almacenar los agregados en un lugar sombreado.
- Uso de nitrógeno líquido.
- Uso de cemento con cenizas volantes/escoria.
- Uso de aditivos para controlar el fraguado.
- Uso de un reductor de evaporación.

El uso de cementos de fraguado lento mejorará las características de manejo del concreto en clima cálido. La hidratación del cemento causa un incremento de temperatura de 5 a 8 °C (10 a 15 °F) por 45 kg de cemento. El incremento en la temperatura del concreto debido a la hidratación del cemento es directamente proporcional a su contenido de cemento. Los requisitos para obtener

buenos resultados en vaciados y curado del concreto en climas cálidos son básicamente los mismos que los del concreto vaciado en otro tipo de clima.

El concreto debe vaciarse en un mismo lugar y en capas de poco espesor para permitir la vibración adecuada; utilice rompevientos, cure y proteja de la pérdida de humedad; vacíe a horas cuando se pueda evitar el calor del día.

Se recomienda el uso de los aditivos químicos sujetos a ASTM C-494/C 494M Tipos B, retardantes; Tipo D, reductor de agua y retardante; tipo G, reductor de agua de alto rango y retardante y Tipo F, reductores de agua de alto rango, para el concreto vaciado durante climas cálidos.

Los beneficios obtenidos con éstos aditivos incluyen:

- Menor demanda de agua –mínimo 5%.
- Mejor trabajabilidad durante el vaciado.
- Tiempo de fraguado más lento.
- Reducción en la velocidad de evolución de calor.
- Incremento en resistencias a compresión.
- Reducción de fricción entre los agregados.

Las fibras sintéticas de polipropileno reducen el asentamiento plástico y el agrietamiento por retracción plástica. Adicionalmente, estas fibras:

- Mejoran la resistencia al impacto, abrasión y cizallamiento.

- Aumentan la durabilidad.

El uso de un reductor de evaporación mejorará la calidad del concreto.

- Reduce la evaporación de la humedad superficial.
- Reduce el encostramiento y las grietas por retracción plástica.

Curar es mantener un contenido de humedad y temperatura satisfactorias en el concreto durante sus etapas tempranas para el desarrollo de las propiedades deseadas. El periodo de curado mínimo recomendado es de 7 días. El curado inadecuado puede causar agrietamiento por contracción plásticas y afectar el desarrollo de resistencias y durabilidad.

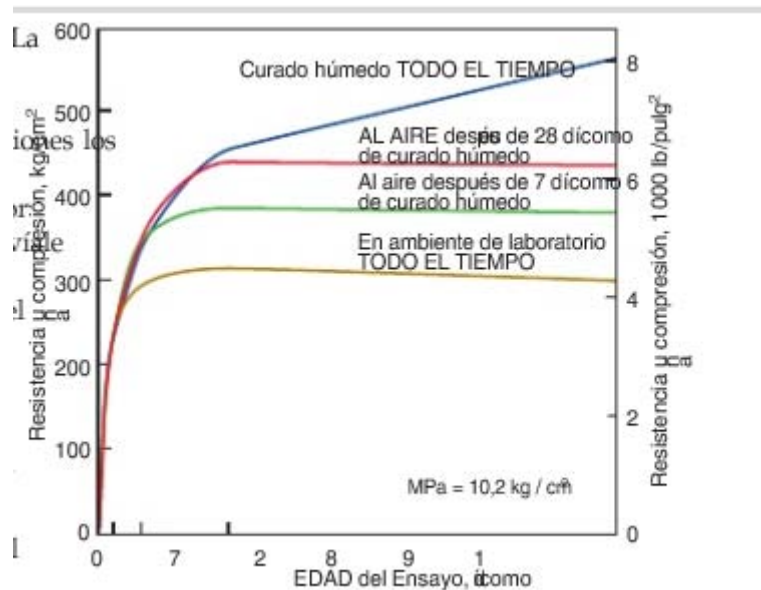


Imagen: 5.2 Curado del concreto.

Fuente: Kosmatka, 1992.



La resistencia, durabilidad y otras propiedades deseables del concreto pueden obtenerse en climas cálidos por medio del uso de las siguientes técnicas:

1. Uso de ingredientes fríos para el concreto.
2. Evitar el mezclado prolongado de los materiales para el concreto.
3. Protección de materiales y equipo contra el calor.
4. Buena planeación (planear los vaciados en climas cálidos).

Las dificultades con el clima cálido son causadas principalmente por las altas temperaturas del concreto y la evaporación rápida del agua del concreto. Estas condiciones afectan negativamente la calidad del concreto ya que se acelera la velocidad de fraguado, se reduce la resistencia y pueden ocurrir agrietamientos en el estado plástico o endurecido. El curado es más crítico y la inclusión de aire es más difícil de alcanzar en climas cálidos, los especímenes para ensayo de resistencia en obra se afecta de la misma manera que el concreto colocado. Si se siguen todas las precauciones y recomendaciones del ACI 305R, se logrará un vaciado de concreto exitoso en climas cálidos.

Clima cálido. Siempre que sea posible, es deseable colocar el concreto en la parte más fresca del día, y preferiblemente a la hora en que la temperatura ambiente se elevara después del fraguado del concreto, es decir, después de la media noche o en las primeras horas de la mañana.

#### **5.6.- Colocación del concreto bajo temperaturas frías.**

La experiencia ha mostrado que los costos totales de la protección adecuada para el concreto en clima frío no son excesivos, considerando que es lo

que se requiere y los beneficios resultantes. Según Monfase. “el dueño debe decidir si los costos extra en las operaciones de concreto son una inversión redituable o si es menos costoso esperar un mejor clima.” La negligencia al respecto a la protección en contra del congelamiento temprano puede ocasionar la destrucción inmediata o un concreto permanente debilitado. Por lo tanto, si se hace el concreto en clima frío, una protección adecuada contra la temperatura y un curado sería lo más adecuado.

Para clima frío debe proporcionarse un equipo adecuado con el fin de calentar los materiales del concreto y protegerlos contra temperaturas de congelación.

Clima Frío. El concreto de peso normal no se deberá colocar salvo que su temperatura sea al menos 13°C para secciones delgadas 30 cm o al menos 5°C cuando la dimensión mínima del elemento de concreto es por lo menos de 1.8m.

No se deberá permitir la colocación contra terreno congelado y, si es posible, la cimbra deberá precalentarse.

Una opción para colocar el concreto según condiciones tales que el agua normal de la mezcla no pueda congelarse es bajar el punto de congelamiento del agua de la mezcla muy por debajo de 0°C.

Esto se puede realizar con el uso de aditivos anticongelantes. (M. Neville; 1999),

Las condiciones ambientales de la obra- con clima cálido o frío pueden diferir grandemente con respecto a las condiciones óptimas supuestas en el momento de especificar, diseñar o seleccionar una mezcla de concreto.

El concreto se puede colar de manera segura durante los meses de invierno en climas fríos si se toman ciertas precauciones. Durante el clima frío, la mezcla de concreto y su temperatura se tendrán que adaptar al procedimiento constructivo que se utilice y a las condiciones del medio ambiente.

El concreto desarrolla muy poca resistencia a temperaturas bajas. Se deberá proteger al concreto fresco de los efectos nocivos provocados por el congelamiento hasta el momento en que el grado de saturación del concreto se haya reducido lo suficiente debido al proceso de hidratación. (kosmatka, 2005)

Los objetivos de las normas para concreto en clima frio son:

Evitar el daño al concreto ocasionado por el congelamiento de etapas tempranas. Cuando la cuenta con agua externa, el grado de saturación del concreto recién colocado disminuye conforme el concreto gana madurez y el agua del mezclado se combina con el cemento durante la hidratación.

Asegurar que el concreto alcance la resistencia requerida para tener mayor seguridad al momento de cargar y posicionar la estructura en el lugar indicado.

Tener la condiciones óptimas de curado para que su desarrollo sea

normal, para así obtener la resistencia adecuada. Tratar de evitar los cambios bruscos de temperatura especialmente durante su desarrollo para que la resistencia del mismo se conserve. Mantener la consistencia entre la capacidad y la resistencia planeada, para así conservar la vida útil del concreto.

### **5.7.- Colocación.**

El presente capítulo pretende dar a conocer el correcto procedimiento para la ejecución de obra de un pavimento rígido o concreto hidráulico. ¿Qué es pavimento rígido? ¿qué factores influyen en su ejecución? ¿Los Materiales necesario para la elaboración del concreto rígido? Antes de construir la losa de concreto que va a representar el pavimento rígido, se debe acondicionar la base de apoyo mediante el siguiente procedimiento:

- Se removerá la base del terraplén hasta 20 centímetros.
- Se coloca el material a lo largo de la carretera.
- Con una moto-niveladora se tumba el material sobrante, formando un camellón a lo largo de la carretera.

Mezclar material e incorporar la humedad óptima y compactar, aplicando la siguiente ecuación:  $\text{Humedad óptima} = \text{Humedad del agregado} + \text{Humedad hidrocópica del material}$ .

Colocación de capas sueltas que al compactarla quedan con un espesor de 20-30 centímetros. La compactación se hace por capas, por ello se debe

escarificar la capa inmediata inferior 5.00 centímetros, para lograr un buen adosamiento entre la capa inferior y superior evitando así planos de falla.

En la última capa se debe darle a la sección transversal una pendiente de 2%, esto con el fin de garantizar que el espesor de la capa del pavimento sea igual en toda la sección transversal de la carretera. Esto se hace con una moto-niveladora, la cual hace el perfilado, el acabado o conformación final, se realiza con el compactado de rodillo liso; la tolerancia admisible será de  $\pm 3$  centímetros con respecto a la cota del proyecto.

Para el acondicionamiento de la superficie de apoyo, y lograr que la misma sea eficiente, se utilizan los siguientes equipos:

- Moto-niveladoras y equipos complementarios.
- Compactadora vibradora o aplanadora de ruedas neumáticas
- Camiones volteo.
- Camiones tanque.
- Herramientas generales de trabajo.

Luego sobre la base compactada, la que deberá estar limpia deberán verificarse los requisitos topográficos, ya sea de la base, como así mismo del trazado, pendientes, una vez colocado se deja entre 24 horas y 48 horas al aire libre, como se muestra en la imagen.



Fotografía: 5.3.- Cimbra de pavimento.

Fuente: Propia.

Posteriormente se hace el vaciado del concreto, y el mismo se hace por secciones, los cuales están previamente encofrados; la composición del concreto dependerá de cómo se vaya a efectuar el encofrado en este caso es como se muestra en la figura anterior.

El concreto debe cumplir con dos propiedades fundamentales como son el módulo de Resistencia a la ruptura y módulo de elasticidad.



Fotografía: 5.4.- Vaciado de concreto.

Fuente: Propia.

Resistencia a la ruptura es debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $f'c$ ) o Modulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días. Los valores recomendados para el módulo de ruptura varían.

A continuación se presenta el módulo de ruptura recomendado según el tipo de pavimento:

Tipo de Pavimento	Modulo de Ruptura (MR) Recomendado	
	Kg/cm <sup>2</sup>	psi
Autopista	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Imagen: 5.5.- Módulo de ruptura.

Fuente: Manual, Cemex, 2002.

## **5.8.- Análisis del aplicado en clima cálido y clima frío.**

Por lo general se dice que el concreto no se debe de utilizar en climas donde hay lluvia nieve y entre otros, debe darse adecuada atención a los materiales componentes, a los métodos de producción, al manejo, a la colocación, a la protección y al curado a fin de evitar temperaturas excesivas en el concreto o la evaporación del agua ver Tabla 5.1.

Lo cual podría afectar la resistencia requerida o el funcionamiento del elemento o de la estructura. Se recomienda que para mantener la temperatura del concreto dentro de un rango seguro, el concreto debe enfriarse con agua helada, los agregados deben enfriarse de antemano, o bien, ambos.

La tabla 5.1. Es para dar algunas referencias de cómo colocar el concreto dependiendo del clima que este se presente, para mejorar su resistencia y así mismo su durabilidad.



tabla de recomendaciones para el concreto en los diferentes climas			
CLIMA FRIO (menor de 5 °C)		CLIMA CALIDO (por encima de 30° C)	
temperaturas inferiores a 5 °C sin llegar a la congelación	*la cimbra se dejara durante mas tiempo o se empleara cemento de fraguado rápido	reducir: 4 ° la temperatura del cemento	
	*se verificara que la temperatura no descienda menos de 5 °C desde que se surte hasta que se cuele.	reducir: 2 ° la temperatura del agua	
		reducir: 1 ° la temperatura del agregado por que el agregado ocupa el mayor volumen del cemento	
		esta reducción de estos provocara una reducción de temperatura del concreto	
heladas ligeras durante la noche	tomando las recomendaciones anteriores junto con las siguiente:	colocar el concreto a ultimas horas de la tarde o del anochecer	
	*verificar que el agregado no este congelado		
	*cubrir la parte superior del concreto con material aislante	cuando sea posible el uso del hielo en el agua de mezclado es muy efectivo directamente en la mezcladora	
	*verificar que el concreto no sea colado sobre una plantilla congelada	los tiempos de mezclado y aislación deben mantenerse lo mas bajo posible	
	*cuélese el concreto rápidamente y aíslese		
	*aislar la cimbra de acero	mantener uniforme la temperatura del concreto	
heladas severas día y noche	tomando las recomendaciones anteriores junto con las siguiente:	colocar el concreto inmediatamente de su llegada a la obra	
	*aislar todas las cimbras		
	*calentar el agua y el agregado	vibración al terminar su colación	
	*verificar que en concreto se entregue en el sitio de colado a temperaturas no inferiores de 10 °C		
	*se colara rápidamente y se aislara		
	*verificar que el concreto sea colado a temperaturas no inferiores a 5 °C		
	*cuélese rápidamente y proporcione calentamiento continuo.		

Tabla: 5.1.- Recomendaciones de concreto para diferentes climas

Fuente: Propia

Los pavimentos son estructuras compuestas por capas de diferentes materiales, que se construyen sobre terreno natural, para que personas, animales o vehículos puedan transitar sobre ellos, en cualquier época del año, de manera segura, cómoda y económica. La manera como se prepara el terreno antes de

colocar el concreto influye mucho para que se pueda aplicar, ya que se debe tener un terreno debidamente preparado.

A la capa de la superficie se la denomina capa de rodadura y es la que está en contacto directo con el tránsito. A las capas inferiores base y subbase es el encargado de soportar el pavimento por tal motivo debe de estar bien estabilizado, para que el concreto tenga una mejor funcionalidad.

A los pavimentos se les da nombre de acuerdo con su comportamiento rígido o flexible según el material de su capa de rodadura, así:

Pavimentos de concreto están formados por losas de concreto, separados por juntas y colocadas sobre una base. La losas no deben tener menos de 15 cm de espesor y la base casi nunca tendrá más de 15 cm, bien sea de material granular o de suelo cemento. También se les conoce como pavimentos rígidos y son de color gris claro.

El concreto reacciona en temperaturas muy bajas contrayéndose, mientras que en temperaturas altas se expande. Así que en lugares calurosos debe colocarse de manera más rápida ya que si se atrasa hay pérdidas en el revenimiento y en bajas temperaturas debe tomarse ciertas precauciones con respecto a su procedimiento constructivo y no debe haber ningún contacto con otros materiales como el acero y la cimbra.

## **5.9.- Análisis para clima cálido.**

Las altas temperaturas causan por sí solas, incrementos de la demanda de agua en la mezcla, por lo que se elevará la relación agua/cemento, dando como resultado una mezcla de baja resistencia.

Estas temperaturas a su vez tienden a acelerar la pérdida de asentamiento y pueden provocar disminución del aire incorporado. Adicionalmente, estas temperaturas elevadas, influyen en el tiempo de manejabilidad del concreto, la mezcla fraguará más rápido, lo cual producirá una aceleración en el proceso del acabado ver Tabla 5. 1.

La importancia de saber manejar, vaciar y controlar el concreto en climas cálidos, es de suma importancia, sobre todo en zonas como Apatzingán, donde la temperatura en verano alcanza hasta 40°C., tener un control adecuado desde el uso de las mezclas, los aditivos, el transporte, el vaciado y las pruebas previas a la colocación, llevarán a tener un concreto en óptimas condiciones, lo cual evitará fracturas en su fraguado, la pérdida de agua, etc.

En esta tesis se pretende dar a conocer los pros y los contras de la colocación del concreto en clima cálido y clima frío denominado Control de Concreto en Climas Cálidos, se ha manejado siguiendo con los estudios en libros de concreto tales como Juárez Badillo, entre otros, especificando el uso del concreto en climas extremos, en este caso a temperaturas elevadas. También se especifica el curado adecuado del mismo para mantener la humedad del concreto por varios métodos, entre ellos las membranas de curado.

Una de las recomendaciones para el Control del Concreto en Temperaturas Cálidas, es el de agregar a la mezcla hielo, o en su caso instalar un sistema de agua de enfriamiento en la planta para realizar la mezcla, esto mantendrá su temperatura adecuada, desde la salida de la planta hasta la llegada al área donde será depositado, teniendo en cuenta que la temperatura máxima deberá de ser de 32°C, pero para grandes masas de concreto, o en piezas de dimensiones grandes, en cuyo caso la hidratación del cemento debe de ser de 16°C o menor en el momento de depositarse.

#### **5.10.- Análisis para clima frío.**

Las dificultades del vaciado del concreto en climas fríos son causadas principalmente por bajas temperaturas ambientales, y por no proteger al concreto del congelamiento. Estas condiciones afectan la calidad del concreto al extender el tiempo de fraguado, reducir el desarrollo de resistencias e incrementar el potencial de agrietamiento por retracciones plásticas.

En general para evitar que al momento de colar el concreto en climas fríos hay rangos establecidos para la temperatura y para esto se consultaron varios libros, páginas de internet, como Cemex, manuales de concreto en climas extremos, para desarrollar una idea de las ventajas y desventajas del concreto en climas extremos y las medidas que se deben establecer para que sea un buen colado.

El tiempo de fraguado, resistencia, durabilidad y otras propiedades deseadas del concreto pueden obtenerse en climas fríos con las siguientes recomendaciones:

- Planear con anticipación los vaciados en climas fríos.
- Utilizar ingredientes tibios en el concreto.
- Evitar el vaciado del concreto en substratos congelados.
- Prevenir el congelamiento del concreto.
- Limitar los cambios rápidos en la temperatura del concreto.

El vaciado del concreto en climas fríos tendrá éxito si se siguen todas las precauciones y recomendaciones para el vaciado del concreto publicadas por ACI.

La Tabla 5.2. Que se muestra a continuación es un resumen de las medidas preventivas que se deben llevar a cabo para minimizar los daños al momento de colocar el concreto.

PROTECCION	
RECOMENDACIONES GENERALES PARA COLACAR CONCRETO EN CLIMA FRIO Y CALUROSO	
TEMPERATURAS MENORES A 5°C	TEMPERATURAS MAYORES A 24°C
<ul style="list-style-type: none"> <li>● colocación en clima frío: se suspenderá la operación de colocación si no se cuenta con los medios apropiados de protección esto es para temperaturas de menores de 4°C</li> <li>● si se calientan los agregados estos por ningún motivo deben de excederse de 100°C ni la temperatura media de 65°C</li> <li>● debe de tenerse el equipo adecuado y las cantidades suficientes para el calentamiento de los materiales.</li> <li>● debe de retirarse la nieve, granizo o hielo que estén presentes en el suelo sobre el cual el concreto será colocado.</li> <li>● debe de mantenerse las condiciones adecuadas del curado</li> </ul> <p><b>protección:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● el concreto no deberá ser colado durante periodos de lluvia, nieve, granizo o heladas</li> <li>● se debe contar con lo necesario para proteger durante el fraguado y el endurecimiento</li> <li>● el concreto deberá mantener una temperatura que permita una adecuada durabilidad y resistencia</li> <li>● deberá tener una temperatura mayor a 0°C durante 48 horas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>colocación en clima cálido:</b> mantener los agregados protegidos del sol y el agua será empleada lo mas frío posible</li> <li>● los procesos de transporte, colocación, y compactación del concreto deberán efectuarse lo mas rápido posible</li> <li>● antes de colocar el concreto se regara con agua fría los encofrados armaduras y suelos</li> <li>● si las condiciones son muy criticas las operaciones de colado se efectuaran al atardecer o en la noche</li> <li>● el concreto será colado en capas de poco espesor y en áreas reducidas a fin de minimizar el intervalo de colocación y acabado</li> <li>● en el proceso de colocación se debera mantener el concreto lo mas frío posible para asegurar su fraguado y endurecimiento bajo temperaturas que reduzcan la perdida de agua</li> <li>● <b>recomendaciones para clima cálido:</b> el contratista deberá asegurarse de que el concreto tenga la temperatura adecuada durante el tiempo de curado</li> <li>● se debe evitar un descenso de temperatura al finalizar el periodo de protección establecido para evitar fisuras en la superficie</li> <li>● la superficie donde se colará el concreto deberá mantener húmedo</li> <li>● el curado se iniciará tan pronto como el concreto pueda resistir la acción sin daños superficiales</li> <li>● se deberán tener las condiciones adecuadas para mantener el curado evitando las altas temperaturas</li> </ul>

Tabla: 5.2.- Medidas preventivas para diferentes climas.

Fuente: Propia.

## CONCLUSIÓN

Los pavimentos de concreto hidráulico impactan cada vez más en el área de vías terrestres, en México, antes de los 90's, la construcción de pavimentos de concreto hidráulico era muy escasa, sobre todo en la red carretera, lo anterior se debía a que México es un importante productor de petróleo y en consecuencia de asfalto. Por tal razón, los precios de los pavimentos de concreto asfáltico en el país eran inferiores a los del concreto hidráulico, dado que los asfaltos estaban subsidiados. Otro factor importante, es que cuando se diseñaron los caminos para el tránsito eran suficientes, además no existían equipos de alto rendimiento para pavimentación con concreto.

Actualmente, algunos caminos presentan tal intensidad de vehículos con carga pesada, que los pavimentos de concreto asfáltico ya no pueden soportar. Por otro lado al estar la producción de asfalto en manos de un sólo fabricante, no ha sido siempre la óptima en carreteras de altas especificaciones.

En este trabajo de investigación, como parte de la línea de Impactos Ambientales generados por la Infraestructura Carretera, se tenía por objetivo general analizar con detalle los impactos ambientales producidos durante la construcción y mantenimiento de la superficie de rodamiento de las carreteras con pavimentos rígidos en sus diferentes climas, en el proceso de construcción de carreteras se pretende dar un correcto seguimiento, y proponer las medidas de mitigación correspondientes.

Como primera instancia el objetivo general de tema de esta tesis era conocer el impacto de la temperatura ambiental en el comportamiento de mezclas de concreto hidráulico para pavimentos en vialidades de tierra caliente y meseta purépecha, planteado con el fin de establecer un correcto proceso constructivo de un pavimento de concreto hidráulico en clima cálido y clima frío sin que afecte su composición y construcción.

Por tanto el objetivo se cumplió, pues al hacer la investigación se encontró que en las primeras 24 horas de curado, aplicando las diferentes condiciones de temperatura, el concreto muestra una ligera dependencia entre el desarrollo de resistencia y la temperatura.

Tomando en cuenta los objetivos particulares se tenía que definir qué es un proceso constructivo en base a la realización de una recopilación bibliográfica, por lo que necesitó identificar los sitios para obtener información sobre pavimentos rígidos, (características, composición, clasificación y construcción, entre otros aspectos), así mismo el análisis constructivo en climas cálidos y climas fríos, dando como resultado una mayor vida útil de la vialidad, en la reducción de los costos de mantenimiento a lo largo de su uso.

Refiriéndose a la pregunta de investigación que señalaba que para llevar a cabo un buen resultado de la comparativa con respecto a las temperaturas extremas es necesario una serie de preguntas básicas, que definan los objetivos de la tesis, las cuales son las siguientes:



¿Qué impacto tiene la temperatura en concreto rígido a temperaturas extremas como en clima frío y clima cálido?

¿Qué tanto influye la temperatura en el concreto hidráulico?

Respondiéndose a las preguntas que el impacto que tienen las temperaturas al momento de colocar el concreto son muchas y difieren con respecto al clima, para colocar el concreto en ambas temperaturas las medidas que se toman son al principio de colocación y el curado, se llega a la conclusión que en climas fríos, el curado inicial en clima frío promueven mayor resistencia a la compresión los efectos de curado inicial son muy significativos como consecuencia de una mejor hidratación de los productos cementantes.

En clima cálido presenta un decremento, en las propiedades mecánicas por lo que el concreto tiene más problemas de hidratación pues generarán más superficies finas y menos porosas lo que hace difícil la hidratación y como consecuencia llega a tener menor resistencia.

Cabe mencionar que se encontraron hallazgos teóricos en la presente investigación, el más relevante es cómo influye el clima en los lugares de climas extremos al igual que las medidas establecidas para mitigar los efectos de los materiales cementantes, en esto se verán beneficiados lo sociedad en general pues el pavimento de concreto hidráulico por su composición mecánica es muy

difícil que sea dañado a un corto tiempo por los vehículos e intemperismo, el beneficio también es que reducirá los costos de mantenimiento ya que en pavimento de concreto rígido es mucho más duradero que el asfalto.

Finalmente con base en la información técnica sobre la descripción del proceso de construcción y conservación de pavimentos rígidos, las características de las materias primas empleadas y las técnicas de identificación de impactos más adecuadas para este proyecto, se determinaron los impactos generados durante esta etapa del proyecto al igual que la manera de mitigación.

Por lo anterior, se desprenden los principales impactos generados durante la construcción y conservación de superficies de rodamiento de pavimentos rígidos.

## BIBLIOGRAFIA

Alvarado, José Francisco. (2013)

Manual para la construcción de losas de concreto para pavimento rígido.

Ed. México.

García Rivero, José Luis. (2008)

Manual técnico de construcción.

Ed. Fernando Porrúa, México.

Harmsen E. Teodoro. (2002)

Diseño de estructuras de concreto armado.

Ed. Pontificia universidad católica del Perú.

Hernández Sampieri, Roberto y Cols. (2010)

Metodología de la investigación.

Ed. McGraw-Hill, México.

H. Calo, Diego. (2012)

Diseño y construcción de pavimentos de hormigón.

Ed. San Salvador, México.

Steven h. kosmatka, William c. Panarese. (1992)

Diseño y control de mezclas de concreto.

Ed. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México.

Juárez Badillo, Eulalio. (2005)

Mecánica de suelos, tomo 1.

Ed. Limusa, México.

Juárez Badillo, Eulalio. (2004)

Mecánica de suelos, tomo 2.

Ed. Limusa, México.

Sánchez sabogal, Fernando. (2000)

Ingeniería de pavimentos.

Ed. Ágora, Valbuena de fierro. México

## **HEMEROGRAFÍA**

Vázquez Ramírez, Francisco. (2014)

Pavimentos: Efecto del curado inicial del concreto en el desarrollo de resistencia.

Revista "vías terrestres"; 14:14-18.

## **OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN**

### **IMÁGENES DE CONCRETO RÍGIDO**

[https://www.google.com.mx/search?q=imagenes+de+concreto+rigido&hl=es-MX&qscrl=1&rlz=1T4GGIE\\_esMX546MX546&biw=1301&bih=589&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=GKxfVMTFB5GoyASCy4CwDQ&ved=0CBsQsAQ](https://www.google.com.mx/search?q=imagenes+de+concreto+rigido&hl=es-MX&qscrl=1&rlz=1T4GGIE_esMX546MX546&biw=1301&bih=589&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=GKxfVMTFB5GoyASCy4CwDQ&ved=0CBsQsAQ)

### **IMÁGENES DE LA MACROLOCALIZACIÓN DE URUAPAN**

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Mich/Territorio/default.aspx?tema=ME&e=16>