



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Construcción

## "TECNICA DE RAPIDA HABILITACION AL TRANSITO EN PAVIMENTOS RIGIDOS FAST-TRACK"

Tesis para optar al Título de:  
Ingeniero Constructor.

Profesor Patrocinante:  
Sr. Adolfo Montiel Mancilla  
Constructor Civil.

CRISTIAN EDUARDO SANCHEZ MONTECINOS  
VALDIVIA- CHILE  
2007

---

*“SI TE PENSA EN EL CAMINO, HAZLO DE FRENTE A LO QUE HAS  
DE ANDAR, Y DE ESPALDAS A LO YA ANDADO”*

*PROVERBIO CHINO.*

*Dedicado a:*

*Mis tan queridos Padres, que con esfuerzo y  
pasión hicieron de este hijo una mejor  
persona.*

*Mi querido Hermano y amigo que me  
acompaña siempre en mis momentos de  
flaqueza y debilidad.*

*Mi Querida Parita que sin su compañía  
nada de esto sería posible.*

*Mi Querida Abuela, familiares, tíos, primos  
y amigos.*

*Gracias de Corazón.*

## INDICE DE MATERIAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN / SUMMARY.	9,10
INTRODUCCIÓN.	11
OBJETIVOS.	14
<b>CAPITULO I</b>	
<b>Materiales utilizados</b>	16
<b>1.1 Cementos utilizados</b>	16
1.1.1 Terminología.	16
1.1.2 Descripciones Específicas.	19
1.1.3 Resistencias Estimativas para el Cemento Portland de altas resistencias iniciales.	21
<b>1.2 Tipos de áridos</b>	22
1.2.1 Terminología.	22
1.2.2 Clasificación.	23
1.2.3 Requisitos Generales.	23
1.2.4 Requisitos Granulométricos de la Arena.	24
1.2.5 Requisitos Granulométricos de la Grava.	25
<b>1.3 Aditivos</b>	27
1.3.1 Terminología.	27
1.3.2 Superplastificante o Fluidificante.	28
1.3.3 Efectos.	28
1.3.4 Ficha Técnica de Sikament FF-86.	30
1.3.5 Ficha Técnica de Sikament NF.	36
<b>CAPITULO II</b>	
<b>Métodos de Diseño y Construcción.</b>	40
<b>2.1 Proceso General</b>	40

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
2.1.1 Características de Diseño.	41
2.1.2 Variabilidad de la Construcción.	43
2.1.3 Especificaciones para la Construcción.	44
<b>2.2 Preparación de la Subrasante</b>	<b>44</b>
2.2.1 Generalidades	44
2.2.2 Operaciones de Construcción.	45
2.2.3 Requisitos de Compactacion.	46
<b>2.3 Construcción de la Base y Sub-base</b>	<b>48</b>
2.3.1 Sub-Base	48
2.3.1.1 Función de la Sub-Base.	48
2.3.1.2 Materiales.	49
2.3.1.3 Confección.	50
2.3.2 Base	50
2.3.2.1 Materiales.	50
2.3.2.2 Condición de la Sub-Base.	51
2.3.2.3 Colocación.	51
2.3.2.4 Compactacion.	51
2.3.3 Perfiles transversales tipo de pavimentación.	52
2.3.4 Operaciones de Construcción.	54
<b>2.4 Preparación de la Pavimentación con Hormigón Fast-Track</b>	<b>56</b>
2.4.1 Pasos Previos.	56
2.4.2 Requerimientos mínimos para un pavimento Hidráulico.	57
2.4.3 Requisitos de los materiales dosis mínimas de cemento.	57
2.4.4 Agua de Amasado.	58
2.4.5 Dosificación.	58
2.4.6 Mezcla de Hormigón.	58
2.4.7 Requisitos para la Mezcla de Hormigón.	59
2.4.8 Juntas de Hormigonado.	61

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
2.4.8.1 Junta Transversal de Contracción.	61
2.4.8.2 Junta de Contracción en el Hormigón Fresco.	62
2.4.8.3 Junta de Contracción en el Hormigón Endurecido.	62
2.4.8.4 Junta Transversal de Construcción.	63
2.4.8.5 Junta Transversal de Expansión.	63
2.4.8.6 Junta Longitudinal de Construcción.	64
2.4.8.7 Junta Longitudinal de Contracción.	64
2.4.9 Recomendaciones para la construcción del Pavimento.	65
<b>2.5 Métodos de Curado</b>	67
2.5.1 Humedad.	67
2.5.2 Temperatura.	68
2.5.3 Características.	68
2.5.4 Membranas de Curado.	69
2.5.5 Ficha Técnica Membrana de Curado Sikacure 116.	72
2.5.6 Protección del pavimento con mantas térmicas.	75
2.5.7 Método Grafico para el Cálculo de Agua Evaporada.	76
<b>CAPITULO III</b>	
<b>Programación de actividades</b>	77
<b>3.1 Logística</b>	77
<b>3.2 Posibles Cambios de Actividades</b>	78
<b>3.3 Reducción de Tiempos Constructivos</b>	81
3.3.1 En la Producción.	81
3.3.2 En el Transporte y en Obra.	82
3.3.3 En la Manipulación en Obra.	82
3.3.4 En la Colocación.	83
3.3.5 En la Compactacion.	83
<b>3.4 Programación de Transito Vehicular</b>	85

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
3.4.1 Escenarios en la Administración del Tráfico	85
3.4.1.1 Líneas de Atochamiento.	85
3.4.1.2 Líneas de Cierre.	86
3.4.1.3 Filas Compartidas.	86
3.4.1.4 By-Pass Temporal.	87
3.4.1.5 Cierros Intermitentes.	88
<b>3.5 Tiempos de Espera para la Completa Habilitación al Transito</b>	89
3.5.1 Criterios de Habilitación.	89
3.5.2 Evolución Relativa de Resistencia a Corta Edad.	89
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>Experiencia Teórico-Practica de la Técnica Fast – Track</b>	91
<b>4.1 Perfil Transversal de la reparación.</b>	91
<b>4.2 Perfil Longitudinal de la técnica</b>	92
<b>4.3 Análisis de Reparación</b>	92
<b>4.4 Consideraciones para las Mezclas</b>	93
<b>4.5 Diseño de las Mezclas</b>	95
<b>4.6 Resumen de Dosificación</b>	97
4.6.1 Mezcla N°1 Fast Track	97
4.6.2 Mezcla N° 2 Tradicional	97
<b>4.7 Granulometría</b>	98
<b>4.8 Desglose de costos Unitarios de Hormigón</b>	99
<b>4.9 Costos Directos y finales de Reparación</b>	100
<b>4.10 Análisis Comparativo de Costos</b>	102
4.10.1 Costos Unitarios	102
4.10.2 Costos Finales	103
<b>4.11 Ventajas y Desventajas</b>	104

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
<b>CAPITULO V</b>	
<b>Tipos de ensayos realizados a los pavimentos rígidos confeccionados con esta técnica.</b>	105
<b>5.1 Descripción de Ensayos no destructivos</b>	105
5.1.1 Método de Ultrasonido.	105
5.1.2 Método del Esclerómetro o Martillo de Schmidt.	105
5.1.3 Método de Madurez.	105
<b>5.2 Método de Ultrasonido</b>	106
5.2.1 Alcances.	106
5.2.2 Generalidades.	106
5.2.3 Utilización.	107
5.2.4 Criterios para la Selección de Puntos.	108
5.2.5 Registro de Datos.	114
5.2.6 Interpretación de Datos.	114
5.2.7 Calibración y Mantenición.	118
5.2.8 Ventajas y Desventajas.	118
5.2.9 Anexo.	119
<b>5.3 Método del Esclerómetro o Martillo de Schmidt</b>	120
5.3.1 Alcance.	120
5.3.2 Campo de Aplicación.	120
5.3.3 Descripción del Aparato.	121
5.3.4 Descripción de Método.	121
5.3.5 Factores que Inciden en la Prueba.	123
5.3.6 Procedimiento de Ensayo.	123
5.3.7 Análisis de Resultados.	125
5.3.8 Calibración del Esclerómetro.	126
<b>5.4 Método de Madurez</b>	127
5.4.1 Alcance.	127

---

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
5.4.2 Expresión de Cálculo.	127
5.4.3 Experiencia Empírica.	128
CONCLUSIONES	129
BIBLIOGRAFIA	131
ANEXOS	133
N°1: Especificaciones Técnicas Generales Tipo para Proyectos de reparación de pavimentos.	133
N°2: Especificaciones Técnicas Especiales Tipo para Proyectos de reparación de pavimentos.	165

## **RESUMEN**

La técnica de Rápida Habilitación al tránsito (Fast-Track) nace de la necesidad de reparar pavimentos o cambiar losas en menores tiempos constructivos debido a los altos flujos vehiculares. La clave de esta técnica se encuentra en la programación y logística que se le da al proyecto, además de los tipos de materiales componentes con los que se confecciona el hormigón de alta resistencia inicial.

La utilización de esta técnica y programación no entregara bajos costos finales a la hora de hacer los balances respectivos en comparación de los métodos tradicionales de reparación, pero así también tendrá altos costo iniciales por la características de los materiales, mano de obra especializada y una adecuada programación.

Finalmente se deja de manifiesto que la utilización de esta técnica y programación permite restaurar pavimentos en zonas urbanas con altos coeficientes de densidad poblacional, por ende con un gran tránsito vehicular en donde las molestias y congestiones vehiculares se reducen al mínimo.

## **SUMMARY**

The technique of Fast Habilitation to the transit (Fast Track) it grows from the need to repair pavements or changing slabs in minor constructive times due to the loud vehicular flows. The key of this technique finds in programming and logistics that they devote themselves to him the project, in addition to the types of component materials with which the concrete of loud initial resistance is manufactured.

The utilization of this technique and programming not deliver low final costs to the hour to make the respective balances in comparison of the traditional methods of reparation, but that way also you will deem loud original costs as the characteristic one belonging to the materials, hand of specialized work and an adequate programming.

Finally it stops acting with manifesto that the utilization of this technique and programming enables restoring pavements at urban zones with loud coefficients of population density, for there with a great vehicular transit where bothers and vehicular congestions decrease minimally.

---

## INTRODUCCION

En los últimos años, debido fundamentalmente a la necesidad de mantener habilitado el tránsito en las principales avenidas, rutas y autopistas de acceso a las grandes ciudades, se han desarrollado técnicas de trabajo que permiten realizar la reparación y/o recapado de un pavimento con hormigón en un tiempo mínimo. Estas técnicas, que fueron desarrolladas inicialmente en EE.UU., se conocen con el nombre de FAST-TRACK.

La clave de estas técnicas es la realización de una adecuada programación de tareas que permita hacer reparaciones de los pavimentos sin interrumpir completamente el tránsito. Uno de los aspectos novedosos de estas técnicas es el requerimiento de altas resistencias de los hormigones en las primeras horas de edad, de manera de minimizar los tiempos de curado, aserrado, sellado y habilitación al tránsito.

La construcción de pavimentos de hormigón ofrece varias ventajas para su utilización. Entre las más salientes podemos mencionar: su durabilidad, ampliamente superior a cualquier otra solución alternativa, pudiendo esperar vidas útiles de alrededor de 30, 40 y 50 años o aún mayores; su escasa necesidad de tareas de mantenimiento; su excelente comportamiento sobre bases débiles sin necesidad de aumentos significativos en el espesor del paquete estructural; su excelente comportamiento térmico; su mayor grado de seguridad para el usuario, debido a una rugosidad superficial superior y a una mejor visibilidad nocturna por su color, un menor costo de operación del vehículo del usuario; su buen comportamiento frente a esfuerzos cortantes y por ello es muy útil como solución para bocacalles, dársenas de giro, paradas de colectivos, etc.; su resistencia frente al ataque de combustibles y lubricantes.

Frente a todas estas virtudes los pavimentos de hormigón presentan fundamentalmente tres desventajas. Dichas desventajas son: su mayor costo inicial, **su mayor tiempo de habilitación y de clausura en caso de reconstrucción** y, su mayor dificultad para ejecutar obras de infraestructura no previstas, como ser aperturas de zanjas o paso de cañerías.

---

Los pavimentos FAST-TRACK surgen ante la necesidad de acortar los tiempos de habilitación al tránsito de las estructuras y agilizar las tareas de reparación de las ya existentes. El tiempo que requiere un hormigón convencional para alcanzar la resistencia de diseño oscila aproximadamente entre 5 y 15 días, en cambio con un hormigón FAST-TRACK el tiempo se vuelve una cuestión de horas. La mayor o menor cantidad de horas dependerá del diseño de la mezcla adoptada y de las condiciones de exposición y curado. Aunque efectivamente el costo inicial del pavimento de hormigón es relativamente mayor que el de otras alternativas, **el costo final resulta muy bajo debido a su prolongada vida útil, su reducido costo de conservación y su elevado valor residual.**

Para la construcción de un pavimento de rápida habilitación al tránsito, además de un hormigón que desarrolle una elevada resistencia inicial en el menor lapso de horas posible, son igualmente importantes los mejoramientos que se realicen en el proceso del proyecto y construcción que puedan acelerar la pavimentación con hormigón.

Para ejecutar los trabajos con estos hormigones no se requieren equipos especiales. Sin embargo, dado que el tiempo necesario para la colocación del hormigón, es generalmente menor que en el caso de los hormigones tradicionales, las secuencias de construcción deben ser adecuadamente planificadas.

Otro factor crítico es el control de la temperatura y humedad del hormigón. Para retener la humedad interna es común la utilización de compuestos líquidos de curado.

Con bajas temperaturas ambientes, se utilizan mantas aislantes, capaces de reducir las pérdidas de calor interno.

Finalmente la liberación al tránsito debe adoptarse en función de la resistencia del hormigón y no arbitrariamente en función del tiempo transcurrido desde el momento de la construcción del pavimento.

Si bien el hormigón para pavimentos "FAST-TRACK" ha tenido mucho auge en otras partes del mundo, sobre todo en Estados Unidos de América, en nuestro país no ha sido hasta el momento, un tema de estudios profundos ni de aplicaciones que utilicen al máximo su potencial.

La finalidad de este trabajo es dar a conocer y estudiar en su medida posible estas nuevas técnicas que surgen de las necesidades existentes por la habilitación de vías en menores tiempos de construcción, pasando por su etapa de selección de materiales y componentes, hasta su puesta en marcha en proyectos de reparaciones de vías rápidas (FAST-TRACK).

---

## **OBJETIVOS**

1. Explicar y dar a conocer esta técnica que ha sido implementada en varios países, pero que en nuestro país aún es materia de investigación y de utilización mínima para determinados proyectos viales; si bien es cierto el hormigón fast-track está teniendo un gran auge en nuestro país, la técnica con el mismo nombre no es muy utilizada, teniendo en cuenta el despliegue de logística y personal especializado que se necesita.
2. Señalar los materiales componentes del hormigón hidráulico Fast-Track y sus técnicas de preparación previas a la realización de la mezcla.
3. Dar a conocer de forma detallada y esquemática el proceso constructivo; desde la preparación de la sub-rasante, sub-base, base, hasta la preparación de la mezcla utilizando y mostrando el despliegue de logística, además de los materiales, sus condiciones y características anteriormente descritos.
4. Se señalan además del proceso constructivo, la preparación del curado adecuado según las características de clima existente, y según sean los casos las juntas de hormigonado que se le debe hacer a la reparación o cambio de pavimento.
5. Explicar también las ventajas y desventajas a la hora de habilitar y programar el tránsito vehicular mientras se realiza la reparación o cambio de algún paño de pavimento.
6. Se realiza una dosificación tipo unitaria para la confección de hormigón fast-track según las indicaciones que se indican en sus capítulos anteriores, además de sus respectivos análisis comparativos de costos directos y unitarios; asimismo el análisis comparativo con las técnicas tradicionales de reparación de pavimentos.

7. Dar a conocer cual es el criterio de apertura al tránsito, como los tiempo reales de espera de éste al finalizar las faenas de reparación de pavimentos, utilizado para esta técnica y sus componentes.
  
8. Mostrar los diferentes escenarios de administración de tráfico para vías dobles y simples mientras se realizan las faenas reconstructivas de pavimentos.
  
9. Descripción de forma detallada de los variados tipos de ensayos no destructivos que se realizan a este tipo de pavimento y las edades recomendables para realizarlo. También así la descripción de la toma y proceso de datos y como se deben interpretar o analizar según sea el caso.

## CAPITULO I

### **MATERIALES UTILIZADOS**

En general este tipo de hormigones no requiere la utilización de agregados “especiales” aunque es necesario que éstos estén suficientemente limpios, sean de buena **cubicidad** y posean una distribución granulométrica que asegure curvas continuas dentro de los límites recomendados por los reglamentos.

Otro aspecto a analizar es la elección del tipo de cemento. De la lectura de trabajos realizados al respecto, se observó que en general se utiliza CPN40 (**cemento Pórtland normal, categoría 40**), CPC40 (**cemento Pórtland compuesto, categoría 40**) aunque podría utilizarse cualquier otro cemento Pórtland disponible que presente el comportamiento adecuado. También puede utilizarse CP ARI (**cemento Pórtland de alta resistencia inicial**), aunque este último está limitado a trabajos de bacheo y reparación de losas. Los contenidos de cemento son altos encontrándose entre 390 y 450 Kg./m<sup>3</sup>.

Las relaciones A/C utilizadas dependen de varios aspectos, aunque es probable que se utilicen rangos entre 0,30 y 0,38 con la ayuda de importantes dosis **de plastificantes y superfluidificantes**.

En este capítulo indagaremos a fondo con respecto a los materiales utilizados para esta técnicas, dando información detallada y minuciosa sobre que combinaciones son las mas recomendadas para el mejor desempeño y puesta en obra del Hormigón Fast-Track.

#### **1.1 CEMENTOS UTILIZADOS**

##### **1.1.1 TERMINOLOGIA\*:**

**Cemento:** Es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire.

---

\* Según la Norma Chilena NCh 148 Of. 68

**Cemento Pórtland:** Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta de “clinker” y yeso y que pueda aceptar hasta un 3% de materias extrañas, excluido el sulfato de calcio hidratado.

**Clinker:** Es el producto que está constituido principalmente, por silicatos cálcicos. Se obtiene por calentamiento hasta una temperatura que no podrá ser inferior a la temperatura de fusión incipiente de una mezcla homogénea finamente molida en proporciones adecuadas, formada principalmente por óxidos de calcio ( $CaO$ ) y silicio ( $SiO_2$ ) y por óxidos de aluminio ( $Al_2O_3$ ) y fierro ( $Fe_2O_3$ ) en proporciones menores.

**Los Cementos se Clasifican de la Siguiete Manera\*:**

### **Cemento Pórtland**

Es el producto que se obtiene de la molienda conjunta de clinker y yeso, con adición de otros materiales.

### **Cemento Siderúrgico**

- **Cemento Pórtland siderúrgico**

Es el cemento en cuya composición entrará escoria básica granulada de alto horno en una proporción no superior al 30% en peso del producto terminado.

- **Cemento Siderúrgico**

Es el cemento en cuya composición entrará escoria básica granulada de alto horno en una proporción comprendida entre el 30% y el 75% del producto terminado.

### **Cemento con agregado tipo A**

- **Cemento Pórtland con agregado tipo A**

---

\* Según la Norma Chilena NCh 148 Of. 68

Es el cemento en cuya composición entrará agregado tipo A, en una proporción no superior a 30% en peso del producto terminado.

- **Cemento con agregado tipo A**

Es el cemento en cuya composición entrará agregado tipo A en una proporción comprendida entre el 30% y 50% en peso del producto terminado.

### **Cemento Puzolánico**

- **Cemento Pórtland puzolánico**

Es el cemento en cuya composición entrará puzolana en una proporción no superior a 30% en peso del producto terminado.

- **Cemento puzolánico**

Es el cemento en cuya composición entrará puzolana en una proporción comprendida entre el 30% y 50% en peso del producto terminado.

**Los cementos de cada una de las clases indicadas anteriormente se clasifican además de acuerdo con su resistencia, en dos grados:**

- Cemento corriente;
- Cemento de alta resistencia.

Grado	Tiempo de fraguado		Resistencia mínima a la compresión		Resistencia mínima a la flexión	
	Inicial minimo min	Final maximo h	7 días kg/cm <sup>2</sup>	28 días kg/cm <sup>2</sup>	7 días kg/cm <sup>2</sup>	28 días kg/cm <sup>2</sup>
Corriente	60	12	180	250	35	45
Alta resistencia	45	10	250	350	45	55

**Tabla N° 1,1**

Como nuestro trabajo esta directamente ligado y en función de las reparaciones rápidas de vías vehiculares, a continuación analizaremos a fondo la composición y el uso del CEMENTO PORTLAND DE ALTA RESISTENCIA INICIAL.

### 1.1.2 DESCRIPCIONES ESPECÍFICAS:

CP Alta Resistencia Inicial (ARI), es un cemento elaborado sobre la base de clínquer, escoria básica granulada de alto horno y yeso. De acuerdo a la norma NCh 148 Of.68, se clasifica según su composición y resistencia como cemento clase Portland siderúrgico, grado alta resistencia.

Según la norma ASTM C-595 (USA), se clasifica como Slag Modified Portland Cement.

Según la norma EN 197-1 (UE), Notación II/A-S.

Datos Técnicos:

CARACTERISTICAS	CEMENTOS ARI	REQUISITOS NCh 148 of.68
Clase	Portland Siderúrgico	
Grado	De Alta Resistencia	
Características Físicas y Mecánicas(*)		
Peso Especifico (g/cm <sup>3</sup> )	3,0	
Expansión de Autoclave (%)	0,05	1,0 máx.
Fraguado Inicial (h:m)	2:00	00:45 mín.
Fraguado Final (h:m)	2:40	10:00 máx.
Resistencia Compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )		
3 días	300	-
7 días	400	250
28 días	520	350
90 días	620	-

Resistencia Flexotracción (Kgf/cm <sup>2</sup> )		
1 día	25	-
3 días	37	-
7 días	45	45
28 días	55	55
<b>CARACTERISTICAS QUIMICAS</b>		
Perdidas por Calcinación (%)	2,0	5,0 máx.
SO <sub>3</sub> (%)	2,4	4,0 máx.

(\*)VALORES PROMEDIO

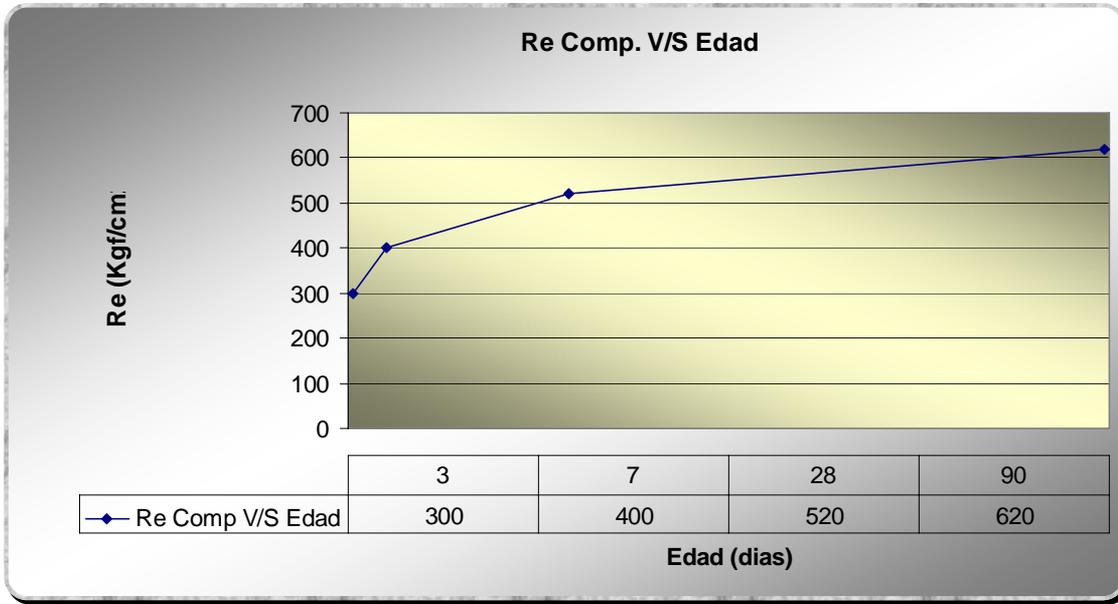
El cemento **CP ARI**, posee las siguientes características:

- Altas resistencias iniciales y finales.
- Menor calor de hidratación que los cementos de su categoría.
- Estabilidad en presencia de áridos reactivos.
- Tiempo de operación superior a otros cementos de su clase.

### 1.1.3 RESISTENCIAS ESTIMATIVAS PARA EL CEMENTO PORTLAND DE ALTAS RESISTENCIAS INICIALES

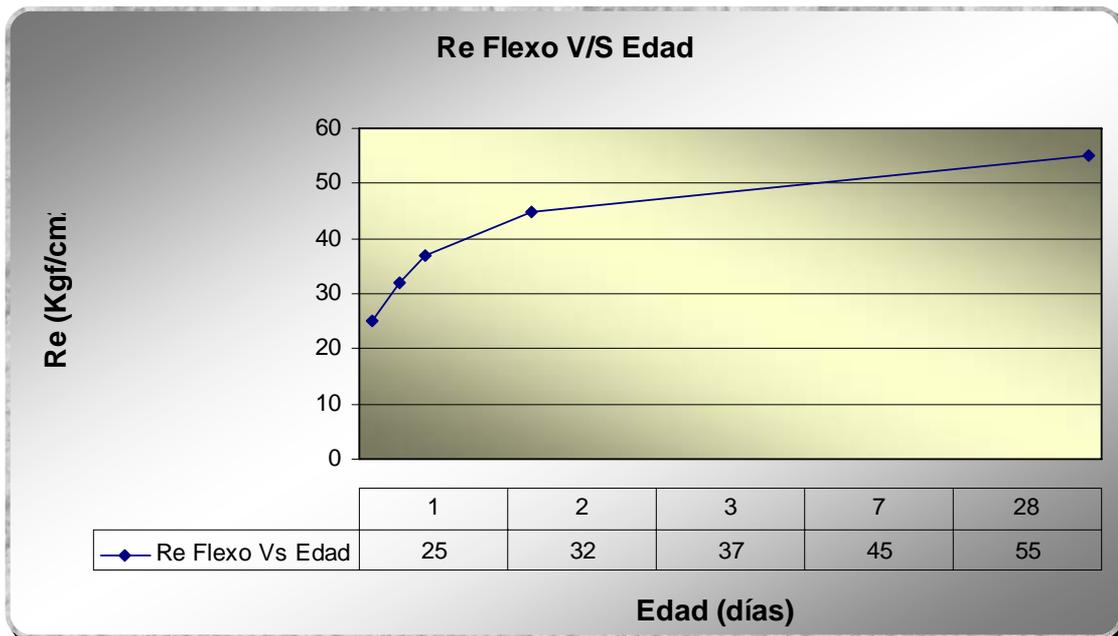
**Compresión:**

T (días)	3	7	28	90
Resistencia a Compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )	300	400	520	620



**Flexotracción:**

T (días)	1	2	3	7	28
Resistencia a Flexotracción (Kgf/cm <sup>2</sup> )	25	32	37	45	55



## 1.2 TIPOS DE ARIDOS

### 1.2.1 TERMINOLOGIA\* (según NCh 163 of.79)

**Árido:** material **pétreo** compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.

**Árido natural:** áridos procedente de yacimientos pétreos y que no ha sido sometido a tratamiento mecanizado.

**Árido tratado:** árido que se sometió a tratamiento de trituración, clasificación por tamaños y/o lavado en operaciones mecanizadas controladas.

**Arena (árido fino):** árido que pasa por el tamiz de abertura nominal de 5 mm y es retenido en el de 0,080 mm con las tolerancias establecidas en la presente norma (**ver tabla 2**).

**Grava (árido grueso):** árido retenido en el tamiz de abertura nominal de 5 mm con las tolerancias establecidas en la presente norma (**ver tabla 3**).

**Árido total (árido combinado):** árido resultante de la combinación de arena(s) y grava(s) en proporciones definidas por el estudio de dosificación y que ha de emplearse en la fabricación de un hormigón.

**Granulometría de un árido:** distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un árido, determinada de acuerdo con **NCh165**.

**Tamaño máximo absoluto de un árido (Da):** corresponde a la abertura del menor tamiz de las series establecidas en **NCh165**, que deja pasar el 100% de la masa del árido.

---

\* Según la Norma Chilena NCh 163 of.79

**Tamaño máximo nominal de un árido (Dn):** corresponde a la abertura del tamiz inmediatamente menor que  $D_a$ , cuando por dicho tamiz pase el 90% o más de la masa de un árido. Cuando pasa menos del 90%, el tamaño máximo nominal se considerará igual al tamaño máximo absoluto.

### 1.2.2 CLASIFICACION

Los áridos se clasifican según el tamaño de sus partículas en dos tipos: arena y grava.

Las gravas se sub-clasifican según los tamaños límites de sus partículas en los grados que se establecen en la tabla 3.

### 1.2.3 REQUISITOS GENERALES

Los áridos deben estar constituidos por partículas duras, de forma y tamaño estables y deben estar limpios y libres de terrones, partículas blandas o laminadas, arcillas, impurezas orgánicas, sales y otras sustancias que por su naturaleza o cantidad afecten la resistencia o la durabilidad de morteros y hormigones, de acuerdo con los valores límites que se especifican en la tabla 1,2.

El proyectista bajo su responsabilidad puede establecer en las especificaciones técnicas valores límites diferentes a los fijados en esta tabla, de acuerdo con las condiciones particulares de la obra.

TABLA N° 1,2: Requisitos Generales

REQUISITOS	VALORES LIMITES		NORMA ENSAYO NCh
	GRAVA	ARENA	
1. Material fino menor que 0,080 mm (Nota 1 ): a) para hormigón sometido a desgaste %	0,5	3,0	1223

máximo b) para todo otro hormigón	%			
máximo		1,0	5,0	
2. Impurezas orgánicas (Nota 2) referidas a color límite según patrón			Amarillo claro	166
		Ver tabla	Ver tabla	
3. Granulometría		3	2	165
4. Partículas desmenuzables	%			
máximo		5,0	3,0	1327
5. Partículas blandas	%			
máximo		5,0		ver anexo E

#### 1.2.4 REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LA ARENA\*

La granulometría de la arena, debe cumplir con los límites especificados a continuación en la tabla 1,3.

Para evaluar el cumplimiento de la granulometría en el caso de arenas cuyo tamaño máximo nominal exceda los 5 mm se debe efectuar una conversión de la granulometría original considerando como 100% el material que pasa por el tamiz de 5 mm de abertura nominal.

TABLA N°1,3: Granulometría de la Arena

Tamices, mm	% Acumulado Que pasa
10	100
5	95-100
2,5	85-100
1,25	50-85
0,630	25-60
0,316	10-30
0,160	2-10

\* Según la Norma Chilena NCh 165

Las arenas que no cumplan con los requisitos granulométricos pueden ser utilizadas siempre que las mezclas de prueba preparadas con estas arenas cumplan con los requisitos de las especificaciones particulares de la obra.

### 1.2.5 REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LA GRAVA\*

La granulometría de los áridos gruesos, debe cumplir con los límites especificados en la tabla 1,4.

TABLA N°1,4: Granulometría de la Grava

Tamices mm	%Acumulado que pasa para los siguientes grados (definidos por tamaños limites en mm.)								
	63-40	50-25	50-5	40-20	40-5	25-5	20-5	12,5-5	10-2,5
80	100	-	*	-	*	-	-	-	-
63	90- 100	100	100	-	-	-	-	-	-
50	35-70	90- 100	90- 100	100	100	-	-	-	-
40	0-15	33-70	-	90- 100	90- 100	100	-	-	-
25	-	0-15	35-70	20-55	-	90- 100	100	-	-
20	0-5	-	-	0-15	35-70	-	90- 100	100	-
12,5	-	0-5	10-30	-	-	25-60	-	90- 100	100
10	-	-	-	0-5	10-30	-	20-55	40-70	90- 100
5	-	-	0-5	-	0-5	0-10	0-10	0-15	10-30
2,5	-	-	-	-	-	0-5	0-5	0-5	0-10
1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5

\*) Los grados 50-5 mm y 40-5 mm corresponden a mezclas de los grados 50-25 mm con 25-5 mm y 40-20 mm con 20-5 mm, respectivamente.

\* Según la Norma Chilena NCh 165

Las gravas que no correspondan a ninguno de los grados especificados en tabla 3 pueden ser empleadas siempre que las mezclas de prueba preparadas con estas gravas cumplan con los requisitos de las especificaciones particulares de la obra.

Se utiliza preferentemente una mezcla de dos **arenas silíceas**, ambas arenas provenientes de cauce de Río, con módulo de finura promedio de 1.75 y la otra, con módulo de finura promedio de 2.93. **El módulo de finura promedio de la mezcla de arenas osciló en: 2.53.**

A su vez se mezclaron dos tamaños comerciales distintos de piedra partida **granítica**. Las fracciones comprendieron tamaños de 6 mm a 20 mm y de 10 mm a 30 mm, la mezcla total de agregados resultó según especificaciones norma NCh, para un Tamaño Máximo Nominal de 25 mm.

## 1.3 ADITIVOS

### 1.3.1 TERMINOLOGIA

Los aditivos son productos que, introducidos en pequeña porción en el hormigón, modifican algunas de sus propiedades originales, se presentan en forma de polvo, líquido o pasta y la dosis varía según el producto y el efecto deseado entre un 0.1 % y 5 % del peso del cemento.

Su empleo se ha ido generalizando hasta el punto de constituir actualmente un componente habitual del hormigón. Sin embargo su empleo debe ser considerado cuidadosamente, siendo importante verificar cuál es su influencia en otras características distintas de las que se desea modificar.

En primera aproximación, su proporción de empleo debe establecerse de acuerdo a las especificaciones del fabricante, debiendo posteriormente verificarse según los resultados obtenidos en obra o, preferentemente, mediante mezclas de prueba.

El empleo de los aditivos permite controlar algunas propiedades del hormigón, tales como las siguientes:

- Trabajabilidad y exudación en estado fresco.
- Tiempo de fraguado y resistencia inicial de la pasta de cemento.
- Resistencia, impermeabilidad y durabilidad en estado endurecido.

Debido a la naturaleza de nuestro proyecto y la finalidad de este en la rápida habilitación del tránsito en reparación de pavimentos, además de la importancia de no modificar la relación de A/C, estudiaremos la utilización de los superplastificantes y fluidificantes en nuestra investigación, dando una pequeña definición e incorporando las fichas técnicas de estos aditivos más utilizados en nuestro país y que están a fácil disponibilidad de todos.

### **1.3.2 SUPERPLASTIFICANTE O FLUIDIFICANTE**

Corresponden a una nueva generación de aditivo plastificadores en base a productos melamínicos o naftalínicos, constituyendo una evolución de los aditivos reductores de agua, en que la absorción y la capacidad de dispersión del cemento son mucho más acentuadas.

Esto se traduce en un enorme aumento de la trabajabilidad del hormigón, sin modificar la cantidad de agua. El resultado es un hormigón muy fluido (autonivelante), de baja tendencia a la segregación.

Pueden utilizarse también como reductores de agua, siendo posible en este caso, dado su apreciable efecto, alcanzar disminuciones en la cantidad de agua entre 20% y 30%. Ello permite obtener un fuerte incremento en las resistencias, especialmente en las primeras edades, por lo que pueden utilizarse como aceleradores de endurecimiento o aditivos para hormigones de alta resistencia.

### **1.3.3 EFECTOS**

Los superplastificadores se emplean en dosis mayores que los plastificadores reductores de agua, (0.8 a 3%) y pueden ser agregados al final del amasado sin diluir previamente en el agua.

El efecto sobre la trabajabilidad del hormigón se mantiene entre 30 y 60 minutos según el aditivo, característica que hace conveniente agregarlo inmediatamente antes del término del amasado y obliga a una rápida colocación.

El efecto se termina una vez transcurrido el tiempo señalado, volviendo el hormigón a su docilidad inicial. Eventualmente puede agregarse una nueva dosis, premezclando el hormigón con el fin de prolongar el efecto por otro periodo.

Los hormigones fluidos obtenidos con estos aditivos pueden ser colocados con gran facilidad, pues son prácticamente autonivelantes y por lo tanto se reduce el trabajo de colocación y se elimina la necesidad de vibrar salvo en zonas densamente armadas.

Cuando los aditivos fluidificantes se emplean como reductores de agua se obtiene un incremento de algunas características del hormigón endurecido, especialmente su resistencia, durabilidad e impermeabilidad.

Por otra parte, debido a que no producen incorporación de aire, el efecto en las resistencias es superior al obtenido con los plastificantes-reductores de agua, especialmente en las primeras edades, lo que resulta muy conveniente para su empleo en hormigones pretensados, prefabricado y obras en que se requiere desarrollo rápido de resistencias.

Otro factor importante a tener en consideración, es sobre la base de ensayos de laboratorio y aplicaciones en obra indican que la sobredosis de aditivo superplastificantes o su aplicación en un hormigón de composición inadecuada puede producir una fuerte segregación, depositándose las partículas sólidas en una masa compacta y dura, mientras el agua de amasado sube a la superficie del hormigón.

Para el desarrollo de nuestro hormigón Fast-Track, se recomienda utilizar un aditivo **Superplastificante o Fluidificante** para la Aplicación en nuestro país se recomienda utilizar los siguientes tipos de la marca SIKKA S.A<sup>♦</sup>:

- **Sikament® FF-86**
- **Sikament® NF**

Ambos corresponden a aditivos superplastificantes con las propiedades de **acelerar el fraguado y endurecimiento, además de aumentar la resistencia, trabajabilidad y fluidez de nuestro hormigón**, a continuación entregaremos a modo de complementar la información entregada las fichas técnicas correspondientes para estos aditivos:

---

♦ Manual de Productos y Fichas técnicas de productos. – Volumen 3

### 1.3.4 FICHA TECNICA SIKAMENT FF – 86

#### **Sikament® FF-86**

Aditivo Superplastificante

#### **Definición General:**

**Sikament® FF-86** es un producto sintético que produce en el hormigón una consistencia superfluida o permite trabajar con una fuerte reducción de agua de amasado. No contiene cloruros, no es tóxico, cáustico ni inflamable. **Sikament® FF- 86** es un producto aniónico, que al ser absorbido por las partículas del cemento, les confiere una carga eléctrica negativa produciendo su separación, permitiendo con esto una hidratación completa de los granos de cemento, sin efectos secundarios.

#### **Usos:**

Hormigón fluido:

- Reducción del tiempo de colocación del hormigón.
- Colocación del hormigón con una pequeña vibración en los lugares con gran cuantía de acero o pocos accesibles.
- Rapidez en la colocación del hormigón bombeado. Gracias a la acción de **Sikament® FF-86** las bombas en servicio plantean menos problemas: se utilizan presiones de bombeo poco elevadas y las instalaciones son mejor aprovechadas. El hormigón fluidificado une a la facilidad de colocación, la ventaja de su cohesión.
- Trabajos de hormigonado bajo el agua mediante el sistema de tolva tubo. Con relación al hormigón tradicional vertido bajo el agua, el hormigón con **Sikament® FF-86** posee la ventaja de extenderse de 5 a 6 m, sin ninguna ayuda especial.

- 
- En morteros y lechadas de inyección.

Hormigón de altas resistencias:

- Aceleración del desarrollo de las resistencias mecánicas del hormigón.
- Obtención de hormigones compactos, impermeables y resistentes al ciclo hielo-deshielo.
- Reducción de los plazos de desencofrado, por cuanto se obtienen elevadas resistencias iniciales.
- Reducción de los tiempos de destensado en los hormigones pretensados.
- Reducción de los tiempos de curado mediante tratamientos térmicos.

### **Ventajas**

- Consistencia fluida sin disminución de resistencias mecánicas.
- Calidad homogénea, es decir, mínima segregación y exudación.
- Disminución notable de las retracciones y tendencias a la fisuración.
- Incremento de la impermeabilidad, durabilidad y resistencia al ciclo hielo deshielo.
- Confiere al hormigón una superficie de excelente calidad y permite realizar formas complicadas.
- Aumento de la productividad de la faena de hormigonado, facilidad de colocación, compactación y terminación superficial.
- Mejora substancialmente las características del hormigón bombeado, reduciendo las presiones de bombeo y aumentando considerablemente el rendimiento del equipo.
- Hormigón de altas resistencias iniciales y finales debido a la fuerte reducción de agua (15% -25%).

## Datos Básicos

### Color:

Líquido café oscuro.

Densidad: 1.22 kg/lit.

### Almacenamiento:

**Sikament® FF-86** puede almacenarse durante 18 meses en su envase original cerrado bajo techo.

### Presentación:

Tambor 250 kg.

## Datos Técnicos

### a) Hormigón fluido:

Los ensayos se realizaron sobre hormigones de composición adecuada para hormigón fluido, con 350 kg/m<sup>3</sup> de cemento corriente y agregados clasificados provenientes del Río Maipo.

## CUADRO N°1

Escurrecimiento, asentamiento de cono y resistencia a la compresión de un hormigón fluidificado con diferentes dosis de Sikament® FF-86.

Hormigón	A/C	Aditivo %	Cono (cm)	Din	Aire %	Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )		
						R3	R7	R28
Patrón	0.49	-	6.0	32	1.1	115	172	318
Sikament® FF-86	0.49	0.5	19.0	43	0.5	129	190	325
Sikament® FF-86	0.49	0.8	21.0	47	0.4	128	196	339
Sikament® FF-86	0.49	1.0	23.0	51	0.4	130	201	344
Sikament® FF-86	0.49	1.5	25.0	61	0.4	133	178	333

### Observaciones:

Las resistencias mecánicas son superiores al patrón en los hormigones con Sikament® FF-86 a pesar del mayor asentamiento de cono y la misma relación A/C.

**b) Hormigón con reducción de agua:****CUADRO N°2**

Efecto sobre la resistencia

Hormigón	A/C	Aditivo %	Cono (cm)	Din (cm)	Aire %	Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
						R1	R3	R7	R28
Patrón	0.49	-	6.0	32	1.1	52	115	172	318
Sikament® FF-86	0.44	0.5	8.0	33	1.0	73	171	308	389
Sikament® FF-86	0.42	0.8	8.0	30	1.1	82	184	326	431
Sikament® FF-86	0.41	1.0	5.0	28	1.5	109	249	350	454

Observaciones:

- El aumento de la resistencia inicial puede llegar a ser más del doble de un hormigón sin Sikament® FF-86.
- La resistencia a 28 días puede ser aumentada hasta un 50% con **Sikament® FF-86**.

**c) Efectos sobre la permeabilidad al agua:**

Se efectuaron los ensayos según norma DIN 1048, referida a la penetración de agua en probetas de hormigón después de 32 horas sometidas a 7 atmósferas de presión (cuadro N°3).

**CUADRO N°3**

Hormigón	A/C	Aditivo %	Din (cm)	Penetración de Agua (mm)		
				Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Patrón	0.51	-	37	128	85	106
Sikament® FF-86	0.48	0.5	37	18	21	20
Sikament® FF-86	0.42	1.0	37	9	11	10

**Aplicación****Consumo:**

- Hormigón fluido: 0,5 a 1,5 kg. para 100 kg. de cemento.
- Hormigón de alta resistencia: 0,8 a 2 kg. para 100 kg. de cemento.
- Hormigón con microsílíce (**SikaFume®**): 1 a 4 kg. para 100 kg. de cemento.

---

## **Método de aplicación**

### **Como fluidificante:**

(Dosis de 0.5% a 1.5% del peso del cemento).

**Sikament® FF-86** se puede agregar diluido en el agua o para obtener un mejor resultado, al final del amasado. El hormigón debe tener inicialmente la cantidad de agua necesaria para obtener un asentamiento de cono de 6-8 cm. Una vez agregado **Sikament® FF-86** se obtiene un cono de 18-20 cm (\*).

La acción fluidificante se mantiene por 45-60 minutos. En caso de atraso en la colocación del hormigón, podrá agregarse una nueva dosis y remezclar para prolongar el efecto.

(\*) Para un mejor resultado se recomienda que la composición del hormigón sea la adecuada para hormigón bombeado. (Ver gráfico N°2).

### **Para altas resistencias:**

(0.8 a 2% del peso del cemento).

**Sikament® FF-86** debe diluirse en el agua de amasado, la que debe reducirse entre un 10 y un 25%, según la dosis utilizada, hasta obtener la consistencia requerida.

En caso de hormigones con microsílíce (**SikaFume®**) se puede utilizar hasta una dosis de 4% del peso del cemento.

### **Banda granulométrica hormigón bombeado**

Nota: Para hormigón fluido se recomienda asegurar una cantidad mínima de finos (cemento más partículas de arena menores a 0,3 mm) de 400 kg/m<sup>3</sup> para D<sub>máx.</sub> de 40 mm. y de 450 kg/m<sup>3</sup> para D<sub>máx.</sub> de 20 mm.

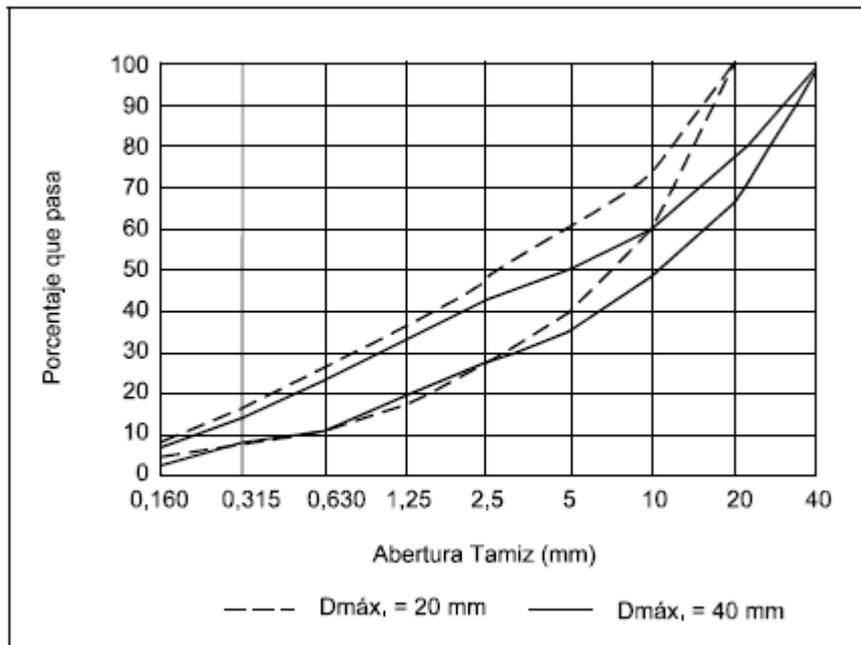


GRAFICO N°1

### 1.3.5 FICHA TECNICA DE SIKAMENT NF

#### **Sikament®NF**

Aditivo Superplastificante

#### **Definición General:**

**Sikament® NF** es un aditivo superplastificante y reductor de agua de alta capacidad que produce en el hormigón una consistencia superfluida o permite trabajar con una fuerte reducción de agua de amasado. No contiene cloruros, no es tóxico, cáustico ni inflamable.

#### **Usos**

Hormigón Fluido:

- Reducción del tiempo de colocación del hormigón.
- Colocación del hormigón con una pequeña vibración en los lugares con gran cuantía de acero o pocos accesibles.
- Rapidez en la colocación del hormigón bombeado.
- Trabajos de hormigonado bajo el agua mediante el sistema de tolva tubo. Con relación al hormigón tradicional vertido bajo el agua, el hormigón con **Sikament® NF** posee la ventaja de extenderse de 5 a 6 m, sin ninguna ayuda especial.
- En morteros y lechadas de inyección.

#### **Hormigón de altas resistencias:**

- Aceleración del desarrollo de las resistencias mecánicas del hormigón.

- Obtención de hormigones compactos, impermeables y resistentes al ciclo hielo deshielo.
- Reducción de los plazos de desencofrado, por cuanto se obtienen elevadas resistencias iniciales.
- Reducción de los tiempos de destensado en los hormigones pretensados.
- Reducción de los tiempos de curado mediante tratamientos térmicos.

### **Ventajas**

- Consistencia fluida sin disminución de resistencias mecánicas.
- Hormigón de altas resistencias iniciales y finales debido a la fuerte reducción de agua (15% –25%).
- Incremento de la impermeabilidad, durabilidad y resistencia al ciclo hielo deshielo.
- Confiere al hormigón una superficie de excelente calidad y permite realizar formas complicadas.
- Aumento de la productividad de la faena de hormigonado, facilidad de colocación, compactación y terminación superficial.
- Mejora substancialmente las características del hormigón bombeado, reduciendo las presiones de bombeo y aumentando considerablemente el rendimiento del equipo.

### **Datos Básicos**

#### **Color:**

Líquido café.

Densidad: 1.17 kg/dm<sup>3</sup>.

---

**Almacenamiento:**

**Sikament® NF** puede almacenarse durante 18 meses en su envase original cerrado bajo techo, protegido del congelamiento.

**Presentación:**

Tambor 250 kg.

Tineta 20 kg.

**Aplicación****Consumo**

- Hormigón fluido: 0,5 a 1,5 kg. para 100 kg. de cemento.
- Hormigón de alta resistencia: 0,8 a 2 kg. para 100 kg. de cemento.

**Método de aplicación****Como fluidificante:**

(Dosis de 0.5% a 1.5% del peso del cemento).

**Sikament® NF** se puede agregar diluido en el agua o para obtener un mejor resultado, al final del amasado. El hormigón debe tener inicialmente la cantidad de agua necesaria para obtener un asentamiento de cono de 6-8 cm. Una vez agregado **Sikament® NF** se obtiene un cono de 18-20 cm (\*).

La acción fluidificante se mantiene por 45-60 minutos. En caso de atraso en la colocación del hormigón, podrá agregarse una nueva dosis y remezclar para prolongar el efecto.

(\*) Para un mejor resultado se recomienda que la composición del hormigón sea la adecuada para hormigón bombeado.

**Para altas resistencias:**

(0.8 a 2% del peso del cemento)

**Sikament® NF** debe diluirse en el agua de amasado, la que debe reducirse entre un 10 y un 25%, según la dosis de aditivo utilizada, hasta obtener la consistencia requerida.

---

## **CAPITULO II**

### **METODOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION**

#### **2.1 PROCESO GENERAL**

El proceso general de diseñar un pavimento de Hormigón en una calle, carretera o vía rápida vehicular incluye los siguientes pasos:

1. Investigación de suelo: Se hacen perforaciones del suelo para determinar las propiedades de los estratos sub-superficiales y obtener la profundidad hasta el agua del subsuelo. Se obtienen muestras de suelo para realizar ensayos de laboratorio y clasificación del suelo.

2. Evaluación del soporte de la sub-rasante en la rasante de diseño: La información obtenida de la investigación de suelo se usa para evaluar las condiciones de la sub-rasante en la rasante de diseño y por debajo de ella.

3. Diseño del tramo de pavimento: Se determinan el tipo de base apropiado (es decir, estabilizada o no estabilizada) y el espesor. Luego se emplea el procedimiento de diseño apropiado para obtener el espesor del pavimento de Hormigón de cemento Pórtland.

4. Selección de un plan de construcción de juntas: Se debe seleccionar un tamaño de losa y desarrollar un plan de construcción de juntas. Deben desarrollarse detalles apropiados de juntas longitudinales y transversales. También se requieren detalles adecuados para las juntas y losas de transición en las barras de unión a los pavimentos existentes.

5. Desarrollo de planes y especificaciones: Los detalles de diseño se expresan en planes y especificaciones.

---

### 2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

**Las características de diseño críticas que influyen en el desempeño prolongado de los pavimentos de Hormigón son:**

1. Uniformidad y estabilidad del soporte de la sub-rasante.
2. Uniformidad (tipo y espesor) de la base y la sub-base, incluidas las provisiones de drenaje.
3. Espesor del pavimento.
4. Propiedades del Hormigón, según se especifique.
  - a. Uniformidad (capacidad del Hormigón para producir propiedades consistentes).
  - b. Trabajabilidad (capacidad del Hormigón para su colocación, consolidación y terminación).
  - c. Resistencia (capacidad del Hormigón para soportar el tránsito y las condiciones ambientales).
  - d. Durabilidad (capacidad del Hormigón para proporcionar un servicio de largo plazo).
5. Detalles de la construcción de juntas.
  - a. Dimensiones de las losas.
  - b. Transferencia de carga en juntas.
  - c. Provisiones de sellado de juntas.

---

Para cada proyecto, el ingeniero proyectista establece los parámetros aceptables para cada una de las variables de diseño. Es así como luego se espera que, durante la construcción, la calidad del diseño se ajuste a lo esperado (en cuanto a las especificaciones) o sea aun mejor. Comúnmente, cuando diversas características marginales se incorporan a un pavimento en la construcción —ya sea debido a una falencia en el diseño o debido a una mala construcción o una combinación de ambos—, el pavimento presentará fallas prematuras o brindará un desempeño inferior a lo esperado en el largo plazo.

**Se presentan diversos ejemplos que ilustran el carácter crítico de distintas operaciones constructivas:**

1. Granulometría: una granulometría adecuada es un elemento importante de la construcción. Una granulometría apropiada facilita el drenaje y la colocación de las sucesivas capas.
2. Construcción de juntas: se realiza la construcción de juntas para controlar la fisuración de las losas. Esto minimiza las probabilidades de que ocurra una fisuración aleatoria. La fisuración aleatoria es un tema de mantenimiento y puede afectar la capacidad de carga del pavimento. Un aserrado poco profundo de juntas y un aserrado tardío son algunas de las causas de la fisuración aleatoria. Si los pasadores están mal alineados o adheridos al Hormigón, las juntas no funcionarán y pueden desarrollarse fisuras aleatorias en paneles de losas adyacentes.
3. Calidad de la sub-rasante y de la sub-base/base: si la compactación de la sub-rasante, sub-base y base se encuentra comprometida, el pavimento puede curvarse demasiado bajo la carga de los Camiones o vehículos y pueden producirse fisuras de esquinas.
4. Resistencia del Hormigón: una baja resistencia del Hormigón dará como resultado una fisuración temprana por fatiga del pavimento. La resistencia a la flexión del Hormigón a los

---

28 días correspondiente a pavimentos es, normalmente, de 42 a 55 kgf/cm<sup>2</sup> (4100 a 5400 kPa). Para construcción de habilitación temprana, estos niveles de resistencia pueden ser requeridos en una etapa más temprana.

5. Durabilidad del Hormigón: el Hormigón que no es duradero (debido a materiales reactivos o de mala calidad, un sistema deficiente de vacío por aire o a una terminación excesiva) puede deteriorarse prematuramente.

6. Curado del Hormigón: el Hormigón que no ha curado adecuadamente puede deteriorarse prematuramente. Un Hormigón mal curado también puede derivar en un desprendimiento temprano.

7. Facilidad de terminación del Hormigón: el Hormigón que tiene una terminación excesiva o requiere una excesiva manipulación para lograr facilidad de terminación se deteriorará prematuramente. Un Hormigón mal terminado puede dar como resultado una mala condición de la superficie.

8. Operación de la pavimentadora: la operación de la pavimentadora tiene un impacto significativo en la lisura y la calidad in situ del Hormigón.

### **2.1.2 VARIABILIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN**

El desempeño del pavimento se ve afectado significativamente por la variabilidad en las propiedades de las características clave del diseño. Si bien un cierto grado de variabilidad es inevitable, la variabilidad excesiva en el proceso constructivo puede conducir a un desempeño aleatorio de los pavimentos y generar un mayor costo para el contratista. La variabilidad en la construcción puede controlarse mediante un uso eficaz de los planes de gestión de la calidad.

### **2.1.3 ESPECIFICACIONES PARA LA CONSTRUCCION**

Los ítems significativos aplicables a la construcción de pavimentos de Hormigón. Estos ítems brindan orientación sobre lo siguiente, según corresponda:

1. Materiales (incluidos los Requisitos de composición y materiales)
2. Métodos de construcción
3. Método de medición (para conformidad con las especificaciones)
4. Base de pago
5. Requisitos de ensayos.

## **2.2 PREPARACION DE LA SUBRASANTE\***

### **2.2.1 GENERALIDADES**

La preparación de la Sub-rasante sienta las bases para todo el sistema de pavimento.

La uniformidad y estabilidad de la sub-rasante afectan tanto al desempeño prolongado del pavimento como al proceso constructivo.

La estabilidad de la sub-rasante es necesaria para proveer el soporte adecuado de la sección de pavimento y una plataforma constructiva aceptable.

El diseño del pavimento comienza con la identificación de su fundación. La construcción comienza con la preparación de dicha fundación.

---

\* Según ASTM 698 Washington, DC

**Entre los elementos importantes de la preparación de la sub-rasante se incluyen:**

1. Evaluación de la estabilidad de la sub-rasante
2. Modificación de la sub-rasante para mejorar la estabilidad
3. Evaluación de las tolerancias superficiales.

Las siguientes son las áreas en las que se puede necesitar la ayuda de un ingeniero experimentado en la preparación de sub-rasantes:

1. Variabilidad del estado del suelo
2. Suelo con baja capacidad portante ( $< 96$  kPa)
3. Suelo orgánico
4. Suelo expansivo/con capacidad de hinchamiento
5. Suelo susceptible a las heladas

### **2.2.2 OPERACIÓN DE CONSTRUCCION**

La construcción de la rasante para un pavimento puede incluir la construcción de un terraplenamiento.

1. El terraplenamiento se construye colocando material en capas sucesivas en todo el ancho de la sección transversal.
2. La mayoría de las especificaciones incluyen un espesor máximo para el material suelto a colocarse por capa. El empleo de capas de relleno de un espesor mayor requiere que el contratista demuestre al ingeniero que dicha capa puede compactarse a la densidad especificada en todo su espesor.

3. Durante la construcción del terraplenamiento, el equipo de acarreo debe moverse uniformemente sobre todo el ancho del mismo. Si el tránsito de éste se halla canalizado, puede ocurrir una deformación permanente o una falla por esfuerzo de corte.
4. En la construcción de terraplenamientos, la colocación de capas debe comenzar en la parte más profunda del relleno. A medida que avanza la colocación de las capas, éstas deben construirse aproximadamente paralelas a la rasante terminada.
5. En áreas donde se producen transiciones de la sub-rasante, los materiales se mezclan mediante rastra de discos en el límite de la zona de transición. La mezcla de la sub-rasante se debe efectuar a lo largo de 30 m de la zona de transición (15 m a cada lado de la transición). Esta práctica reduce la posibilidad de asentamientos diferenciales o levantamiento debido a la acción de las heladas.

### **2.2.3 REQUISITOS PARA LA COMPACTACION\***

La compactación de la sub-rasante es esencial para construir una plataforma de trabajo estable.

Los requisitos de compactación típicos son:

1. El procedimiento Proctor Estándar puede emplearse para la reparación de pavimentos.
2. Suelos cohesivos usados en secciones de relleno o terraplenamiento: La totalidad del relleno debe compactarse al 90% de la densidad máxima.

---

\* Según ASTM 698 Washington, DC

---

3. Suelos cohesivos en secciones de excavación o desmonte: Los 15 cm. (6") superiores deben compactarse al 90% de la densidad máxima.

4. Suelo no cohesivo usado en secciones de relleno o terraplenamiento: Los 15 cm. (6") superiores se compactan al 100% de la densidad máxima, el resto del relleno al 95%.

5. Suelo no cohesivo usado en secciones de excavación o desmonte: Los 15 cm. (6") superiores compactados al 100% de la densidad máxima y los siguientes 45 cm. (18") al 95%.

El control de la humedad es esencial para obtener una sub-rasante estable. Se deben respetar los siguientes puntos:

1. Las especificaciones de compactación normalmente requieren que el contenido de humedad de la sub-rasante esté dentro del + 2% de la humedad óptima antes de apisonar (rodillar), para obtener la densidad prescrita.

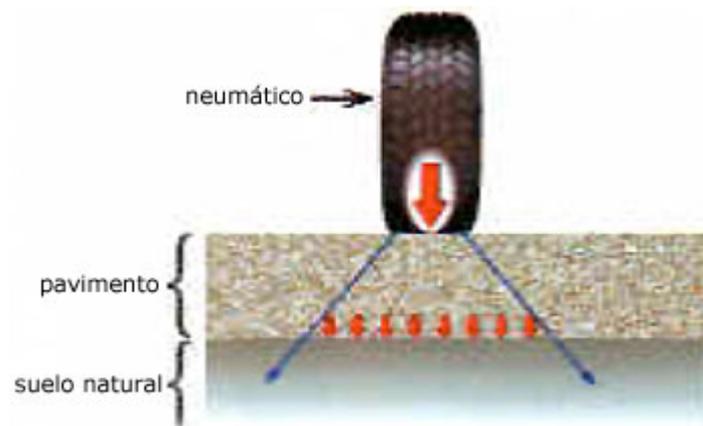
2. Para los suelos expansivos, el contenido de humedad debe estar en 1 a 3% por encima del nivel óptimo antes de su compactación, a los efectos de reducir el potencial de hinchamiento.

3. Para suelos finos, que no muestran signos de hinchamiento, es mejor mantener la humedad entre el 1 y 2% por debajo del nivel óptimo.

4. Los suelos cohesivos compactados con exceso de humedad se pueden tornar inestables bajo el tránsito de obra, aun habiendo alcanzado la densidad especificada.

## 2.3 CONSTRUCCIÓN DE BASES Y SUBBASES

Las bases y sub-bases son capas de material pétreo adecuadamente seleccionadas para traspasar las cargas de la carpeta de rodadura a la sub-rasante (Infraestructura). Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, la ubicación de estos materiales dentro de la estructura de un pavimento (superestructura), esta dada por las propiedades mecánicas de cada una de ellas.



### 2.3.1 SUB-BASE

Es la capa granular localizada entre la sub-rasante y la base en pavimentos flexibles o rígidos y ocasionalmente, sobre todo en pavimentos rígidos, se puede prescindir de ella.

#### 2.3.1.1 FUNCION DE LA SUB-BASE

- Prevenir la intrusión de los finos del suelo de sub-rasante en las capas de base, para lo cual se debe especificar materiales de graduación relativamente densa para este propósito.
- Minimizar los daños por efecto de las heladas y en estos casos se debe especificar materiales con alto porcentaje de vacíos.

- Ayuda a prevenir la acumulación de agua libre dentro de la estructura del pavimento. En este caso se debe especificar material de libre drenaje y colectores para evacuar el agua.

- Proveer una plataforma de trabajo para los equipos de construcción.

- Dar soporte a las capas estructurales siguientes.

### 2.3.1.2 MATERIALES

Se podrá usar partículas limpias, con suelos tipo grava arenosa , arenas arcillosas o suelos similares, que cumplan los siguientes requisitos:

- Inorgánicos.
- Libres de materia vegetal.
- Libres de escombros.
- Libres de basuras.
- Libres de material congelado.
- Sin presencia de terrones.
- Sin presencia de trozos degradables.

Además se debe cumplir las siguientes características:

Limite liquido (LL)	25 %	Máx.
Índice de plasticidad (IP)	6 %	Máx.
Poder de soporte (CBR)	40 %	Min.
Desgaste de los Ángeles	60 %	Máx.
Finos que pasa malla N° 200	15 %	Máx.

Tabla N°2,1

### 2.3.1.3 CONFECCION

La confección de la sub-base deberá ejecutarse en plantas procesadoras fijas o móviles, que aseguren la obtención de material que cumpla con los requisitos establecidos. El material deberá acopiarse en canchas habilitadas especialmente para este efecto, de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los materiales.

### 2.3.2 BASE

Capa sobre sub-base o sub-rasante destinada a sustentar la estructura del pavimento. Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por los vehículos. Regularmente esta capa además de la compactación, necesita otro tipo de mejoramiento (estabilización) para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores.

#### 2.3.2.1 MATERIALES

Los materiales a utilizar en la base deberán estar libres de residuos orgánicos, suelo vegetal, arcillas u otro material perjudicial. Además debe cumplir los siguientes requisitos:

Pavimento Hormigón	40 %	Máx.
Limite liquido (LL)	25 %	Máx.
Índice de Plasticidad (IP)	6 %	Máx.
Poder de soporte (CBR)		
Pavimento Asfalto	80 %	Min.
Pavimento Hormigón	60 %	Min.

Tabla N°2,2

### **2.3.2.2 CONDICION DE LA SUB-BASE**

Con anterioridad a la construcción de la base, deberá limpiarse y retirarse toda sustancia extraña a la sub-base o sub-rasante previamente aceptada. Los baches o puntos blandos deformables que se presenten en su superficie o cualesquiera área que tenga una compactación inadecuada o cualquier desviación de la superficie, deberán corregirse.

### **2.3.2.3 COLOCACION**

La construcción de la base deberá ajustarse a los perfiles longitudinales y transversales del proyecto y cubriendo un ancho mayor al que la calzada de a lo menos 10 cm a ambos costados. Se depositaran y se esparcirán los materiales por cordones, en una capa uniforme sin segregación de tamaños, de manera que la capa tenga el espesor requerido al ser compactada.

No se permitirá el acarreo por sobre la base no compactada. El material de base agregado, que haya sido procesado en una planta o haya sido mezclado o combinado in situ, deberá tenderse en una capa uniforme con la profundidad y ancho indicados en los planos del proyecto.

El esparcido se realiza mediante una motoniveladora, esparcidor mecánico u otro método aprobado. Durante el tendido, deberá cuidarse de evitar cortes en la capa subyacente. La operación deberá continuar hasta que el material haya alcanzado por lo menos un 95% de la densidad máxima seca dada por el ensaye del Proctor Modificado. Ningún material deberá colocarse en nieve o en una capa blanda, barroosa o helada.

### **2.3.2.4 COMPACTACION**

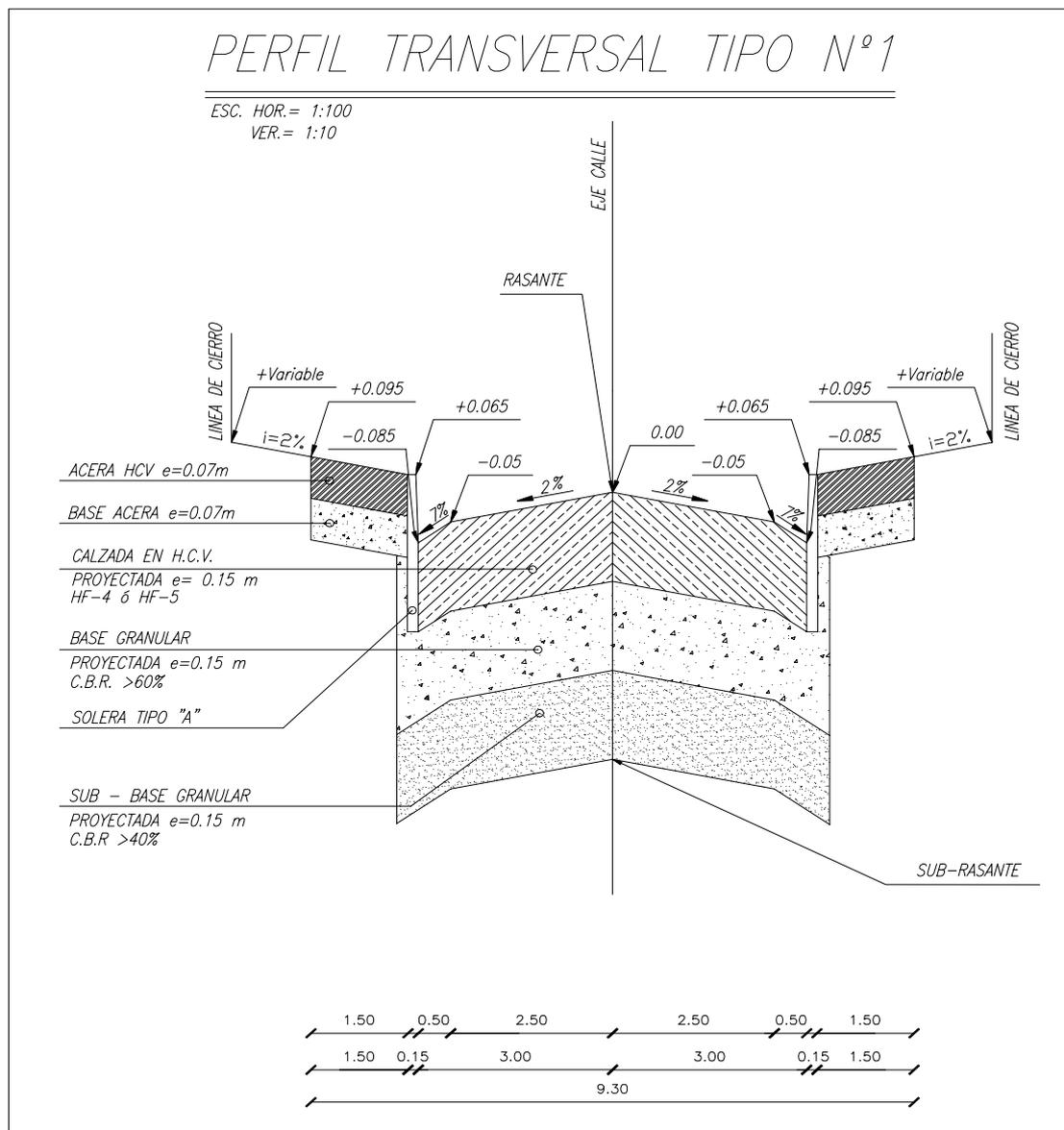
Después que el agregado haya sido esparcido, se le deberá compactar por medio de rodillado y riego. La compactación deberá avanzar gradualmente desde los costados hacia el centro de la vía en construcción. El rodillado deberá continuar hasta lograr la densidad

especificada y hasta que no sea visible el deslizamiento del material delante del compactador.

La distribución y el rodillado continuaran alternadamente tal como se requiere para lograr una base lisa, pareja y uniformemente compactada. No se deberá compactar cuando la capa subyacente se encuentre blanda o dúctil, o cuando la compactación cause ondulaciones en la capa de la base.

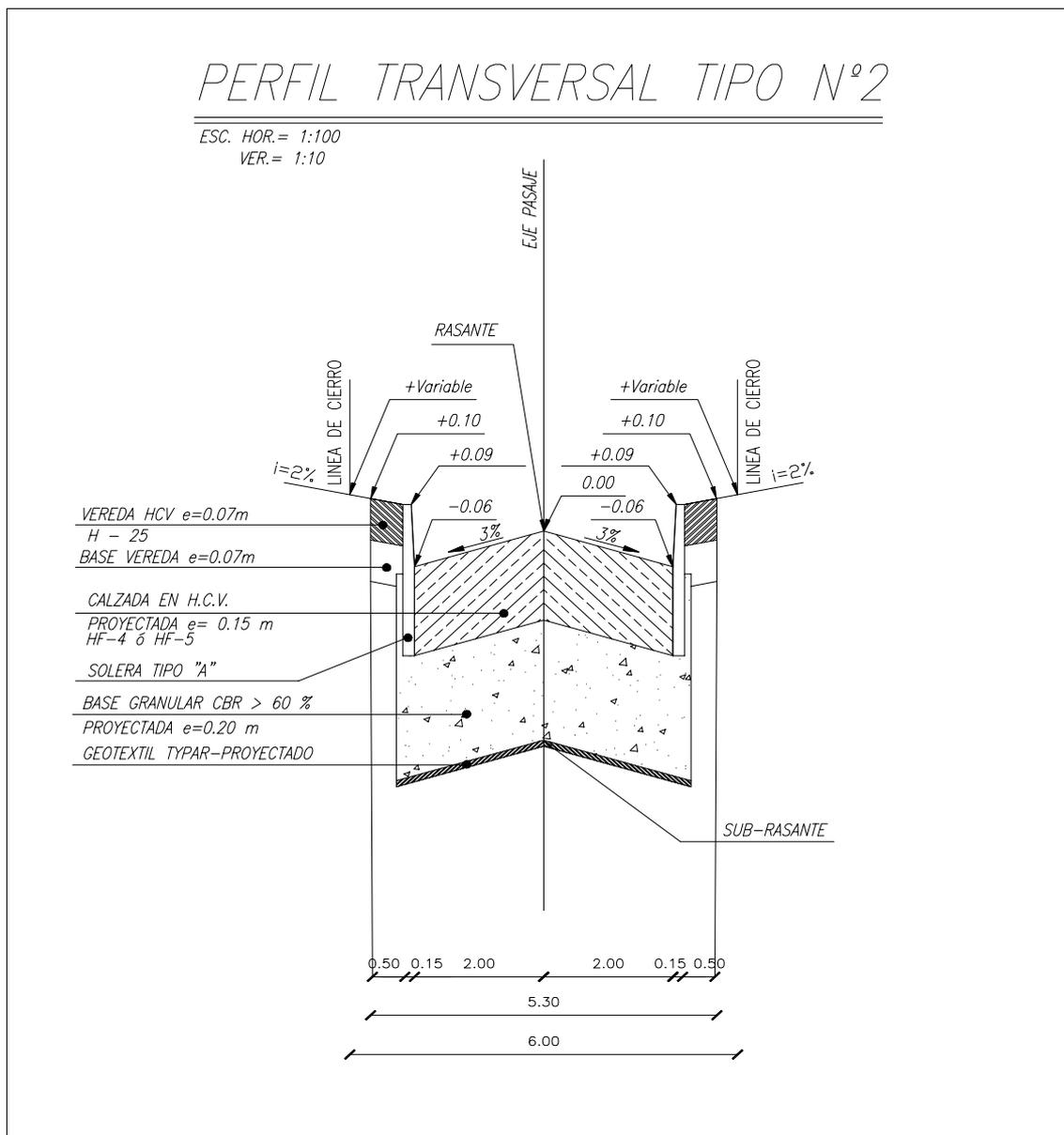
### 2.3.3 PERFILES TRANSVERSALES TIPO DE PAVIMENTACION

A continuación se señalan a modo de dejar mas esquemáticamente clara la ubicación de las partes anteriormente especificadas, y su forma de distribución en proyectos de reposición y reparación de pavimentos, además se especifican en los cortes tipos la materialidad usualmente utilizada en este tipo de proyectos.



En el perfil transversal\* que se muestra a continuación se deja clara la opción de la que se hablaba anteriormente respecto a la eliminación de la sub-base para pavimentos rígidos, pero bajo la condición de aumentar el espesor de la capa de de base y sus condiciones de C.B.R, además de la incorporación de un geotextil para mejorar las condiciones mecanizas de la sub-rasante.

En este perfil también se deja clara la ubicación de las partes y sus respectivos materiales componentes.



\* Perfiles tipo Para proyecto de pavimentación, otorgados por oficina técnica RVA ingeniería

### 2.3.4 OPERACIÓN DE CONSTRUCCION

Los materiales para sub-base suelen ser materiales granulares, que pueden ser naturales o triturados. Su estabilidad en términos de valor soporte CBR (*California Bearing Ratio*) varían entre 20 y 100. Estos materiales se usan generalmente como capas de protección de la sub-rasante (capas anticongelantes) y/o proporcionan drenaje por encima de la sub-rasante. En zonas con heladas, se debe limitar el porcentaje de material pasa tamiz N° 200 entre 3 y el 5%.

Los siguientes son elementos importantes para la colocación de la sub-base:

1. La colocación debe comenzar a lo largo del eje de calzada o el punto más elevado, para mantener el drenaje en todo momento conforme se lleva a cabo la construcción.
2. La colocación puede realizarse usando un equipo automatizado o una caja para piedras adosada a una explanadora.
3. La relación humedad-densidad debe establecerse en laboratorio mediante el ensayo Proctor estándar o modificado.
4. El control de la humedad es crucial para lograr la compactación. Lo mejor es mantener la humedad dentro del 1% del nivel óptimo. Para materiales de sub-base de drenaje libre, debe considerarse un contenido bajo de humedad para evitar la adición excesiva de agua a la sub-rasante durante la compactación del material de la sub-base.
5. El espesor de la capa debe ser 3 a 4 veces el tamaño máximo del agregado. Si el espesor es similar al tamaño máximo del agregado, se verán afectadas la granulometría y la lisura.

6. Es importante evaluar la estabilidad de la sub-rasante antes de comenzar a construir la sub-base. Debe repararse toda área blanda.

7. Se debe implementar la administración del tránsito en el frente de construcción para eliminar problemas potenciales.

9. Los valores de densidad se pueden verificar mediante ensayos puntuales sobre el contenido de humedad del material entregado. Éstos deberán efectuarse aproximadamente dos veces por día.

10. La tolerancia de planeidad para la sub-base suele ser de 12 mm (1/2"), si se usa una regla de 5m (16 pies).

- Para el caso de obras donde no se justifica el empleo de equipo automatizado, puede ser necesario flexibilizar las tolerancias superficiales.

11. Es necesario proteger la sub-base una vez conformada.

- Se necesita proporcionar drenaje para que el agua no se acumule sobre la superficie.
- Si prevalecen condiciones climáticas secas, quizá deba recurrirse al riego.

12. El apisonado puede efectuarse mediante rodillos vibratorios. Si la compactación se torna dificultosa, pueden emplearse rodillos neumáticos, ya que la acción de amasado de las ruedas contribuye con este proceso.

---

## **2.4 PREPARACION DE LA PAVIMENTACION CON HORMIGON FAST TRACK**

### **2.4.1 PASOS PREVIOS**

Antes de comenzar con la producción del pavimento, deben haberse implementado los siguientes pasos esenciales:

1. Revisar todo el equipo que conforme el tren de pavimentación, para garantizar las condiciones operativas.
2. Verificar la disponibilidad de una longitud aceptable de rasante para su pavimentación con Hormigón.
3. Verificar la disponibilidad de todos los informes de ensayos aprobados para todos los materiales acopiados en la obra y en la planta.
4. Verificar la disponibilidad del equipo de ensayos de respaldo: prepare planes adicionales de equipamiento de respaldo.
5. Verificar la disponibilidad de todas las herramientas para la colocación del Hormigón, tales como herramientas de mano, reglas, llanas (fratás) de mano, cortabordes y vibradores manuales.
6. Verificar el funcionamiento de las comunicaciones radiales/telefónicas con la planta.
7. Verificar la disponibilidad de un equipo de riego, si es necesario.
8. Monitorear regularmente la cuerda de guía y vuelva a tensar según sea necesario.
9. Verificar que la cabecera correspondiente al trabajo del día esté preparada (si es necesario o sólo quite el exceso mediante corte con sierra).

10. Desarrolle un plan de gestión para condiciones climáticas extremas.
11. Revise el pronóstico del clima para cada jornada de pavimentación.
12. Asegúrese la disponibilidad de cantidad suficiente de cubierta plástica para el caso de una lluvia repentina o inesperada.

#### **2.4.2 REQUERIMIENTOS MINIMOS PARA UN PAVIMENTO HIDRAULICO**

- Requisitos de los Materiales.
- Dosificación.
- Equipamiento Necesario.
- Procedimiento Constructivo.
- Juntas de Hormigonado.
- Sellos de Juntas.
- Curado y Protección del Pavimento de Hormigón.
- Controles y Ensayos.
- Recomendaciones.
- Prevención y Corrección de Defectos.

#### **2.4.3 REQUISITOS DE LOS MATERIALES DOSIS MÍNIMA DE CEMENTO\***

- Grado alta resistencia inicial 390 y 450 kg / m<sup>3</sup>

En todo caso, el cemento a ocupar será de grado alta resistencia inicial y deberá cumplir con la Norma Chilena NCh 148.

---

\* Según Norma Chilena NCh 170 y NCh 148

#### **2.4.4 AGUA DE AMASADO\***

El agua de masado deberá ser limpia, exenta de sustancias perjudiciales y satisfacer los requisitos del Laboratorio Nacional de Vialidad n° 101 (L.N.V., Chile).

Límites mínimos tolerables de sustancias en el agua:

- Turbidez: 1000 partes por millón.
- Materiales orgánicos: 0,05 gramos por litro.
- Acidez 6 a 8.
- Cloruros 2 kg/m<sup>3</sup>.
- Sulfatos 1 k/m<sup>3</sup>.

#### **2.4.5 DOSIFICACIÓN**

La dosificación del hormigón consistirá en combinar en proporciones definidas, los diferentes componentes, de modo de obtener un hormigón que cumpla con la resistencia, docilidad, durabilidad y restantes exigencias requeridas en el proyecto.

En todo caso, cualquier estudio de dosificación estará respaldado por ensayos que acrediten una resistencia característica a la flexotracción mínima de 4.6 MPA a los 90 días, u otra que especifique el proyecto, considerando una fracción defectuosa del 20 %.

#### **2.4.6 MEZCLA DE HORMIGON**

La calidad de un Hormigón se define normalmente en términos de trabajabilidad (docilidad), resistencia y durabilidad. Estos tres aspectos de la calidad del Hormigón se deben optimizar para un proyecto dado. Muchos ingenieros proyectistas y algunos contratistas priorizan erróneamente los requisitos de resistencia por sobre los requisitos de

---

\* Según Laboratorio Nacional de Vialidad

calidad, dado que la resistencia del Hormigón es un componente importante del cronograma de pagos.

**En esta sección del trabajo se tratan las consideraciones acerca del diseño de la mezcla de Hormigón y sus respectivas Dosificaciones. Sin embargo, no se incluye información específica acerca de cómo diseñar y Calcular los pavimentos.**

#### **2.4.7 REQUISITOS PARA LA MEZCLA DE HORMIGON**

Se establecen los requisitos para los agregados (grueso y fino), los materiales cementicios, los aditivos, el diseño de la mezcla y la aprobación del Hormigón. Generalmente se requieren los siguientes atributos para el Hormigón empleado en pavimentos Fast-Track.

- **Resistencia a la flexión mínima para los pavimentos tradicionales es a los 28 días de 4 MPa ó 40 kg/cm<sup>2</sup> (600 psi) (o una resistencia a la compresión a los 28 días de 30 MPa ó 306 kg/cm<sup>2</sup> (4.400 psi) para pavimentos.**
- **En un pavimento Fast- Track la resistencia ala compresión mínima a las 24 horas debe ser del orden de los 230 kgf/cm<sup>2</sup> (23MPa) y a la flexotraccion 25 kgf/cm<sup>2</sup> (2.5 Mpa).**
- Contenido mínimo de cemento de alrededor de 420 kg/m<sup>3</sup>.
- Relación agua-cemento (a/c) máxima de 0,40
- Asentamiento para Hormigón con moldes fijos laterales: 25 a 50 mm (1 a 2”) y para Hormigón para moldes deslizantes: 13 a 38 mm (1/2 a 1½”).

- 
- El contenido de aire se basa en la condición de exposición y el tamaño máximo de los agregados.
  - Módulo de finura de los agregados finos entre 2,5 y 2,7.

Generalmente, los procedimientos de diseño de mezclas no tratan directamente la trabajabilidad del Hormigón. Sin embargo, intentan definir indirectamente la trabajabilidad en términos del ensayo de asentamiento. Este último no es un indicador cierto de la trabajabilidad del Hormigón, especialmente para la colocación mediante moldes deslizantes. El contratista debe reconocer que además de diseñar la mezcla para que cumpla con la resistencia, asentamiento y contenido de aire, debe diseñar la misma para asegurar la trabajabilidad para las características de mezcla dadas, el equipo de pavimentación proyectado y las condiciones ambientales esperadas para la época de la pavimentación.

Los requerimientos de diseño de la mezcla no tratan el tema de la granulometría de los agregados. Pueden existir requisitos contradictorios relacionados con la granulometría permitida de los finos, en términos del material pasa tamices N° 50 y N° 100 y también con respecto al módulo de finura. Es necesario que el contratista revise dichos requisitos en la fase de diseño de la mezcla de Hormigón.

## 2.4.8 JUNTAS DE HORMIGONADO

### JUNTAS TRANSVERSALES:

- DE CONTRACCIÓN.
- DE CONSTRUCCIÓN.
- DE EXPANSION.

### JUNTAS LONGITUDINALES:

- DE CONSTRUCCIÓN.
- DE CONTRACCIÓN.

#### 2.4.8.1 JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCIÓN.

- Su objetivo es inducir en forma ordenada las grietas que se producen a causa de la retracción del hormigón.
- Se recomienda construir a una distancia de 4,5 m entre sí, salvo indicaciones al contrario, debiendo ser perpendiculares o esviadas al eje del camino.
- Salvo que las especificaciones del proyecto indiquen lo contrario, en este tipo de juntas, no se consultan dispositivos de transferencia de cargas.
- En el caso de pavimentos nuevos contiguos a otros ya existentes, la posición de la nueva junta deberá coincidir con la existente.



#### **2.4.8.2 JUNTAS DE CONTRACCIÓN EN EL HORMIGÓN FRESCO.**

- Se construye insertando por vibración una pletina en el hormigón fresco.
- El espesor de la pletina es de 4 a 6 mm. Introducida a una altura de 1/3 del espesor del pavimento.
- Una vez retirada la pletina vibradora se introducirá una tablilla no absorbente, generalmente del tipo fibro-cemento o de otro material que no reaccione con el hormigón.

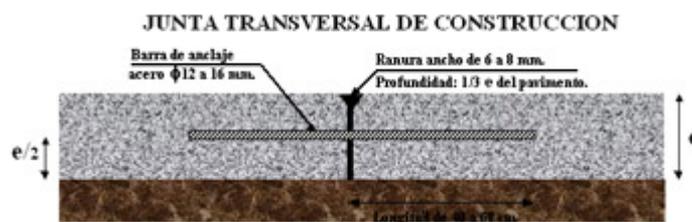
#### **2.4.8.3 JUNTAS DE CONTRACCION EN EL HORMIGÓN ENDURECIDO.**

- Se construye aserrando la superficie del pavimento con un ancho y profundidad indicada por los planos. Se recomienda un espesor de 5 a 8mm y una profundidad igual a 1/3 del espesor del pavimento.
- Se iniciará tan pronto como lo permita el endurecimiento del hormigón.
- Si antes de cortar, se produjeran grietas transversales incontroladas, no se aserrarán las juntas que queden a una distancia menor de 2 metros.



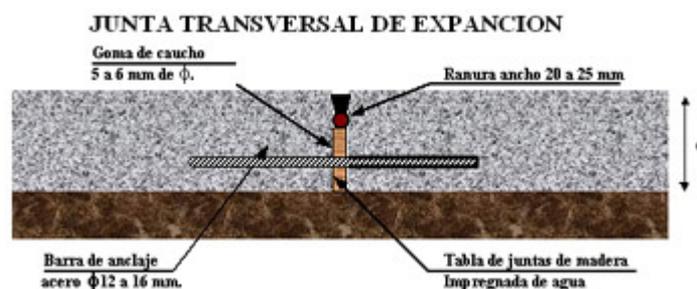
#### 2.4.8.4 JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCIÓN.

- Deberán ser construidas cuando hay interrupciones de más de 30 minutos.
- En este tipo de juntas, deben utilizarse dispositivos de transferencia de carga, los cuales serán de acero A-44-28-H (según norma chilena), lisas. Con un largo de 460 mm y ubicadas cada 300 mm.



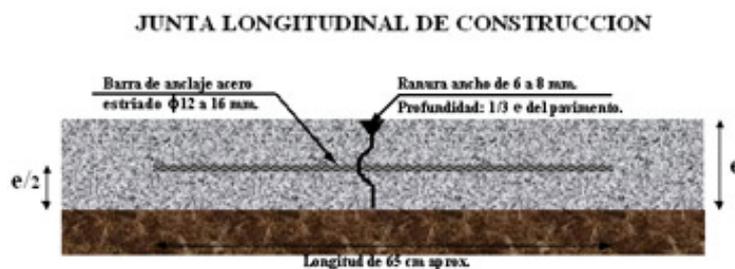
#### 2.4.8.5 JUNTAS TRANSVERSALES DE EXPANSION.

- Se usan solamente en determinados casos: empalmes con pavimentos existentes, empalmes con puentes o losas, o en los contornos de cámaras o sumideros.
- Se usan barras de transmisión de cargas de acero A44-28H sin resalte, con un extremo recubierto con betún asfáltico o envainado en PVC.
- La barra de acero deberá estar empotrado en el otro extremo del pavimento, permitiendo su movimiento en completa libertad.



#### 2.4.8.6 JUNTA LONGITUDINAL DE CONSTRUCCION.

- Son aquellas paralelas al eje del camino, a una distancia entre ellas de 3.5 metros, salvo indicaciones del proyecto que indiquen otra distancia.
- Se deberán usar barras de traspaso de cargas ubicadas en el centro del espesor de la losa, dispuestas en posición horizontal. Estas barras serán de acero de calidad (según norma chilena) A-44-28-H con resaltes, de un largo de 650 mm. y de diámetro 12 mm.
- La separación de estas barras será de 650 mm. Estas indicaciones se tomarán en cuenta si el proyecto no indica otra cosa.



#### 2.4.8.7 JUNTA LONGITUDINAL DE CONTRACCIÓN.

- Usadas en fajas de pavimento con más de 5 metros de ancho sin junta longitudinal de construcción.
- Se emplean barras de trabazón de acero con resalte.
- La junta se formará por aserrado con un ancho de 3 a 4 mm y profundidad de  $1/3$  del espesor del pavimento.
- También puede fabricarse mediante una cinta continua de plástico u otro material que no afecte químicamente el hormigón, a una profundidad mínima de 50mm.

## 2.4.9 RECOMENDACIONES PARA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS\*

El instituto Chileno del cemento y hormigón, entrega una serie de recomendaciones constructivas, destinadas a lograr un mejor rendimiento del pavimento de hormigón.

Algunas de ellas son las siguientes:

- No usar polietileno en la interfase base-hormigón, ya que no evita el agrietamiento superficial y favorece el alabeo de losas. · Eliminación del rodón central en las juntas del tipo longitudinal.
- No colocar barras de amarre contra pistas antiguas.

La apertura al tránsito, se realizará cuando el hormigón alcance , según resistencia a compresión cilíndrica los siguientes valores:

- Resistencia mínima de 70 kg/cm<sup>2</sup>, en el caso que se haya utilizado un hormigón con resistencia de 200 kg/cm<sup>2</sup> a las 72 horas.
- Resistencia mínima de 150 kg /cm<sup>2</sup> en todo otro hormigón.

Tabla N°: 2,3

<b>TIPO DE DEFECTO</b>	<b>CAUSA PROBABLE</b>	<b>PREVENCION Y CORRECCION</b>
Espesor Deficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala terminación de sub-base.</li> <li>• Moldes inadecuados o mal colocados.</li> <li>• Cercha deformada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar y corregir al recibir canchas previo al hormigonado.</li> <li>• El problema no tiene solución cuando el pavimento está terminado.</li> </ul>
Resistencia Insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áridos de mala calidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control sistemático y corrección oportuna.</li> </ul>

\* Según el Instituto Chileno del Cemento y Hormigón.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación inadecuada</li> <li>• Exceso de agua de amasado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El problema no tiene corrección cuando el hormigón ha endurecido.</li> </ul>
Regularidad Superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moldes mal afianzados o desnivelados.</li> <li>• Procedimientos inadecuados; operaciones de terminación defectuosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación con regla en el hormigón fresco: rectificación con platacho</li> <li>• Verificación con regla o equipo High-Low en el hormigón recién endurecido: desbastar con disco abrasivo.</li> </ul>
Agrietamientos.· En el Hormigón Fresco.	Retracción Plástica: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación inadecuada.</li> <li>• Agua en exceso.</li> <li>• Viento, aire seco o temperatura ambiente elevada.</li> </ul>	Replatachar el hormigón fresco.
En el Hormigón Endurecido.	Retracción de Fraguado: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Curado tardío o inadecuado.</li> <li>• Viento, aire seco o temperatura ambiente elevada.</li> <li>• Exceso de agua.</li> <li>• Dosificación inadecuada.-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar procedimientos de curado.- Fisuras (&lt; 0,5mm):</li> <li>• Impregnación con lechada de cemento.- Grietas (&gt;0,5mm):</li> <li>• Impregnación o inyección de resinas antes de puesta en servicio</li> </ul>

	<p>Atraso de corte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atraso en la ejecución de las juntas cuando éstas se hacen por aserrado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificar procedimientos de confección de juntas.</li> <li>• Dejar las grietas sin tratar para que operen como juntas.</li> <li>• Reparar mediante inyección Epóxica</li> </ul>
--	--	--

## 2.5 METODOS DE CURADO

El curado consiste en propiciar y mantener un ambiente de apropiada temperatura y contenido de humedad en el hormigón recién colocado, de modo que éste desarrolle el potencial de las propiedades que se esperan de él. Un hormigón curado adecuadamente alcanzará su máxima resistencia y durabilidad, será más impermeable y tendrá menor riesgo de fisuración.

### 2.5.1 LA HUMEDAD

Garantizar un contenido mínimo de humedad en el hormigón durante el período de curado es fundamental en el desarrollo de su estructura. Algunas investigaciones han comprobado que, por ejemplo, la resistencia se ve seriamente comprometida cuando la humedad relativa del hormigón es inferior a 80%. Por ello, el curado debe prevenir durante las primeras edades la evaporación del agua superficial, manteniendo el hormigón en una condición saturada o cercana a ella.

Sin embargo, en ciertos casos mantener el contenido de humedad en el hormigón no es suficiente. Se ha comprobado que en hormigones de baja relación agua-cemento (menor

a 0.40) no sólo se debe evitar la evaporación de agua superficial, sino se requiere además proveer cantidades adicionales de agua de modo de asegurar la hidratación del cemento.

Es fundamental tener presente que el curado afectará especialmente la primera capa del elemento, probablemente los primeros centímetros de profundidad. Su importancia radica en que justamente esta parte del elemento es la expuesta a evaporación y cambios de humedad, fisuración por retracción plástica, acción de la intemperie, abrasión (desgaste), ataque de químicos y carbonatación, y a su vez esta misma zona es la que debe proveer de impermeabilidad al hormigón y protección a sus armaduras.

### **2.5.2 TEMPERATURA**

Aunque dentro del curado su papel es de menor incidencia que el contenido de humedad, mantener la temperatura del hormigón en valores cercanos a 20°C (en todo caso superiores a 10° C e inferiores a 30°C) permite que la tasa de desarrollo de resistencia permanezca en niveles normales. La temperatura del hormigón puede influir además en la pérdida de humedad superficial, dado que diferencias térmicas entre el elemento y el ambiente pueden aumentar la tasa de evaporación.

### **2.5.3 CARACTERISTICAS**

- Contenido suficiente de humedad, para evitar retracción por secado y permitir una adecuada hidratación del cemento.
- Temperatura favorable (cercana a 20°C), de modo que la hidratación del cemento se desarrolle a una tasa adecuada.
- Prontitud, dado que el curado del hormigón es fundamental en las primeras edades y debe comenzar en cuanto sea posible.

El curado debe ser eficiente y estar aplicado inmediatamente después del texturado, para reducir la posibilidad de fisuras de origen plástico, por lo que son recomendables las membranas químicas aptas para ser empleadas sobre la superficie todavía húmeda del hormigón.

Si la amplitud térmica es importante o el hormigonado corresponde a condiciones de tiempo frío, es imprescindible la utilización de mantas aislantes para reducir las variaciones térmicas del hormigón. Estas mantas, simultáneamente contribuyen a incrementar la madurez del hormigón, posibilitando una evolución rápida de la resistencia y la habilitación temprana.

El momento de retiro de las mantas debe programarse de forma tal de reducir los gradientes iniciales, por lo que se recomiendan las horas de máxima temperatura o de mayor asoleamiento de la superficie del pavimento, si se tratase de época invernal. En clima cálido, las membranas térmicas aislantes pueden ser contraproducentes.

#### **2.3.4 MEMBRANAS DE CURADO\***

Los compuestos de curado (compuestos líquidos formadores de membrana) deben ajustarse a los requisitos de las normas **ASTM C 309** y **ASTM C**, según corresponda. La **ASTM C 156** especifica un método para determinar la eficiencia de los compuestos de curado, papel a prueba de agua y láminas plásticas. Los compuestos de curado, aplicados correctamente, deben tener las siguientes propiedades:

1. Debe mantener la humedad relativa de la superficie del Hormigón por encima del 80 por ciento durante 7 días.
2. Debe ser uniforme y mantenerse fácilmente en una solución mezclada completamente.

---

\* Según Normas ASTM C 309 , ASTM C y La ASTM C 156

- 
3. No debe combarse, escurrirse ni acumularse en las estrías.
  1. No debe formar una película dura para soportar el tránsito temprano de construcción.

Los compuestos de curado pigmentados se recomiendan porque facilitan la verificación de la aplicación correcta. Para colocación del Hormigón en días soleados y en tiempo caluroso, el compuesto de curado debe contener un pigmento blanco para que refleje el calor solar.

**A continuación se detallan temas importantes relacionados con el curado correcto del Hormigón:**

1. Los tiempos de aplicación del curado son cruciales, especialmente durante tiempo caluroso. Es necesario aplicar el curado tan pronto como desaparezca el agua sobre la superficie del Hormigón luego de su terminación y texturizado. Puede que no se forme agua cuando usa ceniza volátil o escoria.
2. Cuando se emplean compuestos aplicados por pulverizado, la cantidad y uniformidad de la cobertura son factores cruciales.
  - a. Es necesario aplicar el curado por pulverizado mediante un equipo montado sobre una estructura autopropulsada que abarque todo el ancho de la faja pavimentada.
  - b. Se debe limitar el pulverizado manual sólo a las áreas pavimentadas manualmente.
  - c. Cuando se usan compuestos de curados con pigmentación blanca, su aplicación uniforme puede examinarse visualmente pero es necesario verificar la proporción a través de la medición del volumen usado para un área dada y su posterior comparación con los requisitos especificados o recomendados por el fabricante.

d. Es necesario aplicar el curado a las caras expuestas del Hormigón tras la colocación mediante moldes deslizantes o el retiro de los moldes.

e. Es necesario aplicar el curado a las superficies de las juntas inmediatamente después de aserrarlas y limpiarlas.

3. Si se ha de usar curado por vía húmeda, debe mantenerse mojada la totalidad de la superficie del concreto durante todo el período de curado (generalmente 7 días) o durante la aplicación del compuesto de curado.

## 2.5.5 FICHA TECNICA MEMBRANA DE CURADO SIKACURE 116\*

### **Sika®Cure 116**

Membrana de curado

#### **Definición General:**

**Sika® Cure 116** es un compuesto de curado para las obras en general y especialmente losas y pavimentos de hormigón, basado en resinas sintéticas polimerizadas disueltas en una mezcla de solventes alifáticos y aromáticos.

#### **Usos:**

- Carreteras y pavimentos urbanos.
- Puentes.
- Canales de riego.
- Obras de hormigón en general.

#### **Ventajas:**

Al ser pulverizado sobre el hormigón fresco **Sika® Cure 116** se adhiere a la superficie de éste, formando una película elástica, impermeable y resistente al agua de lluvia y aire, evitando la evaporación de agua de amasado y el secado prematuro del hormigón por efectos del sol y/o viento.

#### **Normas:**

**Sika® Cure 116** Cumple con las especificaciones contenidas en la norma AASTHO M-148-78 Clase B (ASTM C 309-74) y con la norma del Laboratorio nacional de Vialidad LNV 26 - 86.

---

\* Manual de Productos y Fichas técnicas de productos SIKA S.A. – Volumen 3

---

**DATOS BASICOS:****Color:**

Líquido Color Ámbar

**Almacenamiento:**

18 meses en sus envases originales bien cerrados, sin deterioro, con una temperatura entre 5°C y 30°C.

**DATOS TECNICOS:****Densidad:**

0,87 Kg. /dm<sup>3</sup>.

**APLICACION:****Consumo:**

El consumo depende de las condiciones ambientales, especialmente de la velocidad del viento y de la rugosidad de la superficie, teniendo un consumo básico de 180 gr/m<sup>2</sup>.

**Método de Aplicación:**

- Antes de emplear **SikaCure 116** se debe agitar bien el contenido de los envases.
- Se debe aplicar con equipos pulverizadores que cuenten con una presión de 60 libras a lo menos y boquillas de salida entre 2 a 3 mm. La boquilla debe pulverizar a una distancia mínima de 1 metro de la superficie donde se aplicará la película.

**Notas Sobre la Aplicación:**

- Reduce el peligro de fisuración por retracción debido a un secado prematuro.
- Protege el hormigón fresco, inmediatamente terminado su proceso de texturado, formando una película en un tiempo máximo de 10 minutos, permitiendo conservar

en el interior del hormigón la totalidad del agua necesaria para la hidratación del cemento.

- Permite aplicarse sobre el agua libre, producto de la exudación.
- Puede ser expuesto a aguas de lluvia después de 3 horas de aplicado y su efecto se mantiene durante 4 semanas como mínimo.

## **SEGURIDAD:**

### **Precauciones de Manipulación:**

Producto con solvente. Mantenga alejado de toda llama o fuente de chispa/ no fumar. Trabaje en lugares ventilados. Evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase utilizando guantes de goma natural o sintética, anteojos de seguridad y mascarillas con filtro para vapores orgánicos (como muestra la fotografía).



## 2.5.6 PROTECCION DEL PAVIMENTO CON MANTAS TERMICAS

En la protección de un pavimento a las altas temperaturas es recomendable por temas de seguridad y mejor curado, darle una protección con mantas térmicas como se muestra en las fotografías adjuntas.



Es esencial la colocación de estas mantas para evitar la evaporación acelerada del contenido de humedad existente en el Hormigón recién colocado, y evitar así un proceso de contracción plástica que provocaría agrietamientos superficiales en nuestro pavimento.



La contracción Plástica por evaporación acelerada del contenido de humedad en el hormigón puede producir agrietamientos con profundidades que van



desde los 25 mm. Hasta los 75 mm. Lo que provocaría una disminución de resistencia en su paquete estructural.

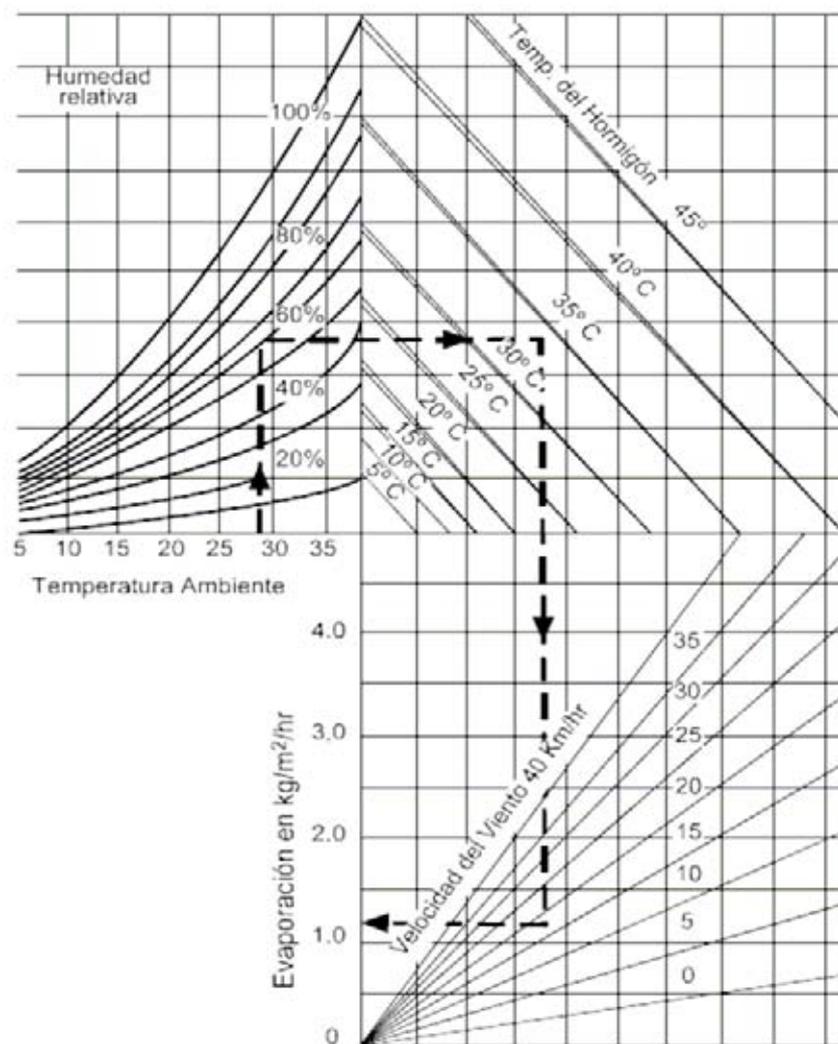


**Agrietamiento por contracción plástica**

### 2.5.7 METODO GRAFICO PARA EL CÁLCULO DE AGUA EVAPORADA\*

En el gráfico adjunto (Wenzel-PCA) se puede apreciar la influencia de la temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura del hormigón y velocidad del viento, en la evaporación del agua de amasado.

Una evaporación superior a  $1.0 \text{ kg/m}^2/\text{hr}$ . produce casi inevitablemente la fisuración por retracción hidráulica.



Observando el gráfico podemos ver que con una temperatura ambiente de  $29^\circ\text{C}$ , una humedad relativa de un 60%, una temperatura del hormigón de  $34^\circ\text{C}$  y  $17 \text{ km. /hr.}$  de velocidad del viento, se tiene una evaporación de  $1.2 \text{ kg}$  de agua por  $\text{m}^2/\text{hr}$ .

\* Según Norma Chilena NCh 170 Of. 85

---

## **CAPITULO III**

### **PROGRAMACION DE ACTIVIDADES**

#### **3.1 LOGISTICA**

Un proyecto de construcción exitoso requiere que toda la logística esté planificada y que se preste atención hasta al más mínimo detalle. Los puntos clave a tomar en cuenta incluyen:

1. Asegurar el estado de preparación de todas las operaciones, incluido el control de tránsito
2. Montaje de la planta del Hormigón y flujo de tránsito
3. Capacidad de la planta del Hormigón y velocidad de producción
4. Disponibilidad y factibilidad de uso de las calles de acarreo
5. Requisitos de seguridad y de acceso a obra
6. Disponibilidad del personal
7. Disponibilidad de equipos y materiales
8. Manejo del tránsito de construcción y de las calzadas
9. Necesidades de colocación del Hormigón (velocidad de colocación)
10. Estructuras embutidas en el pavimento

11. Adquisición de componentes eléctricos embutidos en el pavimento (afecta la construcción para habilitación temprana)
12. Requisitos de inspección y ensayos
13. Estado de preparación de subcontratistas (disponibilidad de personal y equipos)
14. Definición de las fases del proyecto, si corresponde
15. Laboratorio de ensayos en obra
16. Otras necesidades relacionadas específicamente con la pavimentación para habilitación temprana.

### 3.2 POSIBLES CAMBIOS DE ACTIVIDADES

Los posibles cambios en las actividades del proyecto que tienen como fin reducir el tiempo de construcción del pavimento se enumeran en la tabla 3,1. La construcción para habilitación temprana puede suponer el empleo de Hormigón de alta resistencia temprana.

**TABLA N° 3,1**

COMPONENTES DE PROYECTO	POSIBLES CAMBIOS
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar una gestión de proyecto basada en la colaboración.</li> <li>• Considerar la construcción nocturna o programar cierres ampliados.</li> <li>• Permitir al contratista el uso de</li> </ul>

	<p>equipos o procedimientos novedosos para acelerar la construcción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificar más de una mezcla de Hormigón para el desarrollo de resistencia variada.</li> <li>• Brindar opciones a los contratistas, en lugar de procedimientos detallados paso por paso.</li> <li>• Investigar el uso de incentivos y falta de incentivos para el plazo de finalización.</li> </ul>
Materiales del Hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el uso de diferentes aditivos y materiales cementicios.</li> <li>• Usar granulometría controlada de agregados.</li> <li>• Mantener la relación agua-material cementicio por debajo de 0,40.</li> </ul>
Construcción de juntas y sellado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerar el uso de aserrado en Hormigón fresco con sierras ultralivianas.</li> <li>• Utilizar hojas de aserrado en seco.</li> <li>• Usar hojas para cortes escalonados para aserrado de juntas en una sola pasada.</li> <li>• Utilizar un sellador compatible con alta humedad y que no sea sensible al</li> </ul>

	estado de limpieza del reservorio.
Temperatura y curado del Hormigón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificar curado con manta para facilitar la ganancia en resistencia cuando las temperaturas ambiente sean algo bajas.</li> <li>• Realizar un seguimiento de la temperatura del Hormigón y entender la relación de la temperatura ambiente, de la sub-rasante y la mezcla sobre la ganancia en resistencia.</li> <li>• Elevar la temperatura del Hormigón antes de la colocación.</li> </ul>
Ensayos de resistencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplear métodos no destructivos para complementar las vigas y probetas cilíndricas para los ensayos de resistencia.</li> <li>• Utilizar ensayos de maduración del Hormigón o pulso velocidad para predecir la resistencia.</li> </ul>
Criterios para la apertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitir el uso de criterios referentes a la resistencia del Hormigón sin restricciones en cuanto a la edad del Hormigón.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Canalizar las cargas iniciales de tráfico lejos de los bordes de la losa.</li></ul>
--	---

### 3.3 REDUCCION DE TIEMPOS CONSTRUCTIVOS

#### 3.3.1 EN LA PRODUCCION:

El mezclado del hormigón tiene como objeto producir una mezcla razonable-mente homogénea por lo cual el tiempo mínimo de mezclado será el necesario para alcanzar la uniformidad del hormigón. **El tiempo de mezclado necesario para alcanzar la uniformidad de un determinado hormigón se debería determinar aplicando el criterio de uniformidad establecido**, ya que depende del tipo y capacidad de la hormigonera, del rango de consistencia del hormigón y del tipo y tamaño máximo del agregado grueso.

Se han prescrito valores mínimos de tiempo de mezclado para hormigoneras de eje basculante y eje horizontal, que son los equipos de uso más habitual, sobre la base de considerar un correcto funcionamiento de la hormigonera, para aquellos casos en los que no es posible llevar a cabo su determinación certera.

**El tiempo máximo de mezclado no debe exceder de tres veces el mínimo determinado para cada equipo**, ya que su prolongación no genera beneficios adicionales de homogeneidad y puede provocar desgaste del agregado grueso, incremento de la pérdida de agua por evaporación, elevación de la temperatura de la masa fresca y pérdida del contenido de aire intencionalmente incorporado; fenómenos todos ellos que determinan un incremento de la consistencia, lo que se traduce en una mayor demanda de agua para la mezcla.

### **3.3.2 EN EL TRANSPORTE Y EN LA OBRA:**

La consistencia del hormigón aumenta con el tiempo transcurrido desde su mezclado inicial. Dicha pérdida depende de los materiales utilizados, de la temperatura del hormigón y del tiempo de transporte. Puede ser importante y llegar a afectar la colocación del hormigón.

No se debe confundir el aumento de consistencia con el comienzo del fraguado del hormigón. En general, el tiempo de fraguado inicial es mayor que la suma de los tiempos requeridos para el transporte, colocación y compactación del hormigón.

***Para que la velocidad del tambor del equipo motohormigonero pueda ser considerada como de mezclado deberá estar comprendida entre 14 y 18 rev/min y la velocidad del tambor para el caso de agitación del hormigón deberá estar entre 2 y 6 rev/min.***

Es habitual limitar a un máximo de 300 rev/min a las revoluciones del tambor del camión motohormigonero antes de su descarga. De este modo se minimizan en forma práctica los inconvenientes por la trituración de agregados blandos, el aumento de consistencia del hormigón, la abrasión del tambor y los efectos negativos del tiempo caluroso. Si estos aspectos son evaluados convenientemente y los resultados obtenidos no son perjudiciales para el hormigón, especialmente en lo concerniente a la pérdida de asentamiento sin agregado adicional de agua, se puede extender el límite de descarga con revoluciones del tambor a velocidad de agitación.

### **3.3.3 EN LA MANIPULACION EN OBRA:**

Los equipos y medios de transporte del hormigón deben ser capaces de entregar, en el punto de descarga, en forma continua y confiable, un hormigón de constitución homogénea.

Es posible transportar en forma eficaz, mediante cintas, hormigones de los rangos de consistencias seca, plástica y muy plástica, si se adopta convenientemente la inclinación, la velocidad de transporte y el perfil transversal de la cinta.

Se debe tener en cuenta que las partículas de agregado de diferente tamaño llegan a los puntos de transferencia con impulso también diferente. Si esa magnitud es significativa provocará la segregación del hormigón en el momento de su transferencia a la tolva de descarga.

### **3.3.4 EN LA COLOCACION:**

La manipulación excesiva del hormigón puede derivar en la segregación del mismo, por lo cual se ha reglamentado el criterio de minimizar los desplazamientos transversales de la masa fresca.

Las detenciones y demoras en la colocación del hormigón menores de 30 minutos no requieren de cuidados al reinicio del proceso de moldeo. Dicho límite temporal es de valor práctico para facilitar las decisiones en la obra.

Cuando se excede ese límite se puede perder la continuidad necesaria en el hormigón fresco. Esta situación se puede superar si el hormigón contiene en su dosificación un aditivo retardador de fraguado y se continúa la colocación de modo que el hormigonado no se detenga totalmente, aunque se efectúe a ritmo muy lento, hasta que se restablezca el suministro normal.

### **3.3.5 EN LA COMPACTACION:**

Dado que el proceso de compactación del hormigón fresco tiene como objeto eliminar las burbujas de aire atrapado, en los casos de hormigones con aire intencionalmente incorporado se debe verificar que el método de compactación adoptado no provoque una disminución indeseable por debajo de la discrepancia admitida para ese contenido de aire intencional.

La magnitud de la energía necesaria para compactar un determinado hormigón es función de su comportamiento reológico. A los fines prácticos se la correlaciona con la consistencia de la mezcla fresca, que a su vez está directamente vinculada con las características de la estructura a moldear. Por lo tanto se deben elegir los medios de compactación apropiados en función de la consistencia del hormigón y no viceversa.

### 3.4 PROGRAMACION DE TRANSITO VEHICULAR

Las opciones de programar el transito vehicular mientras se realizan las obras de reparación de los pavimentos rígidos son variados, en su función unos mas óptimos y eficientes que otros, pero siempre factibles a la hora de elegir que método se utilizara. Además existen diferentes variables que se deben tener en consideración a la hora de que método utilizaremos, como el flujo vehicular y sus horarios puntas, además de las condiciones climáticas y otros factores.

#### 3.4.1 ESCENARIOS EN LA ADMINITRACION DEL TRÁFICO\*

##### 3.4.1.1 Líneas de Atochamiento.

Consiste expresamente en limitar una determinada área de trabajo sin afectar en un 100% el tráfico vehicular por una de las vías, provocando líneas de atochamiento de automóviles (Figura N°3,1), si bien es cierto, es factible para horario con nivel de trafico alto no es recomendable ya que puede producir descoordinaciones y complicaciones ya que esta propenso a producir embotellamientos.

Esta técnica solo es aplicable para lugares donde exista vías suficientemente amplias como para dar paso a las líneas de atochamiento, además de dobles calzadas como se muestra en la figura, otro factor de importancia para el uso de esta modalidad es el trafico de vehículos de nivel medio o peak medio de flujo vehicular.



Figura N° 3,1

\* Según Experiencias Practicas Investigadas gracias a oficina Técnica RVA Ingeniería

### 3.4.1.2 Líneas de Cierre

Consiste radicalmente en el cierre de unas de las vías de flujo de la calzada para su reparación, limitando así el área de trabajo y el flujo vehicular, afectando de forma parcial el flujo existente, siempre y cuando exista una adecuada planificación y control de las actividades constructivas y del tráfico (Figura N°3,2), si bien es cierto, es factible para horario con nivel de tráfico medio se debe total control sobre este en cuanto a horarios peak y flujos, además se recalcar que esta modalidad resulta un poco mas lenta respecto a la anterior pero a su vez mas segura si existe el control adecuado de parte la empresa contratista.

Esta técnica solo es aplicable para lugares donde este previsto de dobles calzadas como se muestra en la figura, otro factor de importancia para el uso de esta modalidad es el tráfico de vehículos de nivel medio o peak medio de flujo vehicular.

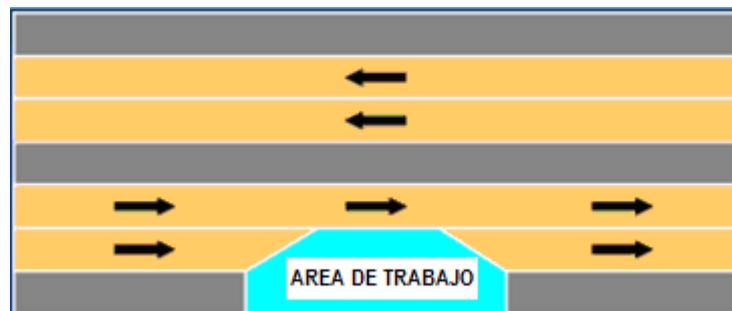


Figura N°3,2

### 3.4.1.3 Filas Compartidas

Cierre parcial de ambos lados del área de trabajo, para calzadas simples con dirección de sentido vehicular opuesto en cada una de sus vías de circulación, se recomienda para flujos no tan intensos y con debido control y programación de cierres, consiste básicamente en alternar el paso por la vía única habilitada de lo vehículos que viajan en ambos sentidos, dando un tiempo estimado de paso a cada lado.

Debe haber una plena comunicación entre ambos extremos de los cierres que puede ser vía radio, para coordinar el paso de cada flujo a su vez.

El área de trabajo debe estar previa y plenamente señalada e indicada, para que los automovilistas no se lleven sorpresas a la hora de encontrarse con la obstaculización.



Figura N° 3,3

#### 3.4.1.4 By-Pass Temporal

Recomendado para calzadas con vías de circulación opuesta, en donde el tráfico vehicular es alto en todo horario, el cierre provisorio de una de las vías provocaría grandes atochamientos y embotellamientos por lo que se opta por la habilitación de un By-Pass (Figura N°3,4), para la circulación constante de los vehículos a menores velocidades ya que el área habitada no cuenta con las propiedades físicas ni mecánicas para el tráfico a altas velocidades, además que el área de trabajo se encuentra justo en sentido directo del tráfico por lo que sería riesgoso para trabajadores y para la correcta ejecución de las actividades habilitar el tráfico con una alta velocidad.

El área de trabajo debe estar previa y plenamente señalada e indicada, para que los automovilistas no se lleven sorpresas a la hora de encontrarse con el By-Pass.



Figura N° 3,4

### 3.4.1.5 Cierros Intermitentes

Recomendado para calzadas con vías de circulación opuesta, en donde el tráfico vehicular es de nivel medio en todo horario, y el área de trabajo afecta de igual forma a ambas vías vehiculares, se opta por la hacer cierres intermitentes (Figura N°3,5) que están constantemente monitoreados y supervisados a fondo para obtener el máximo provecho y entregando la mas mínima molestia para los automovilistas, se debe tener control único en la circulación constante de los vehículos a menores velocidades ya que el área habitada no cuenta con las mejores condiciones de seguridad y de transporte para hacerlo, además que el área de trabajo se encuentra justo en sentido directo del tráfico por lo que seria riesgoso para trabajadores y para la correcta ejecución de la actividades habilitar el tráfico con una alta velocidad.

El área de trabajo debe estar previa y plenamente señalada e indicada, para que los automovilistas no se lleven sorpresas a la hora de encontrarse con el área de trabajo.

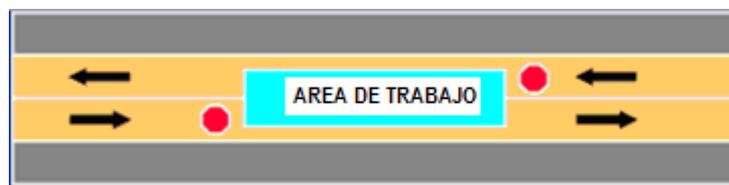


Figura N° 3,5

### **3.5 TIEMPOS DE ESPERA PARA LA COMPLETA HABILITACION AL TRANSITO**

#### **3.5.1 CRITERIO DE HABILITACION**

La liberación al tránsito debe adoptarse en función de la resistencia del hormigón y no arbitrariamente en función del tiempo transcurrido desde el momento de la construcción del pavimento.

El criterio de habilitación al tránsito puede variar entre la resistencia a la compresión de 20 MPa a 23 MPa, medida sobre probetas moldeadas a pie de obra. Los registros de temperatura y el cálculo de la madurez del pavimento permiten asegurar que la resistencia efectiva del mismo, en el momento de la habilitación.

De acuerdo con información actualizada que se reproduce en la Tabla 3,6, sería suficiente una resistencia a la compresión de más de 13 MPa para obtener la adherencia necesaria para la habilitación (1,4 MPa).

Si bien estos valores corresponden a un caso particular, es posible emplearlos para establecer una evolución típica para la resistencia a la compresión, el módulo resistente a la flexión y las tensiones de adherencia. Adoptando el valor correspondiente a los 28 días como valor de referencia, para cada una de las solicitaciones, se muestra en la Fig. 3,7 las correspondientes evoluciones relativas.

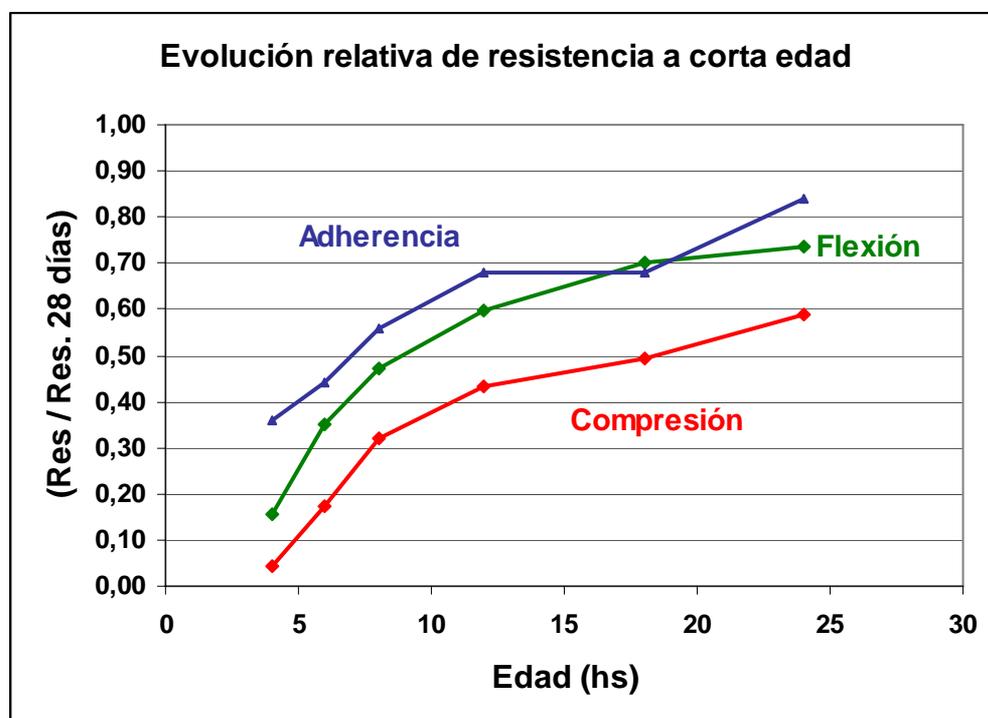
#### **3.5.2 EVOLUCION RELATIVA DE RESISTENCIA A CORTA EDAD**

Del análisis del mismo se deduce que, adoptando el criterio de la resistencia a la flexión o incluso la adherencia, sería posible efectuar una habilitación más temprana aún que si se adopta la referencia de la resistencia a la compresión. Esto permitiría resolver situaciones aún más críticas con idéntica tecnología.

Tabla 3,6: Datos de resistencias para recubrimientos adheridos de habilitación rápida.

Edad	Resistencia a la compresión (MPa)	Módulo de rotura por flexión (carga centrada) (MPa)	Adherencia (MPa)
4 hs	1.7	0.9	0.9
6 hs	7.0	2.0	1.1
8 hs	13.0	2.7	1.4
12 hs	17.6	3.4	1.6
18 hs	20.1	4.0	1.7
24 hs	23.9	4.2	2.1
7 días	34.2	5.0	2.1
14 días	36.5	5.7	2.3
28 días	40.7	5.7	2.5

Fig. 3,7: Evolución relativa de la adherencia, en relación con las resistencias de flexión y compresión.



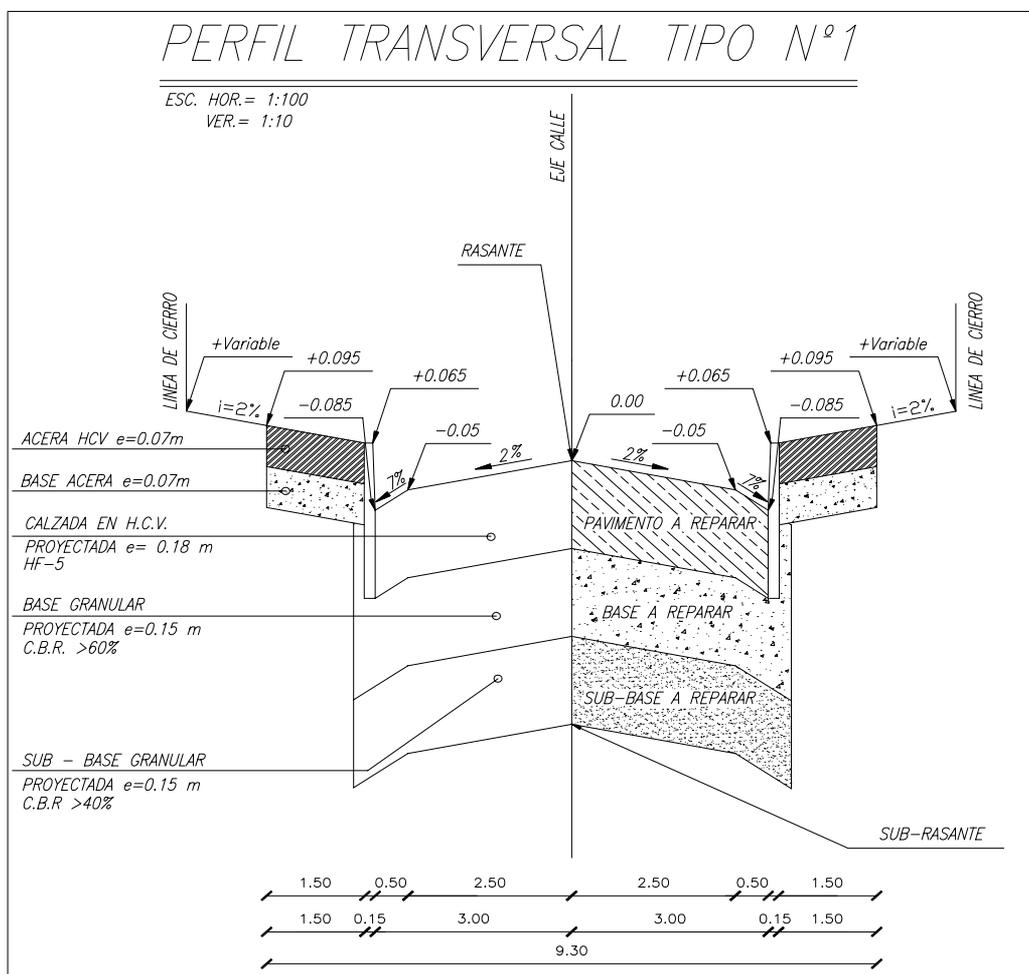
## CAPITULO IV

### EXPERIENCIA TEORICO PRÁCTICA DE LA TECNICA “FAST TRACK”

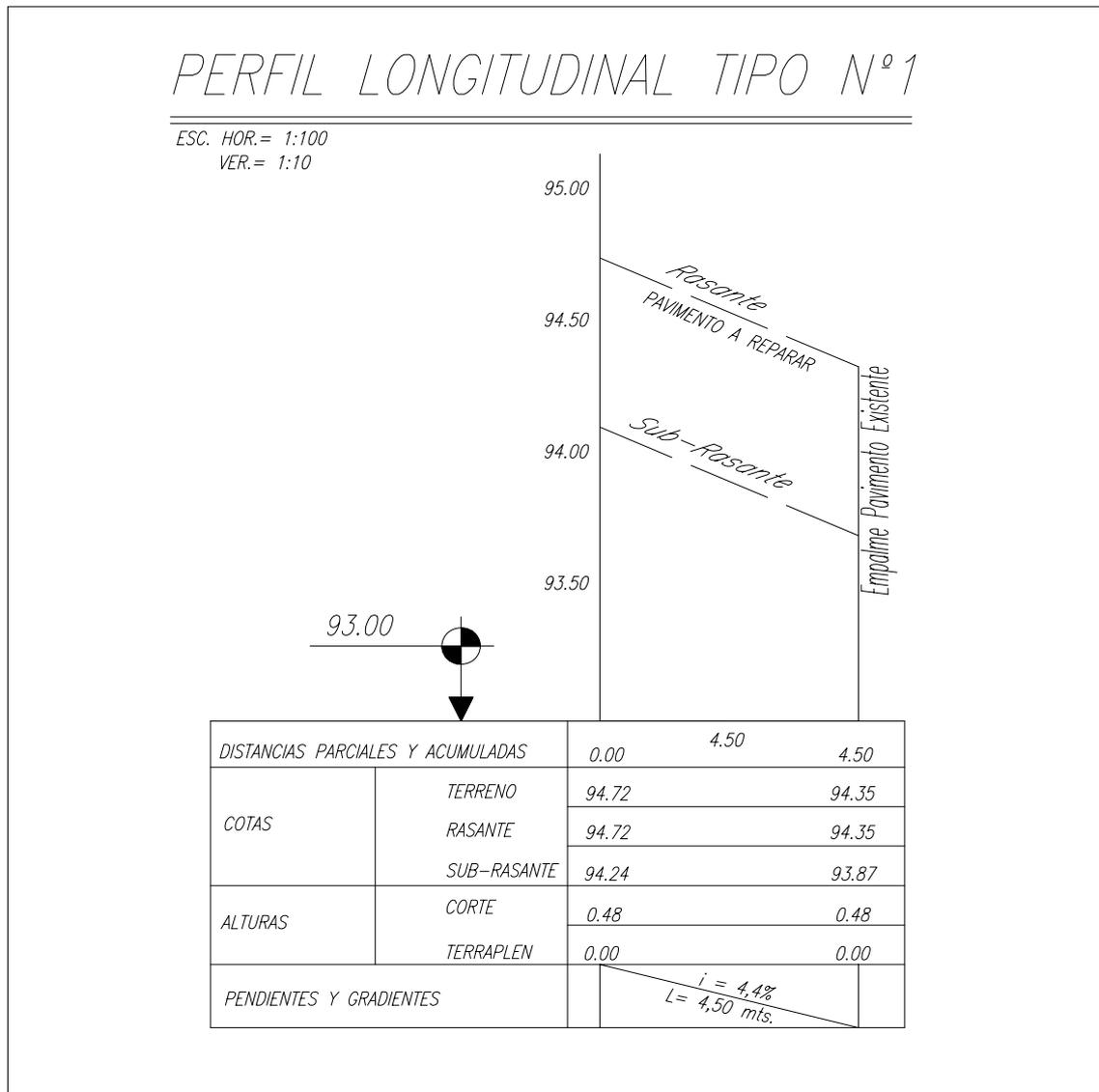
A continuación se realizara de forma teórico práctica un análisis comparativo de reparación de pavimento con la técnica Fast-Track y los metidos tradicionales de reparación de pavimento modo de analizar más comparativamente sus ventajas y desventajas.

El Pavimento a reparar será una losa de 3 metros de ancho por 18 cm. de espesor en donde se involucran tanto así las sub-base y base respectivamente (como se muestra en los perfiles esquemáticos a continuación detallados), el largo de la reparación será de 4, 5 metros lineales.

#### 4.1 PERFIL TRANSVERSAL DE LA REPARACION



### 4.2 PERFIL LONGITUDINAL DE LA REPARACION



### 4.3 ANALISIS DE LA REPARACION

Como los pasos de reparación, colocación, y compactación de la sub-rasante, sub-base y base se describen en el CAPITULO II, asimismo como se explican las técnicas de programación, logística y escenarios del trafico vehicular en el CAPITULO III, este presente capitulo se realizara un análisis comparativo de la realización de una mezcla de hormigón para la técnica fast-track, en comparación de la mezcla tradicionalmente utilizada hoy en día para la reparación de pavimento.

Este proceso se hará teniendo como referencia constructiva la reparación de los perfiles que se muestran anteriormente y será para ambos procesos igual, la cual constara con:

- Largo del pavimento: 4,5 ml.
- Ancho del pavimento: 3,0 ml.
- Espesor del paño: 0,18 mts.
- Volumen total: 2,43 m3 aprox.

#### 4.4 CONSIDERACIONES PARA LAS MEZCLAS

Mezcla N° 1: Hormigón Fast-track.

TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR	CEMENTO PORTLAND A.R.I.
CONTENIDO MINIMO DE CEMENTO	430 Kg./m3
RAZON DE A/C	0,40
ASENTAMIENTO DEL CONO	<4,5
CONTENIDO DE AIRE	4,60%
MODULO DE FINURA ARENAS	2,53
TAMAÑO MAX. NOMINAL GRAVAS	25 mm.
% DE ADITIVO PLASTIFICANTE	1,5% del peso del Cemento
TEMPERATURA MINIMA	10°C
RESISTENCIA A LAS 24 HORAS	
FLEXOTRACCION	26 Kgf/cm2
COMPRESION	230 Kgf/cm2
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS	
FLEXOTRACCION	55 kgf/cm2
COMPRESION	520 kgf/cm2

NOTA: El cemento a utilizar será del Tipo A.R.I. (de alta resistencia inicial).

Las consideraciones anteriormente especificadas corresponden a una aproximación de la mezcla que se ha realizado en varios países de América latina a modo de práctica, obteniendo las resistencias a las 24 y a los 28 días que en la tabla se señalan, si bien es cierto estas mezclas deben prepararse fundamentalmente en laboratorios por las

consideraciones de humedad y temperatura, acá se busca de hacer una aproximación de estas dosificación con el objetivo de hacer diferencias referenciales del hormigón hidráulico tradicional utilizado.

Mezcla N°2: Hormigón Hidráulico Tradicional.

TIPO DE CEMENTO A UTILIZAR	CEMENTO PORTLAND PUZOLANICO
CONTENIDO MINIMO DE CEMENTO	340 Kg./m <sup>3</sup>
RAZON DE A/C	0,47
ASENTAMIENTO DEL CONO	<5
CONTENIDO DE AIRE	4,60%
MODULO DE FINURA ARENAS	2,53
TAMAÑO MAX. NOMINAL GRAVAS	25 mm.
% DE ADITIVO PLASTIFICANTE	0,0% del peso del Cemento
TEMPERATURA MINIMA	10°C
RESISTENCIA A LAS 24 HORAS	
FLEXOTRACCION	16 kgf/cm <sup>2</sup>
COMPRESION	150 kgf/cm <sup>2</sup>
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS	
FLEXOTRACCION	40 kgf/cm <sup>2</sup>
COMPRESION	360 kgf/cm <sup>2</sup>

NOTA: El cemento a utilizar será del Tipo Portland Puzolánico.

Las consideraciones anteriormente especificadas corresponden a una aproximación de la mezcla que se ha realizado hasta hoy en día en las reparaciones de pavimento en nuestro país, obteniendo las resistencias a las 24 y a los 28 días que en la tabla se señalan, si bien es cierto estas mezclas deben prepararse fundamentalmente en laboratorios por las consideraciones de humedad y temperatura, acá se busca de hacer una aproximación de estas dosificación con el objetivo de hacer diferencias referenciales del Hormigón Fast-track en las mismas condiciones.

## 4.5 DISEÑO DE LAS MEZCLAS\*

Mezcla N° 1: Hormigón Fast-track.

CEMENTO PORTLAND A.R.I (ALTA RESISTENCIA INICIAL).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

### DISEÑO DE DOSIFICACION METODO GRANULO METRICO NCh 170

Hormigón Grado	-	H50
Resistencia a 28 días	Kgf/cm <sup>2</sup>	520
Nivel de confianza	%	80%
Desviación estándar	Kgf/cm <sup>2</sup>	47,6
Factor estadístico T	-	0,842
T. Máx. árido	mm	25
Asentamiento de Cono	cm.	04 - 05
Aire atrapado	Lts.	15
Aditivo	Kg	6,5
D. Real Grava seca	Kg/dm <sup>3</sup>	2,633
D. Real gravilla seca	Kg/dm <sup>3</sup>	1,000
D. Real arena seca	Kg/dm <sup>3</sup>	2,551
D. Aparente Grava	Kg/dm <sup>3</sup>	1,67
D. Aparente gravilla	Kg/dm <sup>3</sup>	1,52
D. Aparente arena	Kg/dm <sup>3</sup>	1,57
% Grava	%	33,00%
% Gravilla	%	0,00%
% Arena	%	67,00%
% Humedad grava	%	0,00%
% Humedad gravilla	%	0,00%
% Humedad arena	%	0,00%
% Absorción grava	%	2,30%
% Absorción gravilla	%	2,10%
% Absorción arena	%	2,70%
fr	Kgf/cm <sup>2</sup>	560,08
Razón A/C	-	0,40
Dosis de agua según fr	Lts.	171
Corrección de la dosis de agua	Lts.	44,8
Dosis de agua corregida	Lts.	215,8
Cemento	Kg	431,7
V. Árido	Lts.	677,0
Peso áridos	Kg.	1744,9
Peso Grava	Kg.	575,8
Peso gravilla	Kg.	0,0
Peso arena	Kg.	1169,1
Volumen Grava	Lts.	344,8
Volumen gravilla	Lts.	0,0
Volumen arena	Lts.	744,6

Mezcla N° 2: Hormigón Hidráulico Tradicional.

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO (ALTA RESISTENCIA).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

**DIÑO DE DOSIFICACION**  
METODO GRANULOMETRICO NCh 170

Hormigón Grado	-	H35
Resistencia a 28 días	Kgf/cm <sup>2</sup>	360
Nivel de confianza	%	80%
Desviación estándar	Kgf/cm <sup>2</sup>	47,6
Factor estadístico T	-	0,842
T. Máx. árido	mm	25
Asentamiento de Cono	cm	04 - 05
Aire atrapado	Lts.	15
Aditivo	-	0
D. Real Grava seca	Kg/dm <sup>3</sup>	2,633
D. Real gravilla seca	Kg/dm <sup>3</sup>	1,000
D. Real arena seca	Kg/dm <sup>3</sup>	2,551
D. Aparente Grava	Kg/dm <sup>3</sup>	1,67
D. Aparente gravilla	Kg/dm <sup>3</sup>	1,52
D. Aparente arena	Kg/dm <sup>3</sup>	1,57
% Grava	%	33,00%
% Gravilla	%	0,00%
% Arena	%	67,00%
% Humedad grava	%	0,00%
% Humedad gravilla	%	0,00%
% Humedad arena	%	0,00%
% Absorción grava	%	2,30%
% Absorción gravilla	%	2,10%
% Absorción arena	%	2,70%
fr	Kgf/cm <sup>2</sup>	400,08
Razón A/C	-	0,47
Dosis de agua según fr	Lts.	160
Corrección de la dosis de agua	Lts.	47,4
Dosis de agua corregida	Lts.	207,4
Cemento	Kg	343,9
V. Árido	Lts.	715,8
Peso áridos	Kg.	1845,0
Peso Grava	Kg.	608,9
Peso gravilla	Kg.	0,0
Peso arena	Kg.	1236,2
Volumen Grava	Lts.	364,6
Volumen gravilla	Lts.	0,0
Volumen arena	Lts.	787,4

#### 4.6 RESUMEN DOSIFICACIONES

Mezcla N°1: Hormigón Fast-track.

CEMENTO PORTLAND A.R.I (ALTA RESISTENCIA INICIAL).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

##### DIÑO DE DOSIFICACION

METODO GRANULOMETRICO NCh 170

Cantidad de Hormigón a fabricar	2025	Lts.
---------------------------------	------	------

HORMIGON GRADO		H50	H50
ASENTAMIENTO DEL CONO	cm	04. - 05	04. - 05
CEMENTO	Kg	431,68	874,15
	sacos	10,16	20,57
AGUA	Lts.	215,81	437,01
GRAVA	Kg	575,80	1166,00
	Lts.	344,79	698,20
GRAVILLA	Kg	0,00	0,00
	Lts.	0,00	0,00
ARENA	Kg	1169,05	2367,33
	Lts.	744,62	1507,86
RENDIMIENTO APROX	Lts.	1000	2025

Mezcla N° 2: Hormigón Hidráulico Tradicional.

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO (ALTA RESITENCIA).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

##### DIÑO DE DOSIFICACION

METODO GRANULOMETRICO NCh 170

Cantidad de Hormigón a fabricar	2025	Lts.
---------------------------------	------	------

HORMIGON GRADO		H35	H35
ASENTAMIENTO DEL CONO	cm	04. - 05	04. - 05
CEMENTO	Kg	343,90	696,40
	sacos	8,00	16,00
AGUA	Lts.	207,38	419,95
GRAVA	Kg	608,86	1232,94
	Lts.	364,59	738,29
GRAVILLA	Kg	0,00	0,00
	Lts.	0,00	0,00
ARENA	Kg	1236,17	2503,25
	Lts.	787,37	1594,43
RENDIMIENTO APROX	Lts.	1000	2025

## 4.7 GRANULOMETRIA

Mezcla N°1 Y N° 2

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

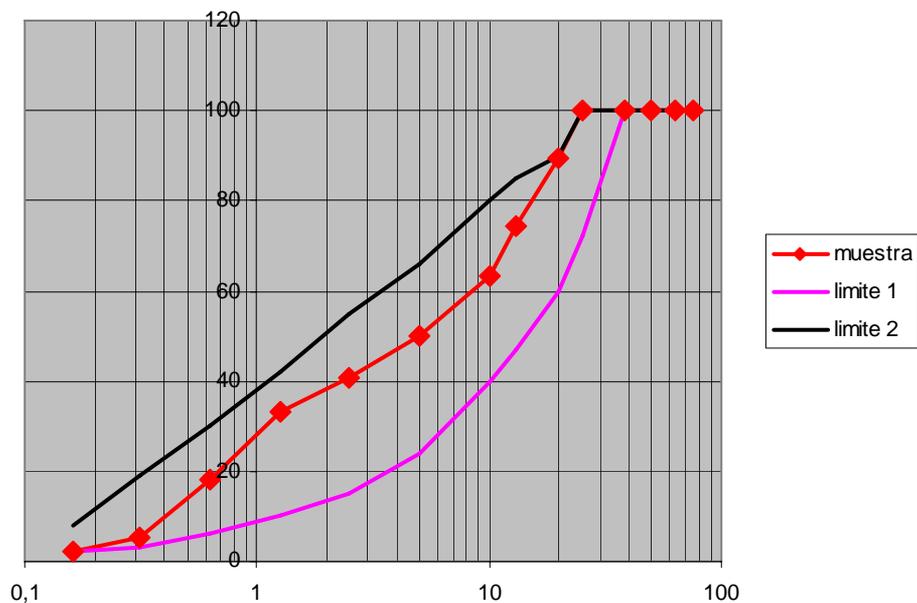
### GRANULOMETRIA

SERIE PREFERIDA TAMICES		% que pasa		Grava 40%	Arena 60%	Granul. muestra	Especificación limite	
		Grava	Arena				inferior	superior
1 1/2"	40	100	100	40	60	100	100	100
3/4"	20	74	100	29,6	60	89,6	60	90
3/8"	10	8	100	3,2	60	63,2	40	80
N°4	5	2	82	0,8	49,2	50	24	66
N°8	2,5	0	68	0	40,8	40,8	15	55
N°16	1,25	0	55	0	33	33	10	42
N°30	0,63	0	30	0	18	18	6	30
N°50	0,315	0	9	0	5,4	5,4	3	19
N°100	0,16	0	4	0	2,4	2,4	2	8

Linea de Proporción	
% Grava	35
% Arena	65

### BANDAS GRANULOMETRICAS PARA ARIDO COMBINADO

SEGÚN PROPORCION DE LAS ARENAS Y GRAVAS ESPECIFICADAS EN TABLA 2 Y 3 DE LA NCH 163 OF 79.



LIMITE 1: CURVA LIMITE A, PARA ZONA 2 **PREFERIDA**. (SEGÚN NCh 163 of 79).

LIMITE 2: CURVA LIMITE C, PARA ZONA 3 **ACEPTABLE**. (SEGÚN NCh 163 of 79).

#### 4.8 DESGLOSE COSTOS UNITARIOS\*

Mezcla N°1: Hormigón Fast-track.

CEMENTO PORTLAND A.R.I (ALTA RESISTENCIA INICIAL).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

PAVIMENTO DE HORMIGON FAST-TRACK				
ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<i>Hormigón H-50</i>				
Grava + (flete)	m3	0,57	4600	2622
Arena Gruesa + (flete)	m3	0,75	6500	4875
Cemento A.R.I	saco	11	4800	52800
Agua de amasado	lts	215	10	2150
Aditivo plastificante	kg	6,5	920	5980
Betonera	UNIDAD	0,1	12000	1200
Perdidas	%	10	28830	2883
SUB-TOTAL				72510
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Concretero	D/S	0,2	9500	1900
1 Cargador	D/S	0,15	7500	1125
1 Carretillero	D/S	0,15	7500	1125
1 M2 + 1 ayudante	D/S	0,02	19000	380
<b>LEYES SOCIALES</b>	%	29	4530	1314
SUB-TOTAL				2819
TOTAL				75329

Mezcla N° 2: Hormigón Hidráulico Tradicional.

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO (ALTA RESITENCIA).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

PAVIMENTO DE HORMIGON TRADICIONAL				
ESPECIFICACIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<i>Hormigón H-35</i>				
Grava + (flete)	m3	0,61	4600	2806
Arena Gruesa + (flete)	m3	0,78	6500	5070
Cemento Puzolánico	saco	8	4200	33600
Agua de amasado	lts	207	10	2070
Betonera	UNIDAD	0,1	12000	1200
Perdidas	%	10	27310	2731
SUB-TOTAL				47477
<b>MANO DE OBRA</b>				
1 Concretero	D/S	0,2	9500	1900
1 Cargador	D/S	0,15	7500	1125
1 Carretillero	D/S	0,15	7500	1125
1 M2 + 1 ayudante	D/S	0,02	19000	380
<b>LEYES SOCIALES</b>	%	29	4530	1314
SUB-TOTAL				2819
TOTAL				50296

\* Valores Referenciales para la zona sur de la X Región.

#### 4.9 COSTOS DIRECTOS Y FINALES DE LAS REPARACIONES\*

**PRESUPUESTO DIRECTO ESTIMATIVO**  
**REPARACION DE PAVIMENTO UTILIZANDO TECNICA FAST TRACK**  
**TIEMPO DE HABILITACION 24 HORAS**  
**REPARACION CON SUB-RAZANTE, SUB.BASE Y BASE.**

<b>Nº</b>	<b>PARTIDAS</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES</b>				
1,1	DEMOLICION PAVIMENTO MAL ESTADO	M2	20,25	39500	799875
1,2	LIMPIEZA DE LA ZONA	GL	1		0
1,3	EXCAVACION CON CORTE TCN	M3	8,78	750	6585
1,4	CORTE TERRAPLEN	M3	0	450	0
1,5	PREPARACION DE SUBRASANTE	M2	14	450	6300
1,6	SUB BASE ESTABILIZADA, C.B.R >40%	M2	14	4500	63000
1,7	BASE ESTABILIZADA, C.B.R >60%	M2	14	4500	63000
<b>2</b>	<b>PAVIMENTOS</b>				
2,1	PAVIMENTO DE CALZADA HF-5. e=0.18 mts	M3	2,03	75329	152918
2,2	PAVIMENTOS DE ZARPA HF-5. e= 0.18 mts.	M3	0,41	75329	30885
2,3	PAVIMENTOS DE VEREDA H-25. e= 0.07mts	M3	0,47	38350	18025
<b>3</b>	<b>PROTECCION DE PLATAFORMA</b>				
3,1	SUMINISTRO DE SOLERAS TIPO "A"	ML	4,5	7000	31500
3,2	COLOCACION DE SOLERAS TIPO "A"	ML	4,5	2000	9000
3,3	SUMISTRO DE SOLERAS ESPECIALES	ML	0	7000	0
3,4	COLOCACION DE SOLERAS ESPECIALES	ML	0	2000	0
<b>4</b>	<b>OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS</b>				
4,1	CURADO DEL PAVIMENTO	M2	20,25	4550	92138
4,2	SEÑALETICA	GL	1	190000	190000
4,3	CIERROS PROVISORIOS	GL	1	250000	250000
4,4	ACTIVIDADES DE PROGRAMACION	GL	1	600000	600000
	<b>TOTAL NETO</b>				<b>2313225</b>
	<b>19% IVA</b>				<b>439513</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>2752737</b>

Nota: debido al sistema de programación estricto y con un seguimiento de obra detallada, por ende necesitara de un profesional exclusivo para el diseño de estas actividades a este presupuesto se le ha agregado el ítem de actividades de programación lo que hará, además del valor del hormigón una diferencia en el presupuesto final.

El valor del hormigón y el de la programación detallada será en función del tamaño del pavimento a reparar, si bien es cierto en este presupuesto la diferencia no es tan considerable, a volúmenes mayores esta diferencia se transforma en factor fundamental a la hora de construir con el pavimento fast track.

\* Valores Referenciales para la zona sur de la X Región.

**PRESUPUESTO DIRECTO ESTIMATIVO  
REPARACION DE PAVIMENTO UTILIZANDO TECNICA TRADICIONAL  
TIEMPO DE HABILITACION 72 HORAS  
REPARACION CON SUB-RAZANTE, SUB.BASE Y BASE.**

<b>N°</b>	<b>PARTIDAS</b>	<b>UNID.</b>	<b>CANT.</b>	<b>P.UNIT.</b>	<b>TOTAL</b>
1	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES</b>				
1,1	DEMOLICION PAVIMENTO MAL ESTADO	M2	20,25	39500	799875
1,2	LIMPIEZA DE LA ZONA	GL	1		0
1,3	EXCAVACION CON CORTE TCN	M3	8,78	750	6585
1,4	CORTE TERRAPLEN	M3	0	450	0
1,5	PREPARACION DE SUBRASANTE	M2	14	450	6300
1,6	SUB BASE ESTABILIZADA, C.B.R >40%	M2	14	4500	63000
1,7	BASE ESTABILIZADA, C.B.R >60%	M2	14	4500	63000
2	<b>PAVIMENTOS</b>				
2,1	PAVIMENTO DE CALZADA HF-4. e=0.18 mts	M3	2,03	50296	102101
2,2	PAVIMENTOS DE ZARPA HF-5. e= 0.18 mts.	M3	0,41	50296	20621
2,3	PAVIMENTOS DE VEREDA H-25. e= 0.07mts	M3	0,47	38350	18025
3	<b>PROTECCION DE PLATAFORMA</b>				
3,1	SUMINISTRO DE SOLERAS TIPO "A"	ML	4,5	7000	31500
3,2	COLOCACION DE SOLERAS TIPO "A"	ML	4,5	2000	9000
3,3	SUMISTRO DE SOLERAS ESPECIALES	ML	0	7000	0
3,4	COLOCACION DE SOLERAS ESPECIALES	ML	0	2000	0
4	<b>OBRAS Y ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS</b>				
4,1	CURADO DEL PAVIMENTO	M2	20,25	4550	92138
4,2	SEÑALETICA	GL	1	190000	190000
4,3	CIERROS PROVISORIOS	GL	1	250000	250000
	<b>TOTAL NETO</b>				<b>1652144</b>
	<b>19% IVA</b>				<b>313907</b>
	<b>TOTAL</b>				<b>1966052</b>

Nota: Presupuesto para reparación de pavimento con hormigón portland puzolánico tradicional. En este presupuesto no se considera ítem de programación ya que se confecciona de las formas tradicionales las cuales no demanda de seguimiento y control exclusivo (100% del tiempo) de un profesional encargado.

## 4.10 ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS UNITARIOS Y FINALES

### 4.10.1 COSTOS UNITARIOS

Mezcla N°1: Hormigón Fast-track.

CEMENTO PORTLAND A.R.I (ALTA RESISTENCIA INICIAL).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

#### Costo Unitario

TOTAL	75329
-------	-------

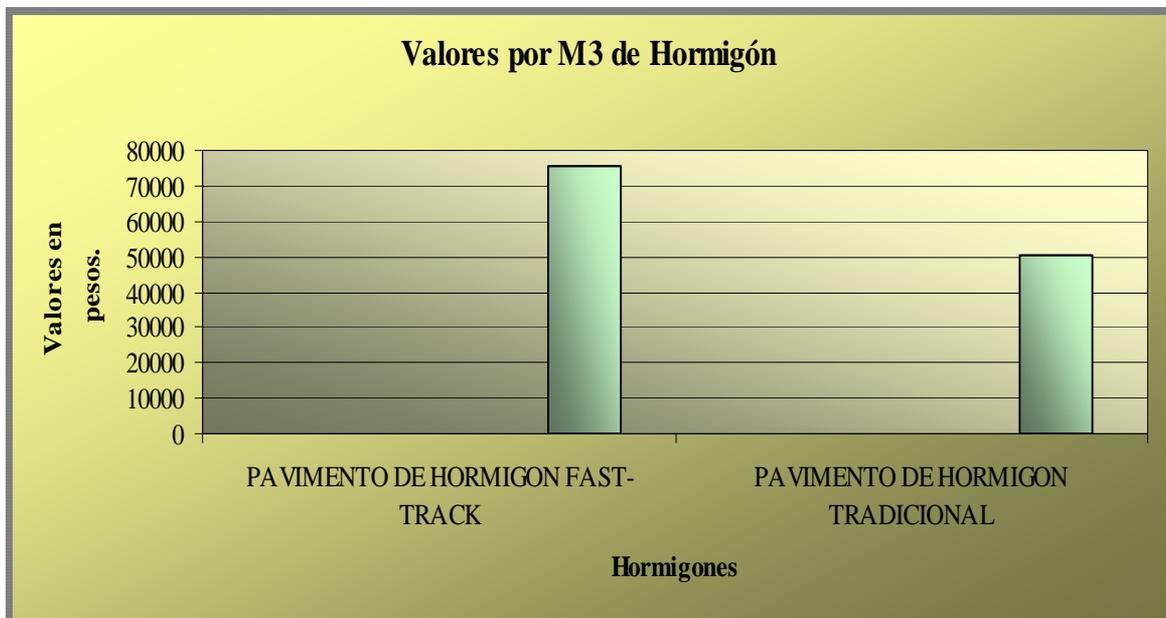
Mezcla N° 2: Hormigón Hidráulico Tradicional.

CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO (ALTA RESITENCIA).

AGREGADOS: GRAVA Y ARENA

#### Costo Unitario

TOTAL	50296
-------	-------



Según la grafica y los costos unitarios adjuntos de un metro cúbico de hormigón, la diferencia entre un cubo de hormigón (Portland A.R.I.) H-50 FAST-TRACK, y un Hormigón H-35 TRADICIONAL (Portland Puzolánico) es de alrededor de **33,23 %** en su precio final.

$$\Delta \text{ Final en el Precio} = 33,23\%$$

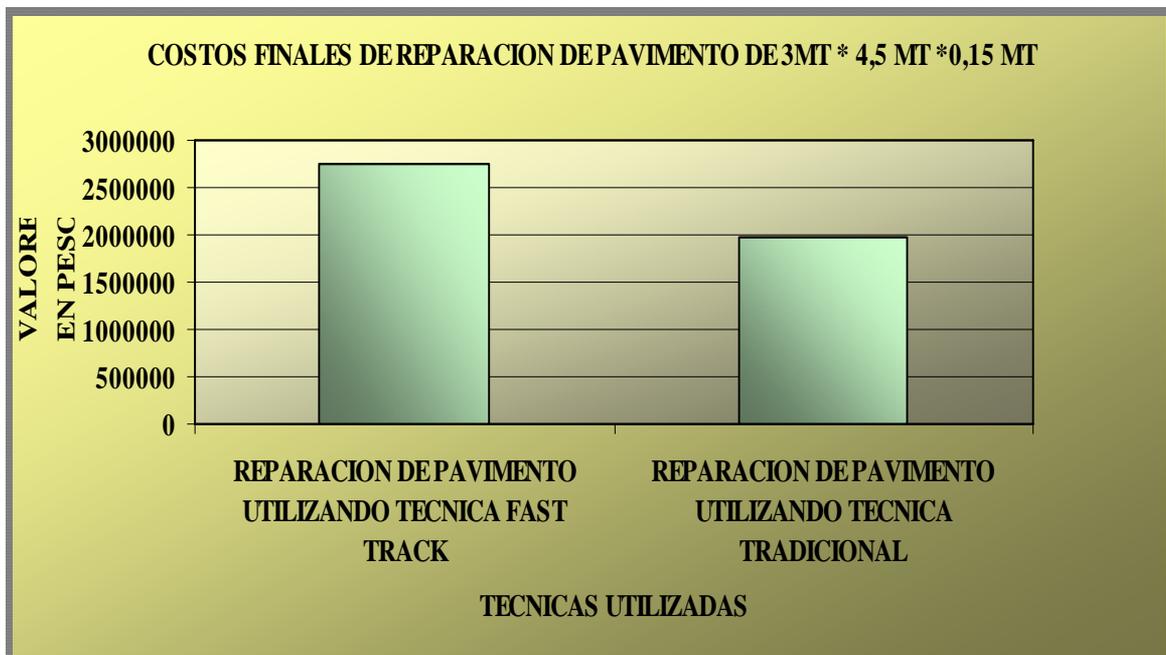
4.10.2 COSTOS FINALES

**PRESUPUESTO DIRECTO ESTIMATIVO  
REPARACION DE PAVIMENTO UTILIZANDO TECNICA FAST TRACK  
TIEMPO DE HABILITACION 24 HORAS  
REPARACION CON SUB-RAZANTE, SUB.BASE Y BASE.**

TOTAL NETO	2313225
19% IVA	439513
<b>TOTAL</b>	<b>2752737</b>

**PRESUPUESTO DIRECTO ESTIMATIVO  
REPARACION DE PAVIMENTO UTILIZANDO TECNICA TRADICIONAL  
TIEMPO DE HABILITACION 72 HORAS  
REPARACION CON SUB-RAZANTE, SUB.BASE Y BASE.**

TOTAL NETO	1652144
19% IVA	313907
<b>TOTAL</b>	<b>1966052</b>



Según la grafica y los costos totales adjuntos la diferencia final en la aplicación de la técnica FAST TRACK y la TRADICIONAL, es de alrededor de **28,58 %** en su precio final.

$$\Delta \text{ Final en el Precio} = 28,58\%$$

#### 4.11 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Según toda la información que hemos presentado y estudiado se puede hacer varias diferencias o describir cuales son sus ventajas y desventajas.

En primer lugar cabe señalar que según lo estudiado en el capítulo presente sobre las diferencias en sus costos podemos llegar a la conclusión que el hormigón Fast Track aumenta el presupuesto de una obra de reparación o pavimentación entre un 28,58 % y un 33,23% lo que en obras de grandes volúmenes será una diferencia considerable.

Además de lo anterior, se deja de manifiesto que para alcanzar la resistencia de habilitación adoptada (23 MPa), en los lapsos de tiempos mostrados, fue necesario el diseño de hormigones de resistencias características a 28 días mayores a 50 MPa (clase H-50), aproximadamente.

Aun así con los dos factores contrarios que se explican anteriormente podemos afirmar que el hormigón Fast Track más allá de poseer desventajas solo aporta con ventajas a la hora de evaluar su técnica, ya que si bien es cierto es más costoso a la hora de confeccionarlo este está disponible para su uso a un tercio o inclusive en menos del tiempo requerido para los pavimentos tradicionales, además que la mezcla confeccionada posee mejores condiciones mecánicas y de uso.

Frente a todos estos factores el más importante no dejar de ser otro que el factor TIEMPO, en una sociedad donde el ahorro de este para movilizarse de un lugar a otro es vital, además de las rápidas habilitaciones de vías con el afán de minimizar al máximo los tiempos constructivos también es una ganancia de dinero.

Como dice el dicho hoy en día TIEMPO ES DINERO, por lo que con esta técnica solo estamos maximizando las ganancias de los usuarios por permanecer menos tiempo desplazándose de un lugar a otro, y a su vez estamos minimizando los gastos de la faena constructiva por los menores tiempos de este y ahorrándonos mayores plazos de contratación de mano de obra, menores tiempos de arriendo de maquinarias, agilizar y poder tener más eficiencia, construir una mayor cantidad de obras en menores tiempos, etc.

## **CAPITULO V**

### **TIPOS DE ENSAYOS REALIZADOS A LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS CONFECCIONADOS CON ESTA TÉCNICA.**

El criterio de habilitación al tránsito es el de resistencia a flexión del hormigón. Por razones prácticas normalmente esta resistencia se refiere a un valor de resistencia a compresión que habitualmente se encuentra entre 15 y 25 MPa.

En el campo, debido a que normalmente se requiere la obtención de estas resistencias a 6 u 8 horas, el control de desarrollo de la misma se realiza (por cuestiones prácticas) con equipos de ensayos no destructivos que, por supuesto, son calibrados previamente en laboratorio con la dosificación utilizada en obra. Este control tiene vital importancia debido a que en obra la variación de las condiciones climáticas hace que el desarrollo de resistencia en el tiempo no solamente depende de la fórmula utilizada (tipo de materiales y proporciones), sino de las condiciones de curado (temperatura y humedad) que, en general, solamente es posible controlar en rangos climáticos acotados, lo que genera una importante incertidumbre en los valores de resistencia del hormigón colocado.

#### **5.1 DESCRIPCION DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

Entre los métodos de ensayos no destructivos más utilizados se pueden mencionar:

##### **5.1.1 Método de ultrasonido**

##### **5.1.2 Método del esclerómetro o martillo Schmidt**

##### **5.1.3 Método de madurez**

Todos estos métodos requieren ser calibrados, utilizados e interpretados por profesionales y personal técnico experimentado de manera de obtener un mínimo valor de incertidumbre en los resultados.

## **5.2 METODO ULTRASONIDO**

Este método brinda una buena opción para estimar la resistencia tanto in situ como en laboratorio. La resistencia puede ser estimada a través de la medición de un pulso ultrasónico, confeccionando previamente gráficas que correlacionen los valores de resistencia con los respectivos de velocidad de pulso.

La interpretación de las lecturas de ultrasonido obtenidas a través del hormigón se complica debido a la heterogeneidad del material. La relación Velocidad de Pulso vs. Resistencia no es única e invariable y los valores de velocidad de pulso se encuentran influenciados por diversos factores. Entre ellos se encuentran: el tamaño, cantidad y origen del agregado, cantidad y tipo de cemento, relación a/c, el contenido de humedad, etc.

De lo anterior se desprende que solo se podrán estimar valores de resistencia a través de estas correlaciones gráficas cuando el hormigón que se este ensayando sea de características similares, en cuanto a su composición, al utilizado para elaborar dicha correlación.

### **5.2.1 ALCANCES**

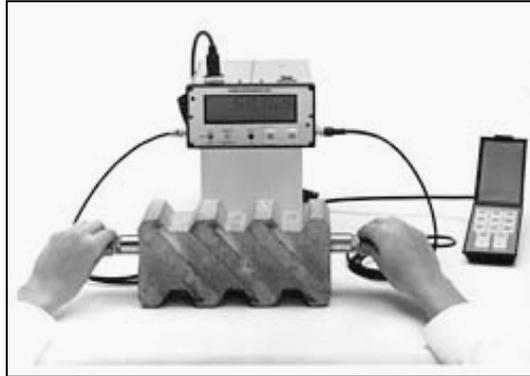
Los materiales que se ensayan con este método son heterogéneos, como la madera y el hormigón; se excluyen los metales, ya que provocan una serie de irregularidades que afectan los resultados obtenidos.

Así el equipo hace posible conocer el hormigón en las siguientes cualidades: homogeneidad, la presencia de fisuras, los huecos, los cambios en hormigón debidos a diferentes causas como ataques del fuego y bioquímicos, así como también la calidad del hormigón.

### **5.2.2 GENERALIDADES**

#### **Equipo**

Existen varios tipos de equipos, pero en lo esencial poseen transductores capaces de marcar el tiempo de propagación de una onda a través del hormigón.



Equipo Ultrasónico

### 5.2.3 UTILIZACIÓN

#### Como Usar el Equipo

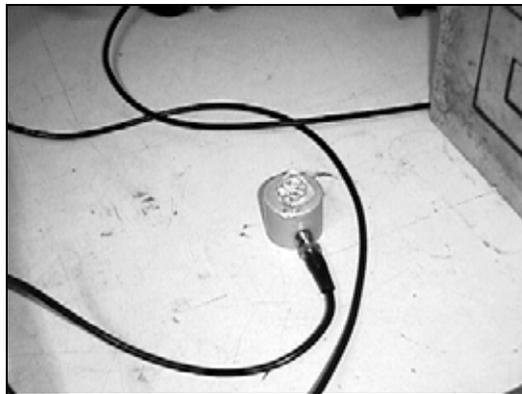
Cuidadosamente se elige la muestra o el elemento que se va a ensayar y se toman tres lecturas como mínimo, anotando el tiempo de propagación de la onda en el hormigón y la distancia entre transductores o terminales; estas distancias no deben exceder de 400 mm y se recomienda que sean lo más constantes posibles para asegurarse de que las lecturas obtenidas sean uniformes.

Una vez que la onda se transmite a través del hormigón, es captada por el transductor receptor, el cual convierte la energía mecánica de la onda en pulso electrónico. Después de recibido, se obtendrá el tiempo de propagación de la onda en el hormigón que, junto con la distancia entre transductores, nos ayudará a saber la velocidad de pulso. Esta velocidad se compara con diferentes criterios existentes y es así como se conocerá el estado del hormigón ensayado.

Se debe asegurar que los transductores tengan un buen acoplamiento sobre la superficie del hormigón. Esto se logra colocando entre la superficie de hormigón y los transductores

vaselina. En superficies muy rugosas se deberá efectuar un tartamamiento previo. Al colocar los transductores sobre la superficie del hormigón se debe:

- Procurar no moverlos, ya que se puede generar ruido y consecuentemente lecturas erróneas.
- Mantener firmes los transductores hasta que la lectura sea definida.



#### **5.2.4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PUNTOS DE ENSAYO**

Antes de aplicar la prueba, es necesario efectuar un reconocimiento visual de los puntos que se van a ensayar, con el fin de determinar la rugosidad de la superficie, la presencia de huecos y fisuras que afectarán nuestra prueba.

Es necesario quitar el acabado de la superficie (yeso, cemento, pintura, etc.) con el fin de evitar resultados erróneos por la posible separación entre el acabado y el elemento que se va ensayar.

Cuando la superficie es rugosa, es necesario pulirla con una piedra de pulir, con el fin de evitar que los transductores obtengan una señal defectuosa.

En la figura 5,1 se muestran las opciones para instalar los transductores en la superficie de prueba de la probeta. La transmisión puede ser directa, semidirecta o indirecta.

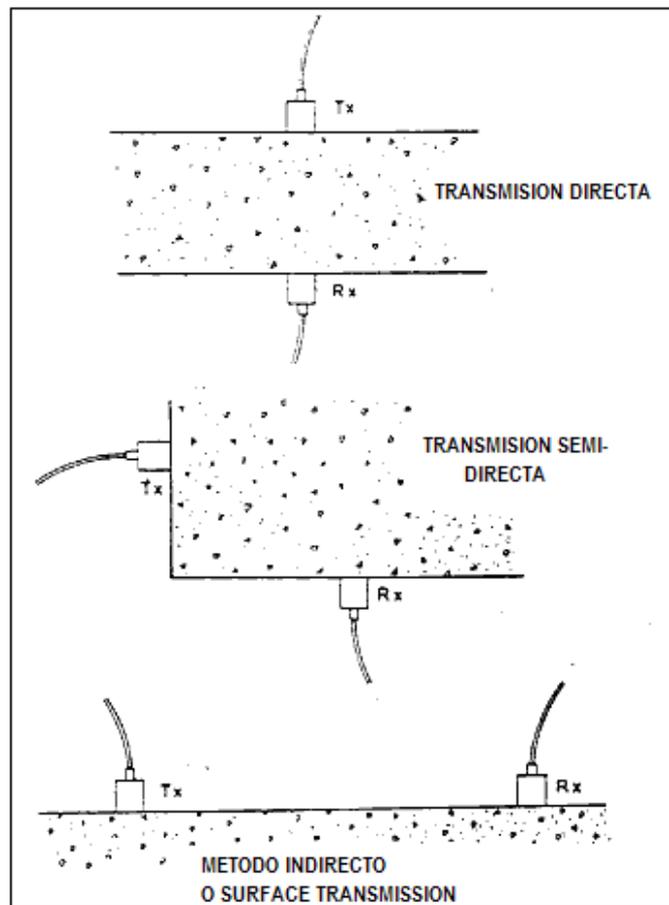
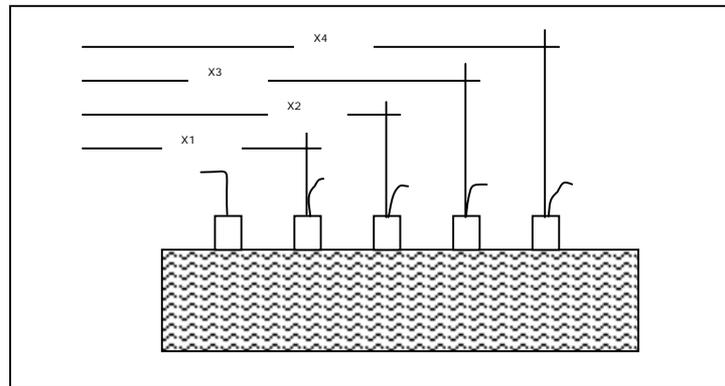


Figura N°5,1

Mientras sea posible deberá utilizarse la transmisión directa, ya que proporciona la máxima sensibilidad y provee una longitud de trayectoria bien definida. Sin embargo, algunas veces tiene que examinarse el hormigón mediante el uso de trayectorias diagonales y, en estos casos, la semidirecta puede usarse tomando en cuenta que la distancia que se va a medir será en diagonal, aplicando el teorema de Pitágoras.

La transmisión indirecta es la menos satisfactoria, ya que además de su relativa insensibilidad, nos da medidas de la velocidad de pulso que usualmente tienen la influencia de la capa de hormigón cercana a la superficie, que no serán representativas del hormigón en estratos más profundos. Aún más, la longitud de la trayectoria está menos definida y no resulta satisfactorio el tomarla como la distancia de centro a centro de los transmisores; para corregir esto perfectamente, debe adoptarse el método mostrado en la figura siguiente, para determinar la velocidad de pulso.

En este método, se coloca el transmisor en un punto elegido de la superficie y el receptor sobre los puntos sucesivos a lo largo de una misma línea, la distancia centro a centro se obtiene directamente para cada punto, con su tiempo de propagación respectivo. El inverso de la pendiente de la línea recta dibujada entre dos puntos de la gráfica de distancia en contraposición con el tiempo, nos da la velocidad promedio del pulso en la superficie. (Ver la figura adjunta)



$$Pend = (t_2 - t_1) / (X_2 - X_1)$$

$$V = 1 / Pend$$

$$V = (X_2 - X_1) / (t_2 - t_1)$$

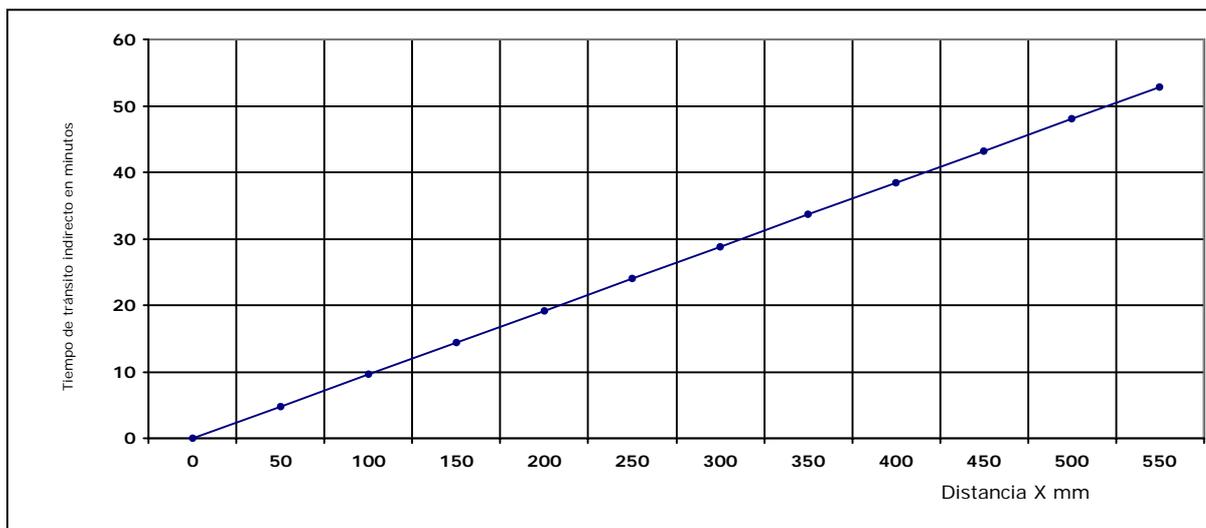


Figura 5.2. Método para determinar la distancia de tránsito con arreglo indirecto.

También se ha visto que la velocidad de pulso determinada por el método indirecto es menor que la que se obtiene con el método directo. Cuando sea posible efectuar mediciones por varios métodos, se establecerá una relación entre ellos y podrá determinarse el factor de corrección.

Cuando no sea posible el método directo, un valor aproximado para obtener la velocidad mediante el método indirecto será:

$$V_D = 1,05 V_I$$

Donde:

$V_D$  = Velocidad de pulso obtenida usando el método directo.

$V_I$  = Velocidad de pulso obtenida usando el método indirecto.

Si los datos de la gráfica de distancia en contraposición con el tiempo no están en línea recta (ver figura 5,3), es decir, que hay cambios de pendiente, significa que el hormigón cercano a la superficie es de calidad variable o que existe una fisura en el hormigón en la línea sobre la cual se realiza la prueba. Lo anterior se comprueba cuando la velocidad comienza a bajar el espesor del estrato afectado se puede calcular como sigue:

$$T = (X_0/2) * ((V_s - V_d)/(V_s + V_d))^{0.5}$$

Donde:

$t$  = espesor de la capa de hormigón afectada.

$X_0$  = distancia en la cual ocurre el cambio de pendiente.

$V_d$  = velocidad de pulso en hormigón dañado.

$V_s$  = velocidad de pulso en hormigón no dañado.

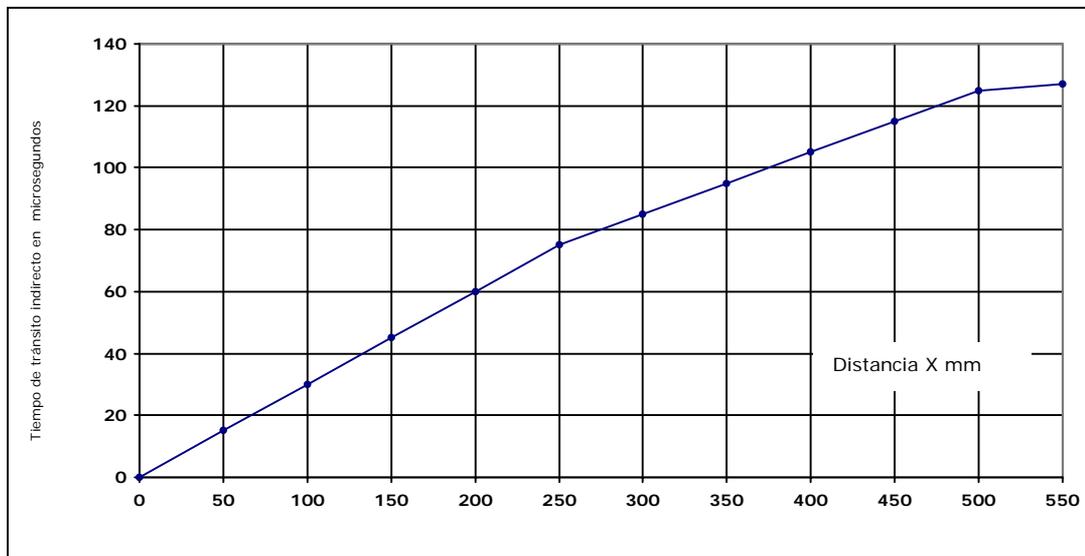


Figura 5,3. Gráfica de distancia en contraposición con el tiempo.

Las condiciones de prueba influyen en la velocidad de pulso; por lo tanto, debemos tener en cuenta las siguientes:

- a) La longitud de la trayectoria es insignificante cuando no es menor que 100 mm para un agregado de 20 mm, o no menor que 150 mm para un agregado de 40 mm.
- b) La velocidad de pulso no se verá afectada al hacer mediciones en dos dimensiones diferentes del elemento, siempre y cuando no se varíe el ángulo recto entre ellos.
- c) La influencia del refuerzo generalmente es pequeña si las barras se encuentran perpendicularmente a la trayectoria del pulso (cabe recordar que la velocidad del pulso será mayor en las barras que el hormigón); la influencia es significativa si las barras están en la dirección del pulso. En general, hay que evitar aplicar el pulso ultrasónico cerca de las barras de acero, ya que entonces se deberán corregir los resultados con factores de ajuste. Si al aplicar el pulso, el tiempo de propagación se incrementa en gran medida, lo mejor es buscar otra parte del elemento y hacer ahí las mediciones, ya que los factores de corrección son sólo aproximaciones. Para

evitar las mediciones en las zonas de armadura, es conveniente utilizar un “Pacómetro” o detector de armaduras, este equipo permite delinear las zonas donde se encuentra el acero de refuerzo.

- d) La humedad en el hormigón puede ser reducida; sin embargo puede ser significativa en el pulso ultrasónico. En general, la velocidad se incrementará a medida que aumenta el contenido de humedad, y con ello se puede obtener un hormigón de buena calidad en lugar de un hormigón pobre.

Al emplear el pulso ultrasónico, el aspecto más importante que se debe considerar es el número de elementos ensayados, ya que entre mayor sea la muestra se tendrán más elementos de comparación para poder obtener un juicio acerca de la calidad del hormigón, la selección de los puntos debe hacerse en forma aleatoria.

Cuando hay una fisura en el hormigón, el pulso ultrasónico nos permitirá determinar su profundidad e inclinación. Para obtener la profundidad, las mediciones se harán colocando los transductores uno a cada lado de la fisura a una distancia “x”, procurando que sean en la parte más gruesa de la misma. A continuación se repetirá la lectura a doble distancia de la anterior. (Ver figura 5,4)

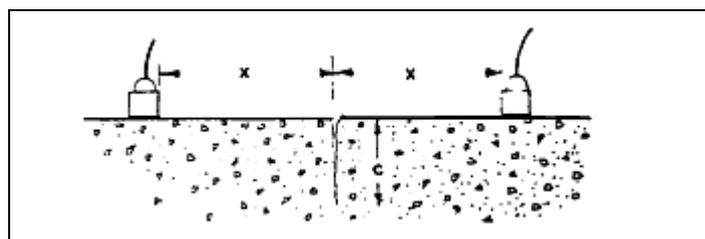


Figura 5,4. Medición profundidad de grietas.

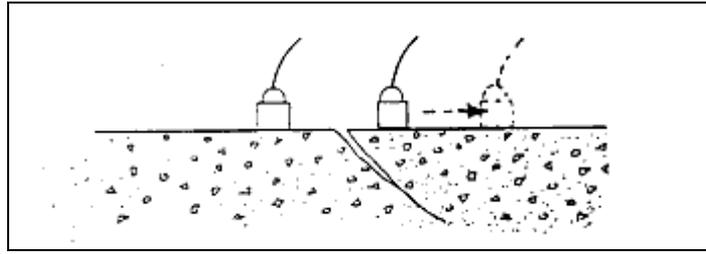


Figura 5,5. Medición de inclinación de grietas.

Para determinar la inclinación, se colocan los transductores a los lados de la fisura y después se mueve uno de ellos alejándolo de la fisura. Si al efectuar esta operación la lectura del tiempo de propagación disminuye, significa que la fisura presenta inclinación hacia ese lado (ver figura 5,5).

### 5.2.5 REGISTRO DE DATOS

Para llevar el registro de datos se necesita una libreta de registro, una planta tipo o croquis de los puntos que se van a muestrear y datos del edificio. En la libreta se registra la distancia, el tiempo de propagación y tipo de lectura para cada elemento ensayado, ubicación exacta del elemento ensayado, T° ambiente y humedad.

### 5.2.6 INTERPRETACION DE DATOS

#### Gráficas y tablas de correlación de datos obtenidos.

El primer resultado que se debe obtener de los datos recopilados es la velocidad de pulso en el elemento que se va a ensayar, la cual se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$\text{Velocidad de Pulso (km/seg)} = \frac{\text{Distancia entre transductores (cm)} * 10}{\text{Lectura de tiempo (microseg)}}$$

La velocidad se determina para las tres lecturas realizadas a cada elemento y, posteriormente, se obtiene un promedio. Esta velocidad de pulso es la más conveniente. Con este dato, podemos determinar la calidad del elemento probado, consultando algunos de los criterios de clasificación de calidad que se muestran en las tablas siguientes.

<b>Clasificación de la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda según Leslie y Cheesman.</b>	
<b>Velocidad de la onda longitudinal m/seg</b>	<b>Condición del hormigón</b>
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

<b>Evaluación la calidad mediante la velocidad de pulso según Agraval y otros.</b>	
<b>Velocidad de pulso m/seg</b>	<b>Condición del hormigón</b>
Más de 3000	Buena
De 2500 a 3000	Regular
Menos de 2130	Pobre

<b>Velocidad mínima de pulso en estructuras típicas.</b>	
<b>Tipo de obra</b>	<b>Velocidad mínima de pulso para su aceptación m/seg</b>
Selecciones T de hormigón reforzado	4570
Unidades de anclaje de hormigón reforzado	4360
Marcos de edificios de hormigón reforzado	4110
Losas de entre piso	4720

Para determinar la profundidad de una fisura, se cuentan con dos tiempos  $t_1$  y  $t_2$  para distancias  $X$  y  $2X$ , respectivamente, dicha profundidad se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$C = X (4(t_1^2 + t_2^2) / (t_2^2 - t_1^2))^{0.5}$$

Donde:

$C$  = profundidad de la grieta

$X$  = distancia inicial

$t_1$  = tiempo de la distancia inicial ( $X$ )

$t_2$  = tiempo del doble de la distancia ( $2X$ )

Todos los datos y resultados obtenidos se anotan en la tabla de interpretación de datos.

Para obtener el módulo de elasticidad dinámico a partir de la velocidad de pulso, se cuenta con las siguientes expresiones:

1. *Para probetas de laboratorio* :  $Ed = 1.02 * V^2 * W * 10^5$
2. *Para losas* :  $Ed = 0.961 * V^2 * W * 10^5$
3. *Para hormigón en masa* :  $Ed = 0.866 * V^2 * W * 10^5$

Donde:

$Ed$  = módulo dinámico de elasticidad del hormigón

$V$  = velocidad de pulso

$W$  = Peso volumétrico del hormigón

No es fácil estimar la relación que existe entre el pulso ultrasónico y la resistencia del hormigón; pues el tipo de agregado, la relación agregado-cemento, la edad del agregado y las condiciones de curado influyen en ella.

El equipo puede emplearse para llevar el control del hormigón en una construcción, esto se logra mediante el uso de cilindros de prueba. En ellos se hacen mediciones de la velocidad de pulso y resistencia a compresión, con estos datos se hace una gráfica de resistencia en contraposición con la velocidad de pulso (ver figura 5,6) que servirá como referencia y así poder hacer ensayos al hormigón ya colocado en elementos estructurales, para lo cual basta con medir la velocidad de pulso en cada elemento y compararla con la gráfica obtenida de antemano en los cilindros de prueba.

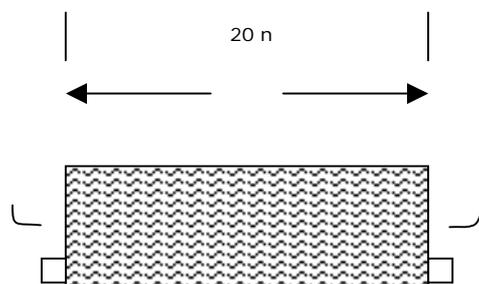


Figura 5,6.

### **5.2.7 CALIBRACION Y MANTENCION**

#### **Proceso de calibración del Equipo.**

El equipo cuenta con una barra de calibración, la que tiene grabado en su costado el tiempo de propagación del pulso por dicha barra. Para calibrarse se colocarán los transductores debidamente engrasados en los extremos de la barra calibradora y por medio del botón de ajuste, que se encuentra al frente del aparato, se iguala la lectura de la barra calibradora. Esta operación se efectuará al iniciar las mediciones y estando en operación durante períodos de una hora.

### **5.2.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EQUIPO**

El equipo proporciona grandes ventajas, entre ellas podemos mencionar su poco peso, fácil uso y manejo, pero sobre todo la confiabilidad en sus resultados, ya que una forma rápida y sencilla permite conocer el estado que guarda el hormigón del elemento ensayado.

Presenta como desventaja, que los cables transmisores en varias ocasiones presentan falsos contactos debido al exceso de movimiento, con lo cual se dificulta efectuar las lecturas.

---

## 5.2.9 ANEXO

Los métodos ultrasónicos son afectados por algunos factores, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

- **Contacto entre superficies del hormigón y transductores.** Debe haber un íntimo contacto acústico; las superficies moldeadas, en general no presentan problemas y si presentan alguna rugosidad, se puede eliminar frotando con piedra de pulir. Los transductores deben apretarse contra el hormigón y, para mejorar el contacto, se suele colocar una película de vaselina entre hormigón y transductor.
  
- **Longitud del recorrido.** Debido a la heterogeneidad del hormigón y, para evitar sus efectos, es conveniente que el recorrido sea más bien extenso. Para un mismo hormigón, se han encontrado diferencias de velocidad de propagación, al medir distintos espesores.
  
- **Humedad del hormigón.** En general, la velocidad de propagación del sonido en el hormigón aumenta a medida que su contenido de humedad es mayor.
  
- **Armaduras Metálicas.** Las armaduras metálicas presentes en el hormigón, afectan considerablemente las medidas de velocidad, debido a que en el acero, la velocidad de propagación puede ser hasta 2 veces mayor que en el hormigón.

## **5.3 METODO DEL ESCLEROMETRO O MARTILLO SCHMIDT**

### **5.3.1 ALCANCE**

La evaluación de las estructuras de concreto en sitio, además de los métodos de extracción de testigos y pruebas de carga, se puede realizar mediante ensayos no destructivos, que tienen la ventaja de permitir el control de toda la estructura y sin afectarla en forma rápida.

Dentro de los métodos no destructivos, los de dureza superficial son los más generalizados, por su economía y facilidad de ejecución, entre ellos el método del esclerómetro es empleado por el mayor número de países.

El esclerómetro fue diseñado por el Ing. suizo Ernst Schmidh en 1948, constituyendo una versión tecnológicamente más desarrollada que los iniciales métodos de dureza superficial generados en la década del veinte.

### **5.3.2 CAMPO DE APLICACIÓN**

Originalmente, fue propuesto como un método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión del concreto, estableciendo curvas de correlación en laboratorio. Sin embargo, por los diferentes factores que afectan los resultados y la dispersión que se encuentra, en la actualidad se le emplea mayormente en los siguientes campos:

- Evaluar la uniformidad del concreto en una obra.
- Delimitar zonas de baja resistencia en las estructuras.
- Informar sobre la oportunidad para desencofrar elementos de concreto.
- Apreciar, cuando se cuenta con antecedentes, la evolución de la resistencia de estructuras.

- Determinar niveles de calidad resistente, cuando no se cuente con información al respecto.
- Contribuir, conjuntamente con otros métodos no destructivos a la evaluación de las estructuras.

### 5.3.3 DESCRIPCIÓN DEL APARATO

Un esquema del aparato está dado en la figura 1, según la información del fabricante, en el que se singulariza los siguientes elementos:

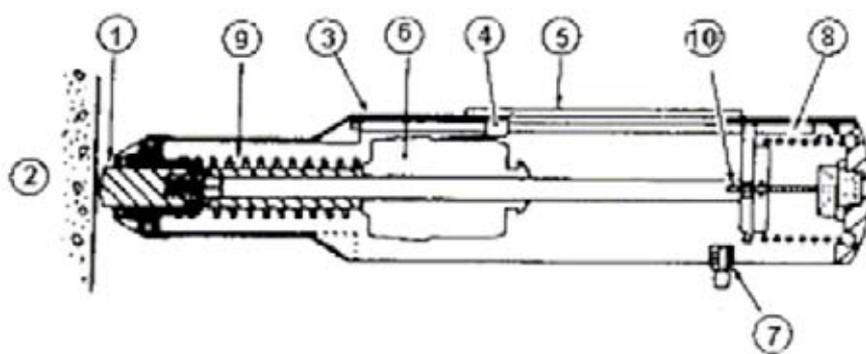


FIGURA N°1 ESQUEMA DEL ESCLERÓMETRO

1. Percutor, 2. Concreto, 3. Cuerpo exterior, 4. Aguja, 5. Escala, 6. Martillo, 7. Botón de fijación de lectura, 8. Resorte, 9. Resorte, 10. Seguro.

### 5.3.4 DESCRIPCIÓN DEL METODO

El ensayo se efectúa apretando el percutor contra la superficie a examinar, hasta que el martillo, impulsado por un resorte, se descargue sobre el percutor. Después del golpe, el martillo rebota una cierta distancia, la cual se indica por una aguja en una escala graduada.

La lectura de la posición de la aguja representa la medida del retroceso en porcentaje del avance del martillo.

Básicamente el proceso está constituido por una masa móvil, con una cierta energía inicial, que impacta la superficie de una masa de concreto, produciendo una redistribución de la energía cinética inicial. Parte de la energía es absorbida como fricción mecánica en el instrumento y otra parte como energía de deformación plástica del concreto. La parte restante es restituida a la masa móvil en proporción a la energía disponible. Para tal distribución de energía es condición básica que la masa de concreto sea prácticamente infinita con relación a la masa del percutor del aparato, lo que se da en la mayoría de las estructuras. En consecuencia, el rebote del esclerómetro es un indicador de las propiedades del concreto, con relación a su resistencia y grado de rigidez.

**En la actualidad se encuentra en el mercado varios tipos de esclerómetro\*:**

#### **Modelo N**

(Energía de percusión = 2,207 Nm (0,225 kgm), sirve para el control del concreto en los casos normales de construcción de edificios y puentes.

#### **Modelo L**

(Energía de percusión 0,735 Nm (0,075 kgm) es una reducción del modelo N. Es más apropiado para el examen de elementos en concreto de escasas dimensiones y sensibles a los golpes.

#### **Modelo M**

(Energía de percusión = 29,43 Nm (3 kgm) sirve especialmente para la determinación de la resistencia del concreto en obras de grandes dimensiones y para el examen de calidad de carreteras y pistas de aeródromos de concreto. Sin embargo no es excluyente el uso del modelo M.

---

\* Existentes en la Actualidad en el Mercado Nacional

Todas estas variantes, vienen también provistas de un sistema que permite el registro automático o impresión de cada uno de los resultados de ensayo, evitando que el operador deba detenerse para tomar nota o requiera dictar los valores obtenidos, evitando errores y documentando los registros.

### **5.3.5 FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRUEBA**

Además de los factores intrínsecos, los resultados de los ensayos reciben la influencia de los siguientes parámetros:

- Textura superficial del concreto.
- Medida, forma y rigidez del elemento constructivo.
- Edad del concreto.
- Condiciones de humedad interna.
- Tipo de agregado.
- Tipo de cemento.
- Tipo de encofrado.
- Grado de carbonatación de la superficie.
- Acabado.
- Temperatura superficial del concreto y la temperatura del instrumento.

### **5.3.6 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO**

Para obtener resultados válidos y reproducibles conviene tener en cuenta las siguientes disposiciones:

- El elemento concreto sometido a prueba está fijo en la estructura, teniendo como mínima dimensión 100 mm, de espesor. Los especímenes más pequeños deberán ser

---

sujetados rígidamente. En el caso de probetas. se aconseja fijarlas entre los cabezales de la máquina de compresión.

- El área en la cual se podrá efectuar una determinación, por el promedio de una serie de pruebas comprenderá aproximadamente una circunferencia de 150 mm de diámetro.

- Deberá efectuarse el pulido superficial en la zona de prueba de los especímenes, hasta una profundidad de 5 mm, en los concretos de más de 6 meses de edad, en texturas rugosas, en las húmedas y cuando se encuentran en proceso de carbonatación.

Al efecto se utilizará una piedra abrasiva de carburo de silicio, o material equivalente, con textura de grano medio. Aditamento que forma parte del equipo provisto por el fabricante.

- La posición del aparato, en casos de 4 ensayos comparativos, deberá tener la misma dirección. a posición normal del aparato es horizontal. De actuar verticalmente incide la acción de la gravedad, dando resultados de rebotes más altos actuando hacia abajo y más bajos hacia arriba. El accionar angular dará resultados intermedios.

- Para efectuar el ensayo se apoya firmemente el instrumento, con el émbolo perpendicular a la superficie, incrementando gradualmente la presión hasta que el martillo impacte y se tome la lectura.

- Los impactos deben efectuarse a por lo menos 2.5 cm de distancia.

- Se tomarán 10 lecturas para obtener el promedio. En el caso de que una o dos lecturas difieran en más de 7 unidades del promedio, serán descartadas. Si fueran más las que difieren se anulará la prueba. Los ensayos son influenciados por la característica del concreto en la zona de impacto, los vacíos o la presencia de agregado grueso, disminuyen o incrementan los valores.

Esto ocurre a menudo en concretos con agregado mayor de 2" o con resistencia menor a 140 kg/cm<sup>2</sup>, en los cuales el método no es apropiado.

El coeficiente de variación del número de rebote decrece con el incremento de la resistencia del concreto

### **5.3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Los resultados de ensayo deberán ser registrados y ser sujetos a análisis estadístico, cuando fuera el caso, incluyéndose en el informe lo siguiente:

- a. Identificación de la estructura.
- b. Localización, ejm. columna 2, nivel 3,2 m de altura, cara este.
- c. Descripción del área de ensayo; ejm. superficie seca, esmerilada, con textura del encofrado de madera.
- d. Descripción del concreto.
- e. Composición, si se conoce, agregados, contenido de cemento a/c, aditivo usado, etc.
- f. Resistencia de diseño.
- g. Edad.
- h. Condiciones de curado o condiciones inusuales relativas al área de ensayo.
- i. Tipo de encofrado.
- j. Promedio de rebote de cada área de ensayo.

- k. Valores y localizaciones de rebotes descartados.
- i. Tipo y número de serie del martillo.

### **5.3.8 CALIBRACIÓN DEL ESCLERÓMETRO**

Es conveniente efectuar periódicamente la calibración del esclerómetro, sea anual en condiciones de uso eventual o semestral de emplearse regularmente. Se aconseja que de ser posible la calibración se efectúe cada 200 determinaciones.

La calibración se realiza en una masa de acero, generalmente provista por el fabricante, con una dureza brinell de  $500 \text{ kgf/mm}^2$ , actuando de arriba hacia abajo. El índice de rebote debe ser igual a  $80 + 2$  divisiones.

En caso de funcionamiento incorrecto la primera operación puede ser la limpieza y lubricación del aparato. De persistir el error, conviene el ajuste del dispositivo, de acuerdo a las instrucciones del fabricante por persona entendida.

## 5.4 METODO DE MADUREZ

### 5.4.1 ALCANCE

El objetivo que se persigue con la utilización del método de madurez es conocer la temperatura en diversas partes de la losa de pavimento rígido en invierno y primavera y al mismo tiempo realizar mediciones directas en obra de la resistencia del hormigón. Esto es muy útil en zonas de variaciones importantes de temperatura y la presencia de congelamiento.

Este método, capaz de predecir un nivel de resistencia alcanzado en función de la historia de temperaturas que experimenta el hormigón, fue desarrollado para investigar los efectos que producía sobre el hormigón el curado a vapor y luego se extendió su uso a condiciones de curado convencionales.

En 1951 en una publicación Saúl enuncia lo que hoy se conoce como La regla de Madurez. Principio en el cual nos basamos para estimar la resistencia de un hormigón, y que expresa:

**“Hormigones de igual composición que posean igual valor de Madurez tendrán aproximadamente igual resistencia cualquiera haya sido la combinación de edad y temperatura que hayan experimentado”<sup>\*</sup>.**

### 5.4.2 EXPRESIÓN DE CÁLCULO

La expresión más conocida para el cálculo de Madurez es la llamada función de Nurse-Saúl:

---

<sup>\*</sup> Considerada como la Ley de la Madurez de Nurse-Saúl.

$$M = \sum (T - T_0) \Delta t$$

Donde:

**M:** Madurez (°C-hs)

**T:** Temperatura promedio del hormigón en el lapso de tiempo DT considerado.

**T<sub>0</sub>:** Temperatura de referencia, adoptada generalmente en (-) 10° C.

**Δt:** intervalo de tiempo considerado.

#### **5.4.3 EXPERIENCIA EMPÍRICA**

Esta expresión posee una base totalmente empírica. Y si bien constituye una buena aproximación, como se demostrará a lo largo del presente trabajo, para estimar la ganancia de resistencia de un determinado hormigón, existen otras varias expresiones tales como la de Arrhenius, que presentan menor dispersión en su estimación. Sin embargo, la función de Nurse-Saúl es una de las más difundidas y empleadas debido a su simplicidad.

## **CONCLUSIONES**

Haciendo un completo análisis de lo visto en este proyecto podemos afirmar a ciencia cierta que el llevar a cabo esta técnica requiere de un seguimiento detallado de las actividades y partidas para lograr el fin último que es la disminución de los tiempos constructivos.

Queda claro que siguiendo ciertos conceptos generales para la confección de hormigones Fast Track se encontrará, luego de un estudio minucioso, logística, una correcta elaboración de la mezcla y un estricto sistema de control de desarrollo de actividades, que permita obtenerse en la obra los valores necesarios para realizar el adecuado curado, corte y sellado de juntas en los tiempos necesarios para lograr habilitar el pavimento e impedir así importantes congestionamientos de tránsito sin afectar la durabilidad del mismo.

Desde un punto de vista económico la técnica acá descrita presenta un sin número de opciones a la hora de enfrentar un proceso de pavimentación o de reparación pavimentadora, por un lado nos encontramos con que el hormigón fast-track es más costoso que el hormigón para pavimentos tradicionales y que alcanza hasta un 33% de mayor inversión en el proyecto, pero por el otro lado sabemos que la técnica nos proporcionará (siguiendo todos los procesos adecuadamente) una disminución de faenas y de apertura al tráfico hasta en un tercio o un cuarto de los tiempos que involucran todo el proceso, además de proporcionarnos un hormigón con mejores propiedades finales de resistencia tanto a la compresión como a la flexotracción.

Como se explicaba en capítulos anteriores hoy en día las prácticas que nos entreguen menores tiempos de faenas y a su vez mayor eficiencia (se consiguen los logros empleando los medios idóneos) por sobre los valores directos que demanden éstas actividades, pueden explotarse y demandarse correctamente en una sociedad donde el factor tiempo v/s. dinero inciden directamente con los pasos que optaremos a realizar.

TIEMPO ES DINERO SIN INTERFERIR EN UN PRODUCTO DE BUENA CALIDAD, por lo que con esta técnica no sólo estamos maximizando las ganancias de los usuarios por permanecer menos tiempo desplazándose de un lugar a otro, sino que también estamos minimizando los gastos de la faena constructiva debido a la reducción del periodo de éste y ahorrándonos mayores plazo de contratación de mano de obra, mínimos tiempos de arriendo de maquinaria, agilizar y poder tener mas eficiencia, construir una mayor cantidad de obras en menores tiempos, etc.

---

## **BIBLIOGRAFIA**

- AASHTO “Normas de la American Association of State Highway and Transportation officials”.
- NCh “Normas Chilenas del Instituto Nacional de Normalización”.
- LNV “Especificaciones y Métodos de Muestreo y Ensaye de la dirección de Vialidad”.
- MOP, Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad - Volumen 3.
- MOP, Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad - Volumen 5.
- MOP, Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad - Volumen 7.
- SIKA S.A, Manual de Productos y Fichas técnicas de productos. – Volumen 3 (Chile 2006).
- IPRF, Fundación de Investigaciones de Pavimentos Innovadores, Informe IPRF-01-G-002-1, Washington, DC, Abril de 2003.
- ACI 211 – Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (Práctica estándar para seleccionar proporciones para concreto normal, pesado y masivo)
- Raúl Valle Rodas “Carreteras, Calles y Aeropistas”, México-1970, Editorial FLORIDA, S.A.

- 
- G. Di Pace, "Ventajas de los Pavimentos Rígidos Urbanos" (Julio 1999).
  - M. Neville, "Properties of Concrete" (Fourth Edition, John Wiley & Sons, 1998).
  - Ing. Torchioi Ricardo H., Ing. Saade José Luis, e Ing. Dalimier Marcelo, "Ultra Thin Whitetopping: Detalles de Ejecución". (Revista Cemento. Diciembre 2000).
  - Fava. "Innovaciones y Mejoras Tecnológicas en el Área de los Pavimentos de Hormigón" (Primer Seminario Provincial Urbano, Rosario 1998).
  - Hallin. "The International Application of Fast Track Concrete Paving". (FHA. 1er Congreso Interamericano de Pavimentos Rígidos. Buenos Aires. 1996).
  - "Fast Track Concrete Pavements", (Concrete Paving Technology, American Concrete Pavement Association. 1994, ACPA).
  - "Fast Track Concrete Pavements", (Technical Bulletin, American Concrete Pavement Association. 1989, ACPA).
  - R. Risser, "Pavimentos Fast Track" P.E., ICPA, World of Concrete '95 Buenos Aires, Seminario 21-04-1995.

## ANEXOS

### **Nº1 ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA PROYECTOS DE PAVIMENTACION**

MOVIMIENTO DE TIERRA.

#### **1.1 Definición:**

Movimiento de tierras es el traslado de cierta cantidad de masa de suelo con el fin de modificar su superficie natural, de acuerdo a las características geométricas del pavimento por construir, fijadas en los planos del proyecto. La superficie así modificada deberá coincidir, longitudinal y transversalmente con la subrasante de dicho pavimento.

Si el nivel de la subrasante está por debajo de la superficie del suelo natural, deberá efectuarse un rebaje, y extraerse la masa de suelo removido, transportándola a algún lugar de depósito. En los contratos de ejecución de obras, la partida correspondiente se denominará **“excavación y transporte a botadero”**.

Si el nivel de la subrasante está sobre la superficie del suelo natural, deberá colocarse un material transportado desde algún lugar, al que, por algún medio, deberá proporcionársele un grado de consolidación igual o superior al del suelo natural.

En los contratos de ejecución de obra, la partida correspondiente se denominará **“Rellenos de empréstito”**. Si en una misma obra existen algunos sectores en que sea necesario ejecutar rebajes y otros en que sea necesario ejecutar rellenos, el material proveniente de los primeros podrá ser transportado a los segundos, siempre se cumpla con las especificaciones que se establecen en esta sección.

En los contratos de ejecución de obras la partida correspondiente se denominará **“Excavación y rellenos compensados”**.

#### **1.2 Excavación y transporte a botadero**

La remoción del material del suelo podrá ser ejecutado por medios manuales o mecánicos y su transporte podrá efectuarse mediante cualquier medio adecuado como: camiones, traillas, cargadores frontales, volquetes, carros Decauville, carretillas, etc. la

elección del lugar del depósito a botadero será de exclusiva responsabilidad del contratista sin perjuicio de su aceptación por parte de la Inspección Técnica.

### **1.3 Relleno de Emprésito**

El material de emprésito que se emplee en la ejecución de los rellenos deberá corresponder a algunos de los siguientes tipos de suelos, de acuerdo a la Clasificación de Suelos de la AASHO. A – 1, A – 2, A – 3 o A – 4. La inspección Técnica deberá verificar, si es posible en forma ocular y por los métodos prácticos de reconocimiento de suelos que el material corresponde a alguno de los tipos indicados. En caso de existir dudas deberá efectuarse un análisis en Laboratorio.

Los rellenos deberán ejecutarse por capas horizontales de un espesor suelto no superior a 20 cm. Para su compactación, se empleará el tipo de compactador más adecuado, de acuerdo a la naturaleza del material.

Antes de iniciar la compactación, del terreno se deberá tener la humedad óptima necesaria.

### **1.4 Excavación y relleno compensado**

El material procedente de una excavación podrá emplearse en la ejecución de un relleno si cumple con lo establecido en el punto 2.1, en cuanto se refiere al tipo de suelo según la Clasificación AASHO.

## **2. Bases y Sub – bases de pavimentos**

### **2.1 Definición:**

Se define como sub-base una capa de agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, construídos sobre la subrasante y sobre la cual se construirá la base. Se define como base una capa de agregados pétreos convenientemente graduados y compactados, que puede contener además un agente estabilizador que puede ser construido sobre la subrasante o sobre la sub-base y sobre la cual se construirá el pavimento o capa de rodado.

Se define como subrasante el terreno o suelo natural debidamente perfilado sobre el cual se construirán sucesivamente la sub-base y la carpeta de rodado.

## **2.2 Subrasante:**

La subrasante deberá presentar características aceptables en cuanto a homogeneidad, estabilidad y capacidad portante. En cuanto a su composición granulométrica y a sus características físicas principales, se considerará aceptables como materiales de subrasante a los suelos clasificados en los grupos, A -1, A-2 Y A-3 de la clasificación AASHO, designación M 145-49. Los suelos que corresponden a los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 de dicha clasificación solo podrán ser empleados de acuerdo con las instrucciones del laboratorio, mejorando en forma adecuada su composición granulométrica. Los suelos que se observa un apreciable contenido de materia orgánica (A-8), no podrán ser utilizados como subrasante, debiendo reemplazarse el material del suelo en un espesor total de 30 cm. y colocando uno de características similares a sub-base.

Deberán eliminarse totalmente de la sub –rasante toda clase de materias vegetales y orgánicas, tales como raíces, troncos, pasto, etc.

## **2.3 Preparación de la subrasante**

Cuando las excavaciones o rellenos tengan los niveles aproximados, se procederá a compactarlos por medio de elementos exclusivamente mecánicos.

La elección del tipo de compactador se hará en conformidad a la clase del material de la sub-rasante, y deberá ser aprobada por la Inspección Técnica.

La compactación deberá hacerse en un ancho superior a la faja del pavimento a lo menos en 50 cm. a ambos lados. La subrasante deberá alcanzar una densidad uniforme y no mostrar ondulaciones no depresiones.

Las cotas de cada punto de su eje y su perfil transversal deberán corresponder exactamente a los planos de proyecto. El laboratorio indicará el contenido de humedad óptimo para la compactación.

En caso de producirse al paso de compactador movimientos ondulatorios, de resortes, etc. que denuncien la inestabilidad del terreno, deberá excavarse y reemplazarse el material inadecuado por un material que cumpla con las condiciones fijadas en el artículo anterior.

## **2.4 Sub-bases y bases**

Su ejecución se ajustará a lo establecido en los artículos siguientes:

### **2.4.1 Granulometría**

En la construcción de sub-bases granulares, los agregados pétreos deberán cumplir, con los requisitos de calidad, indicados en “Ensayes para obras de Pavimentación”.

La construcción de la sub-base deberá ajustarse al perfil existente rectificado de acuerdo al perfil tipo.

El material se colocará por capas, cuyos espesores compactados no podrán ser inferiores a 10 cm, ni superiores a 20 cm. El material extendido deberá tener una granulometría uniforme, y no presentar bolsones de materiales finos y gruesos.

Cuando haya que combinar y mezclar materiales de distinta procedencia, podrá usarse una planta mezcladora central o móvil; la dosificación de los agregados pétreos y del agua se hará en conformidad a los que indique el laboratorio.

La misma disposición se observa si la mezcla se hiciera en sitio.

Una vez terminada la operación de mezcla, se extenderá el material en una capa uniforme y se compactará por medios mecánicos. La compactación deberá progresar en forma gradual desde los costados hacia el centro, traslapando uniformemente cada franja con la precedente en 30 cm. como mínimo. La operación deberá continuar hasta que el material haya alcanzado por lo menos un 95% de la densidad máxima, seca observada en el ensaye Proctor Modificado Nch 1534 – 2.

Cuando la compactación produjere irregularidades superficiales, en el sector correspondiente se procederá a extraer y reemplazar el material colocado, repitiendo nuevamente las mismas operaciones descritas. En los lugares inaccesibles a los equipos

usuales, la compactación se efectuará con pisonos mecánicos o manuales, previamente aprobados por la Inspección Técnica.

En caso de no indicarse en proyecto el espesor de la sub-base esta tendrá como mínimo 20cm.

#### **2.4.2 Bases Granulares**

Las bases granulares estarán constituidas por mezclas bien graduadas de arenas y gravas naturales o trituradas, más un determinado porcentaje de arcilla.

Los agregados pétreos deberán cumplir con los requisitos de calidad indicados en “Ensayes para obras de Pavimentación”

Para la construcción de la base se adoptarán los mismos procedimientos señalados en la construcción de la sub-base, en especial en lo que se refiere a líneas, niveles y ancho de la faja.

La recepción de la base por parte de la Inspección Técnica tendrá lugar luego que esta haya dado su conformidad en cuanto al espesor y calidad de terminación de la misma. Cualquier área de la base terminada, cuyo espesor compactado sea inferior al indicado en los planos de proyecto, o que muestre irregularidades que excedan de un centímetro, deberá corregirse mediante escarificación de la superficie, agregando o sacando el material preciso, perfilando, recompactando y terminando en la forma ya establecida. No se permitirá ejecutar parches superficiales sin dicha escarificación previa.

La superficie de la base terminada no deberá presentar ningún punto cuya cota varíe en más de 1 cm, con respecto de las cotas del proyecto, su espesor no podrá ser inferior en más de un 5% al espesor especificado.

### **3. PAVIMENTOS DE CALZADAS DE HORMIGÓN DE CEMENTO VIBRADO**

#### **3.1 Definición**

El hormigón de cemento es una mezcla de cemento Pórtland con agregados pétreos (áridos) gruesos y finos, agua y aditivos, preparada en la forma y condiciones que se expresan más adelante, sometida a un proceso de endurecimiento.

Los hormigones se clasifican según su resistencia a la compresión, controlada en probetas de ensayos de hormigón fresco, o en testigos extraídos del pavimento. La confección de las probetas se efectúa en conformidad a la norma Nch E. of 75 el ensaye de probeta y testigos se efectúa de acuerdo a la norma Nch of 77. De conformidad a la norma Nch 170 Of. 85 los tipos normales de hormigones son los siguientes.

<b>Designación</b>	<b>Resist a compresión a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
H 5	50
H 10	100
H 15	150
H 20	200
H 25	250
H 30	300
H 35	350

En la construcción de calzadas de hormigón de cemento vibrado se emplearán hormigón de cemento vibrado se emplearán hormigones H30, H32 Y H34.

### **3.2 Cemento**

Deberá usar cemento Pórtland nacional que garantice cumplir con la norma Nch 148 Of 68. La marca de fábrica deberá estar inscrita en el registro de marcas del Instituto de Investigaciones y ensayos de Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile).

En caso que las bases especiales del contrato indiquen que deba usarse hormigón con aire incorporado, se usará un aditivo incorporador de aire aprobado por la Inspección Técnica.

Será de responsabilidad del Contratista garantizar la inviolabilidad y conservación del envase de cemento. Cualquier cemento que no satisfaga estos requisitos o que se muestre afectado por la humedad deberá ser retirado de la obra. El cemento que haya sido almacenado durante un período mayor de 60 días, sólo podrá ser usado previa autorización de la Inspección Técnica. Todo el cemento a emplearse en una obra, deberá ser de la misma marca y tipo, salvo autorización expresa de la Inspección Técnica.

En casos especiales se podrá autorizar el empleo de cemento de fraguado rápido y otros cementos especiales, a solicitud del contratista, y sin que ellos significasen variación del precio del pavimento.

### 3.3 Agregados pétreos

Los agregados pétreos deberán cumplir, en general, con la norma INN Nch 163. of. 79. La banda granulométrica que se adoptará en cada caso será la indicada en “Ensayes para Obras de Pavimentación”.

#### 3.3.1 Agregados Finos

El agregado fino que se empleará en los hormigones de cemento será el constituido, por arena natural, compuesta de granos limpios, duros, resistentes, durables y sin película adherida alguna, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrenos, partículas blandas o laminadas, álcalis, magra, arcilla, materias orgánicas y toda otra sustancia perjudicial. Deberá tener un módulo de finura comprendido entre 2,15 y 3,37 (tabla de la Nch 163 of 79). Si la arena cumple con el MF de la tabla N° 4 se deberá efectuar hormigón de prueba para verificación de uso de pavimentos.

Se considerarán cantidades excesivas de sustancias perjudiciales las que sobrepases, en peso, los porcentajes que se indican (individualmente):

- Material que pasa por el tamiz N° 200 ASTM : 3%
- Pizarra o arcilla esquitasa : 2%
- Carbón : 1%
- Terrones de arcilla : 1%
- Otras sustancias y fragmentos blandos : 1%

En ningún caso, la suma de estos porcentajes podrá exceder del 3% en peso.

Serán rechazados los agregados que, sujetos, al ensayo calorimétrico para la determinación de las impurezas orgánicas, según la norma AASHO – 21 produzcan un color más oscuro que el normal definido por la norma citada.

Se aceptará, en casos calificados por la Inspección Técnica que el agregado fino se leve previamente con soluciones adecuadas, hasta obtener un color normal.

Aparte de lo anterior, los agregados finos no podrán contener sales solubles, tales como cloruros y sulfatos, en proporciones mayores que las indicadas a continuación:

- a) Cloruros: Su contenido, agregado al que existe en los agregados gruesos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 2 kg. Por m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.
- b) Sulfatos: Su contenido, agregado al que existe en los agregados gruesos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 1 kg. Por m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

Las muestras de agregado fino se tomarán de acuerdo a la norma Nch E of. 76

### **3.3.2 Agregados Gruesos**

Como agregados gruesos para hormigones de cemento podrán emplearse:

- a) grava natural (ripió), material proveniente de bancos de ríos, esteros o pozos de lastre, el cual se empleará sin otra preparación que el hameado y lavado cuando así proceda, de acuerdo a la norma Nch 163 of. 79.
- b) Chancado o piedra triturada, proveniente de la trituración de rocas o piedras rodadas extraídas de ríos, esteros o pozos de lastre.
- c) Grava proveniente de rodados.

Los agregados gruesos deberán cumplir con las condiciones de calidad, dureza, tenacidad, y granulometría que establece la norma Nch 163 of 79.

El tamaño máximo de los agregados gruesos según el espesor del pavimento se indica en anexo “Ensayes para Obras de Pavimentación”

Los agregados gruesos deberán estar formados por partículas firmes. Durables y limpias, con un bajo porcentaje de partículas alargadas, su contenido de materias extrañas, tales como polvo, terrones, carbón, etc., no deberán exceder de los límites que se indican a

continuación; tampoco se aceptará la existencia de películas adheridas a su superficie, de cualquier naturaleza.

El porcentaje máximo aceptable de elementos alargados con una relación entre su mayor y menor dimensión igual o mayor que 4:1 será de un 5%.

Los porcentajes máximos admisibles de sustancias extrañas serán los siguientes:

- Material que pasa por el tamiz N° 200 ASTM : 0.5%
- Pizarra o arcilla esquitasa : 1.0%
- Carbón : 0.5%
- Terrones de arcilla : 0.5%
- Otras sustancias y fragmentos blandos : 0.5%

En todo caso, la suma de estos porcentajes exceder de un 0.5% en peso.

Aparte de lo anterior, los agregados gruesos no podrán contener sales saludables, tales como cloruros y sulfatos, en proporciones mayores que las indicadas a continuación:

- a) Cloruros: Su contenido, sumado al que existe en los agregados finos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 2 kg/m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.
- b) Sulfatos: Su contenido, sumado al que existe en los agregados finos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 1 Kg/m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

Las muestras de agregado grueso se tomarán de acuerdo a la norma Nch 164 E of 76.

### **3.3.3 Granulometría de los agregados pétreos**

Los agregados pétreos deberán cumplir con las bandas granulométricas indicadas en “Ensayos para obras de pavimentación”.

### **3.3.4 Muestras y ensayos**

Los agregados pétreos deberán ser sometidos a los siguientes ensayos:

- a) **Análisis granulométricos:** Para la toma de muestras se aplicará lo señalado en la norma Nch 164 of. 76, para la determinación de la granulometría, lo señalado en la norma Nch 163.
- b) **Resistencia al desgaste:** Se determinará mediante el ensaye Los Ángeles norma Nch 1369 of 78. Su valor máximo será de 20%.
- c) **Densidad:** Se determinará la densidad aparente (Norma Nch 1116 E. of 77) y las densidades real y neta (Normas Nch 1117 E of 77 y Nch 1239 of 77)
- d) **Porcentaje de huecos:** Se determinará mediante la norma Nch 1326 of.77.
- e) **Absorción de agua:** Se determinará mediante las normas Nch 1117 of 77 y Nch 1239 of 72.
- f) **Contenido de humedad:** El que indica el ensaye de laboratorio.

#### **3.4. Agua: Debe cumplir con Norma Nch° 1498.**

Para la preparación de los hormigones deberá emplearse agua potable cuyo suministro será de cargo de contratista. En todo caso, si fuere imposible disponer de agua potable, deberá usarse tanto en la elaboración como en el curado del hormigón agua limpia, exenta de materias en suspensión o en disolución que puedan ser perjudiciales, tales como aceites, sales glúridos, arcilla coloidal, etc.

Si a juicio de la Inspección Técnica se estimare comprobar la calidad del agua se tomarán muestras de ella para su análisis en laboratorio, o bien se confeccionarán probetas de hormigón con la misma agua y se determinará su resistencia a la compresión. En este último caso, los resultados que se obtengan no deberán ser inferiores en más de un 5% a los obtenidos usando agua potable.

**ADITIVOS:** Se podrán usar aditivos de acuerdo a las necesidades y condiciones de la obra adoptando las dosis recomendadas por el fabricante y controladas en dosificación por los laboratorios oficiales.

### **3.5 Responsabilidad del contratista sobre la calidad de los materiales**

Los materiales que no cumplieran con las especificaciones anteriores, ya sea para la elaboración de hormigón en pavimento, como para cualquiera otra obra de pavimentación o complementaria de ellas, serán rechazados.

El contratista estará obligado a presentar antes de la iniciación de las obras, los correspondientes análisis y ensayos de laboratorio de los materiales a emplear, a fin de comprobar si cumplen con las especificaciones respectivas y que, en consecuencia, podrán ser aceptados por la Inspección Técnica.

### **3.6 Dosificación del hormigón**

La dosificación del hormigón se efectuará de acuerdo a lo siguiente:

La dosificación que se emplee en obra debe ser tal que el hormigón cumpla con la resistencia especificada, la docilidad, el tamaño máximo del árido grueso y la dosis mínima de cemento la que garantiza durabilidad al desgaste e impermeabilidad. La dosis mínima de cemento para hormigones de calzada será de 340 kg\cem\m3.

#### **3.6.1 Definición**

Para efectuar la dosificación del hormigón deberá clasificarse previamente los agregados pétreos según tamaños especificados, procediendo a su almacenamiento por separado; ser procederá entonces a su combinación con el cemento, el agua y los aditivos en las proporciones fijadas por el diseño, de acuerdo en las especificaciones del presente artículo.

Sólo podrá efectuarse la dosificación después que todos estos materiales hayan sido aceptados por la Inspección Técnica.

#### **3.6.2 Modalidades y Unidades de Dosificación**

La dosificación se ejecutará en peso refiriendo las proporciones en bolsas de cemento de 42,5 kg, cuando el cemento fuere suministrado y manipulado en esta forma, o a kilos de cemento cuando sea suministrado y manipulado a granel.

### 3.6.3 Resistencia, Plasticidad y Relación Agua – Cemento

La dosificación deberá ser diseñada en forma tal de asegurar que el hormigón alcance la resistencia mínima a la compresión, flexo tracción que fijen la presentes Especificaciones Técnicas del Proyecto o en su defecto las Bases del Contrato.

La razón agua cemento se determinará por condiciones de resistencia y por condiciones de docilidad. En todo caso los procedimientos a emplear son los que se indican en punto 5.3 de la Nch 170 of. 85.

La relación agua cemento deberá estar comprendida entre que permita que el hormigón sea trabajable. La trabajabilidad del hormigón se medirá por el asentamiento, medio determinado con el cono de Abrams (Nch 1019 E of. 74).

El valor del asentamiento será el siguiente:

	MINIMO	MAXIMO
Hormigón Vibrado	3 cm.	4 cm.

Este valor corresponderá al medido en cancha.

### 3.6.4 Humedad de los agregados

Antes de iniciar la elaboración del hormigón, los agregados deberán estar suficientemente secos, con un contenido de humedad estable, en forma que no se produzca separación visible del agua durante el transporte del agregado a la unidad mezcladora. En todo caso la humedad de los áridos se debe corregir en el agua de amasado.

El agua de amasado se debe medir con una tolerancia de + - 1% corregida según la condición de humedad de los áridos y la cantidad de aditivo líquido, si se usa (Nch 170-85 párrafo 8.1.4).

Deberá disponerse de los medios necesarios para establecer el contenido de humedad de los agregados, a fin de poder hacer las correcciones necesarias en la cantidad de agua y mantener constante la relación agua cemento.

### 3.6.5 Ajuste en las Proporciones

Las proporciones determinadas en la dosificación podrán ser sometidas a los siguientes ajustes.

- a) Ajuste por variación trabajabilidad. Si resultase imposible obtener un hormigón con la trabajabilidad que se desea, con las dosificaciones originalmente aceptadas por la Inspección Técnica, ésta podrá autorizar los ajustes necesarios en los pesos de los agregados, siempre y cuando no varíe la resistencia nominal especificada originalmente, excepto en los casos indicados en las letras (c) y (d) siguientes:
- b) Ajuste por variaciones en rendimiento. Si el contenido calculado, aumentara o disminuyera en más del 2% las dosificaciones podrán ser ajustadas con autorización de la Inspección Técnica, para mantener el contenido de cemento dentro del límite indicado y asegurar la resistencia nominal especificada, la relación agua cemento no deberá exceder, en ningún caso de la especificada.
- c) Ajuste por exceso en el contenido de agua. En caso que al emplear el contenido de cemento especificado, el hormigón no alcanzara la trabajabilidad requerida, se podrá exceder el contenido máximo de agua permitido, aumentando al mismo tiempo el contenido de cemento, con autorización de la Inspección Técnica, para cumplir con la relación agua cemento previamente establecido.
- d) Ajuste por materiales de diferente procedencia. No deberá hacerse ningún cambio en cuanto al origen de los materiales sin aviso previo a la I.T.O. y ningún material de procedencia diferente podrá ser empleado mientras dicha inspección no los haya aceptado en base a ensayos y mezclas de prueba.

Los ajustes indicados serán efectuados por Laboratorio autorizado.

### 3.6.6 Dosificación en Obra

Se procederá a la medición y dosificación de los materiales en obra, lo que deberá efectuarse en planta o con equipos especiales.

- a) **Cemento:** Podrá emplearse cemento en bolsas o a granel. La dosificación deberá quedar dentro de un límite de tolerancia de 1% sobre o bajo el peso especificado.
- b) **Agua:** El agua podrá ser medida en volumen o en peso. La exactitud en su medición deberá estar dentro de un margen de error que no exceda del 1%.
- c) **Agregados pétreos:** Todos los agregados producidos o manejados mediante métodos hidráulicos, así como los agregados lavados, deberán ser almacenados en tolvas, para que el agua escurra totalmente por lo menos 12 horas antes de ser empleado.

En caso que los agregados tengan un contenido alto o desuniforme de humedad, la inspección técnica podrá exigir un período de almacenamiento mayor de 12 horas.

El límite de tolerancia con respecto a los pesos de los agregados será del 2%.

### **3.6.7 Aditivos**

Los métodos y equipos para agregar aditivo al hormigón deberán ser aprobados por la Inspección Técnica. La tolerancia en su exactitud será del 1%.

### **3.7.1 Plantas y Equipos Dosificadores**

La planta dosificadora deberá contar con tolvas o depósitos, tolvas pesadoras y pesas para el agregado fino y para cada fracción del agregado grueso. Cuando el cemento fuese empleado a granel, se deberá contar con un depósito o tolva y un elemento para el pesaje.

Los elementos de pesaje deberán tener una exactitud del 0.5% en toda la escala de su uso.

### **3.7.2 Unidades Mezcladoras**

La elaboración del hormigón deberá ser en mezcladoras (betoneras) operadoras mecánicamente, que podrán ser: a) de carga intermitente y b) de carga simultánea.

La mezcla deberá ser homogénea y no presentar conglomeraciones o apariencias de una defectuosa distribución del cemento.

Las medidas podrán ser de tipo de tambores revolvedores o de paletas revolvedoras, operadas uniformemente a la velocidad de mezclado recomendada por el fabricante. Las paletas deberán ser reemplazadas o reconstituidas cuando cualquiera de sus partes alcance un desgaste no superior a 25 mm.

Toda mezcladora, ya sea de planta central o móvil, deberá tener en un lugar visible una placa de fábrica, que indique la capacidad del tambor, expresada en volumen de hormigón, como también la velocidad de rotación del tambor o de las partes.

El equipo mezclador deberá ser aprobado por la Inspección Técnica, la cual comprobará su funcionamiento y la calidad del hormigón elaborado, en especial su homogeneidad y uniformidad.

Toda planta estacionaria deberá estar equipada con un dispositivo de medición del tiempo, que detenga automáticamente la rotación del tambor al completarse el tiempo de revolutura especificado.

Las mezcladoras deberán ser limpiadas a intervalos regulares de tiempo, manteniéndose siempre la superficie interna del tambor completamente libre de materiales adheridos.

NOTA: La unidad mezcladora será de capacidad mínima de 250 litros.

### **3.7.3 Temperaturas**

La temperatura del hormigón, inmediatamente antes de su colocación, no deberá ser inferior a 10°C, ni superior a 32°C. La temperatura atmosférica no podrá ser inferior a 4° C.

### **3.7.4 Carga de la mezcladora**

Deberá emplearse el siguiente orden de carga de los materiales en la mezcladora:

- a) Para mezcladoras de carga intermitente:

1. 80 a 90% del agua
2. 50% del agregado grueso
3. el total del agregado fino
4. el total del cemento
5. el resto del agregado grueso
6. el resto del agua

b) Para mezcladoras de carga simultánea:

1. 80 a 90% del agua, simultáneamente con el total de los agregados y del cemento.
2. el resto del agua

El volumen de hormigón elaborado en cada revoltura no podrá exceder la capacidad nominal de la mezcladora.

### **3.7.5 Tiempo de revoltura**

El tiempo de revoltura deberá ser medido a partir desde el momento en que todos los materiales se encuentren cargados en el tambor de la mezcladora.

La carga deberá permanecer dentro de la mezcladora un tiempo de 90 segundos como máximo. Sin embargo, este tiempo podrá ser diferente, si las especificaciones de la mezcladora utilizada indicarán otros períodos de revoltura adecuados.

### **3.7.6 Tipos de Operación**

El hormigón podrá ser mezclado y entregado en obra mediante cualquiera de los siguientes sistemas:

- a) Mezcla en planta y transporte a obra en camiones provistos i no de equipo revolvedor.
- b) Mezcla iniciada en planta y completadas con equipo revolvedor sobre camión.
- c) Mezcla en tránsito, con equipo revolvedor sobre camión.
- d) Mezcla revolvedora portátil en obra.

Las mezcladoras montadas en camión deberán estar equipadas con contadores de revolución, actuados eléctricamente o mecánicamente. Estos contadores deberán ser de registro continuo y estar ubicados en lugares seguros y de fácil acceso.

### **3.7.7 Transporte del hormigón**

El hormigón elaborado en planta deberá ser transportado a la obra en camiones provistos de agitadores o mezcladores, según lo indicado en 3.7.6. Si no contaran con tales dispositivos, el transporte podrá efectuarse siempre que el momento de colocación en obra se constate que la consistencia y la trabajabilidad del hormigón sean las adecuadas y siempre que el hormigón cumpla, después de transportado, con todos los requisitos que se establecen en las presentes Especificaciones.

a) Transporte en camiones agitadores y mezcladores

Los agitadores y mezcladores no podrán cargarse más allá de lo especificado por el fabricante.

Durante el transporte o luego de su llegada a la obra, no podrá agregarse agua adicional al hormigón, salvo órdenes expresas de la Inspección Técnica. En el caso, el tambor deberá efectuar un mínimo de 30 revoluciones a velocidad de mezcla antes y después de ser agregada el agua adicional.

b) Transporte en camiones no provistos de elementos de mezcla.

Las tolvas de los camiones deberán estar construidas de modo que no se produzcan pérdidas de hormigón, ni que éste quede adherido a sus paredes luego de la descarga. El hormigón transportado en tolva abiertas, deberá ser protegido de la acción del sol y del viento, mediante una lona o dispositivo adecuado.

La descarga en obra del hormigón transportado en estos equipos deberá efectuarse en un plazo máximo de 60 minutos, contados desde el término de la primera descarga de betonera.

### **3.7.8 Plazo de transporte**

Deberá ser trasladado el hormigón de la hormigonera a su labor de colocación en un tiempo menor de 30 minutos, pudiéndose aceptar un plazo mayor si mantiene la docilidad del hormigón sin agregar agua.

Nch 170 85 Párrafo 9.2

Si el transporte no cumpliera con estas condiciones, deberá modificarse el respectivo sistema con aprobación de la Inspección Técnica, o bien deberá modificarse la dosificación del hormigón, hasta obtener el resultado requerido.

## **3.8 Equipos para la colocación de pavimentos de Calzadas de Hormigón de cemento Vibrado.**

Se describen a continuación los equipos de uso habitual para el fin indicado.

### **3.8.1 Sistemas de Construcción**

Para las operaciones de vaciado, extensión, compactación y terminación del hormigón en obra, podrán emplearse sistemas totalmente o parcialmente mecanizados, según de ellas, respectivamente, sean ejecutadas por medios mecánicos.

Los equipos mecanizados y las herramientas que se empleen en la construcción según dichos sistemas, deberán cumplir con las prescripciones que se establecen, en el presente Artículo y además, ser aprobadas por la Inspección Técnica.

### **3.8.2 Elementos de uso general**

En toda obra de pavimentación de calzada de hormigón de cemento, cualquiera sea el sistema de construcción empleado disponerse de los siguientes elementos de uso general.

a) **Moldes:** Los moldes laterales deberá fabricarse de planchas de acero de un espesor mínimo de 6 mm, y de un largo no inferior a 3m. llevando un chaflán en su punto medio. Solo se aceptarán de forma trapezoidal o circular.

Para curvas de radio comprendido entre 57m. y 14m.se usarán moldes de 1,5m de longitud.

Para radios inferiores a 14m. se usarán moldes de 1m. de longitud.

El molde, hecha de una sola pieza, deberá tener una altura igual al espesor del pavimento de hormigón, el ancho de su base podrá ser hasta un 20% menor que su altura, para que al cambiar de posición en 90°, pueda ser empleado en un pavimento de menor espesor. Longitudinalmente, los moldes deberán ser rectos, sin torceduras, abolladuras u otros defectos.

Todos los moldes deberán ser lo suficientemente rígidos para resistir, sin efectos sensibles de flexión ni torsión, las solicitaciones estáticas y dinámicas transmitidas por el equipo mecanizado. La máxima deformación en cualquier sentido que podrá sufrir el molde será de 3 mm.

Los moldes que se encuentren deteriorados, torcidos o con señales de desgaste, deberán ser retirados de la obra.

Para su colocación, los moldes deberán tener dispositivos adecuados de conexión con los adyacentes y disponer en su base de un mínimo de tres perforaciones para su anclaje.

La inspección técnica rechazará cualquier molde o partida de ellos que no cumpla las condiciones señaladas. El contratista deberá disponer de un número suficiente de moldes, a fin de asegurar la continuidad de la FAENA.

b) **Estacas:** Deberá disponerse de un número suficiente de estacas de fierro de diámetro no inferior a ½" (13 mm.) y largo no inferior a 30 cm. para el trazado de ejes y líneas de soleras y para el anclaje de los moldes.

c) **Pletina Cortadora de Juntas:** Se dispondrá de una pletina de altura igual a un cuarto del espesor del pavimento y de 6 a 8 mm. de espesor y un dispositivo para su colocación por el sistema de vibración en el hormigón fresco.

d) **Equipo de Aserrado de Juntas:** El contratista deberá contar con el equipo adecuado. Las sierras podrán ser del tipo de hoja de sierra de filo de diamante o de rueda abrasiva, ambos refrigerados por agua.

e) **Techo Móvil de Protección:** El contratista deberá disponer en la obra de un techo o carpa que proteja el pavimento recién construido de la acción del sol y del viento. La protección deberá ser tanto superior como lateral. También podrá usarse equipos portátiles, pulverizadores con agua para mantener húmeda la superficie del hormigón.

### 3.8.3 Equipo Mecanizado

El equipo pavimentador estará formado por un distribuidor mecánico del hormigón, un dispositivo regulador de espesor, el equipo de vibrado y el regulador de espesor, el equipo de vibrado y el equipo de alisado, todo lo cual deberá estar integrado e interconectado para actuar sincrónicamente, y permitir una perfecta distribución, compactación y terminación del hormigón.

Este equipo podrá estar montado en un marco único o bien cada uno de sus elementos en marcos independiente que se desplazarán mediante ruedas metálicas sobre los moldes o sobre el pavimento adyacente, en este último caso, el contratista deberá tomar las precauciones debidas para evitar el deterioro del pavimento usando láminas de gomas, interpuestas entre las ruedas y el pavimento, o usando ruedas de goma.

El equipo vibrador podrá ser de superficie (tipo flotante), formado por una viga de hacer, que puede coincidir con la viga del equipo regulador de espesor; la vibración deberá tener una frecuencia mínima de 3500 revoluciones por minuto y su intensidad deberá ser la suficiente para alcanzar hasta una distancia de 30 cm. en dirección normal a la línea de acción del vibrador.

La forma de la viga deberá ajustarse al perfil transversal del pavimento o bombeo el que tendrá una pendiente del 7% en el primer metro y un 2% en el resto hasta llegar el eje de la calzada. La cuneta que se forma permite el buen escurrimiento de las aguas lluvias. La pendiente del 7% podrá ser mayor si así si indicara en proyecto respectivo. En pasajes el bombeo será de un 3% hacia el centro o de 2% hacia los costados dependiendo de la topografía.

El equipo también podrá ser de vibración interna (tipo de inmersión), ya sea de tubo sumergido o de cabezas vibradoras múltiples. Los del primer tipo deberán tener una

frecuencia de 5000 vibraciones por minuto y los del segundo de 7000 vibraciones por minuto, como mínimo.

Podrá también usarse otros métodos mecánicos de vibrado siempre que ellos sean aceptados por la Inspección Técnica.

El equipo de alisado podrá ser de tipo transversal, longitudinal o diagonal y deberá permitir una perfecta terminación de la superficie.

Se aceptará emplear un sistema parcialmente mecanizado, el que deberá disponer como mínimo de una cercha vibradora, con iguales características a las señaladas anteriormente, accionada por un motor a gasolina o eléctrico de la potencia necesaria, provista de asas o mangos en ambos extremos para ser movida manualmente en la dirección de avance del hormigonado.

### **3.9 Operaciones Previas de la Construcción**

Se refiere a operaciones que deben ejecutarse en terreno antes de la colocación del hormigón.

#### **3.9.1 Rectificación de la Base**

Como primera operación deberá revisarse y rectificarse la superficie de la base estabilizada, para lo cual se usará una cercha con el gábilo correspondiente. Toda diferencia de altura superior a 5 mm. Deberá ser corregida, extrayendo o agregando el material necesario y recompactando con medios adecuados.

A su vez, deberá cuidarse que las tapas de cámaras y demás elementos constructivos ubicados, en la faja por pavimentar, se encuentren exactamente en el nivel que le corresponda. Igual precaución deberá adoptarse con respecto a las soleras.

#### **3.9.2 Métodos de Aislación entre la Base y el Pavimento**

A fin de obtener una perfecta Aislación y separación entre la base y el pavimento, se procederá como sigue:

Sobre la base, que deberá mantenerse constantemente con el contenido de humedad óptima, se colocará una capa de arena máxima de 1 cm., de espesor, la que a su vez, también se mantendrá permanentemente húmeda.

### **3.9.3 Colocación de los Moldes**

Al ser colocados los moldes deberán quedar totalmente apoyados en el terreno y anclados a él mediante estacas. Cualquier punto de la base que se encontrare bajo el nivel necesario para apoyar el molde, deberá ser rellenado hasta dicho nivel con material granular menos a ½”, compactado con las mismas exigencias de la base. La cara interior del molde deberá aceitarse.

La colocación de los moldes deberá siempre estar suficientemente adelantada con respecto al avance del hormigonado.

No se tolerará una desviación en la alineación de los moldes superior a 5 mm.

## **3.10 Construcción de Pavimentos de Calzadas de Hormigón**

Contiene todas las operaciones necesarias para la construcción del pavimento.

### **3.10.1 Colocación y Compactación del Hormigón**

La descarga del hormigón desde los camiones de transporte deberá hacerse con las suficientes precauciones para evitar la segregación. Si el hormigón fuese elaborado en mezclador móvil, el transporte deberá hacerse en carretillas “hormigoneras”, con ruedas de goma y evitar todo golpe o sacudida que pudiese producir segregación.

Si no contase con un esparcidor mecánico del hormigón, el esparcido se hará mano usando palas únicamente; por ningún motivo rastrillos; el hormigón, una vez extendido, deberá quedar con una sola altura un poco superior a la de los moldes, teniendo en cuenta el descenso que experimentará luego de la compactación.

Los operarios no deberán caminar sobre el hormigón fresco con botas o zapatos cubiertos de tierra o barro.

Mediante el equipo de trabajo mecanizado, se efectuarán la operación regulación de espesor, vibrada y alisamiento de la superficie siguiendo las prescripciones del catálogo de fábrica.

En una operación parcialmente mecanizada, la compactación se efectuará mediante cercha vibradora, y 2 vibradores de inmersión los cuales se colocarán junto a la cercha en ambos extremos. Ambos deberán moverse a velocidad uniforme, manteniéndose siempre en posición perpendicular al eje del pavimento.

La velocidad de avance se regulará de modo que el vibrado se prolongue hasta el instante en que se observe aparecer sobre la superficie del pavimento una lechada superficial de cemento; no antes ni después.

### **3.10.2 Terminación y Alisado de la Superficie**

Si la operación completa no hubiese sido ejecutada por el equipo mecanizado, se procederá a la terminación de alisado de la superficie del pavimento, de acuerdo a la siguiente frecuencia:

**a) Frotación:** Se efectuará un cepillo o platocho de madera, provisto por un brazo largo de menor a 3.60m. el ancho de este cepillo no será menor de 15 cm. e irá debidamente reforzado para evitar que flexione. El cepillo se hará deslizar sobre la superficie mediante movimientos de vaivén, mientras es mantenido en una posición de frotación normal al eje de la calzada, pasando gradualmente de un lado al otro. El borde del cepillo deberá remover el exceso de material desde los puntos altos hacia las depresiones, eliminando a su vez el exceso de agua o lechada de cemento. El movimiento de traslación, en el sentido del eje de la calzada, deberá hacerse con desplazamientos sucesivos no mayores que la mitad del ancho del cepillo y en forma que haya una transición perfecta entre una y otra pasada.

**b) Rectificación y comprobación con la cercha:** A continuación del cepillado, se hará deslizar sobre la superficie del pavimento una cercha de madera que corresponda al perfil transversal del mismo. Mediante esta cerca se comprobará si la superficie se ajusta a dicho perfil; en caso contrario, se deberá rectificarla, rellenando las depresiones con hormigón

recién mezclado que se compactará manualmente, o bien retirando el exceso de material en los puntos altos.

**c) Terminación Final:** La terminación final se hará mediante una cinta de goma de un ancho no menor de 20 cm. y por lo menos un metro o más larga que el ancho de la faja pavimentada o de la media calzada, según corresponda. La cinta deberá tener agarraderas adecuadas que permitan una manipulación controlada y uniforme. Se operará mediante recorridos cortos y transversales con respecto al eje longitudinal y con un rápido avance paralelo a dicho eje. La cinta deberá mantenerse limpia y sin adherencias de mortero. También se podrá terminar la superficie con la pasada de un escobillón para obtener una superficie rugosa. El escobillón se pasará desde el centro hacia la solera recubriendo cada pasada a la interior. Las estrías que se formen en la superficie del pavimento deber ser paralelas y de un ancho no mayor de 1.5 mm. Esta operación se ejecutará luego que haya desaparecido la lechada superficial del pavimento.

Terminación de los bordes de las juntas. en el punto 3.11 y siguiente, sobre construcción de las juntas, se indicará la forma de proceder para la terminación de dichas juntas.

### **3.11 Construcción de las Juntas en el Pavimento**

Se describe a continuación el sistema de ejecución de los diferentes tipos de juntas usadas en los pavimentos de hormigón.

#### **3.11.1 Juntas Transversales de Contracción**

Las juntas transversales de contracción se construirán a una distancia de 4.00m. entre sí, y de modo que las construidas en una faja del pavimento coincidan con las construidas en las fajas restantes.

En pasajes las juntas irán a una distancia de 3.00m. entre sí.

Solo cuando lo establecieron expresamente los planos del proyecto o las acero estriado para la transferencia de cargas de una losa a la adyacente, en el sentido de avance del hormigonado.

Las características de los pasadores entiéndase diámetro, longitud y separación serán definidas por cálculo.

Las juntas de contracción serán construidas en el hormigón endurecido.

Solo se permitirá ejecutarla en el hormigón fresco en el caso que se construyan zarpas donde el resto de la calzada adyacente, sea de estabilizado adocreto o asfalto.

a) **Juntas de contracción en el Hormigón fresco.** Este sistema consiste en la construcción de juntas insertando, por vibración, una pletina formadora de juntas en el hormigón fresco, según lo indicado en Punto 3.8.2 letra c) Deberán rectificarse los bordes de las juntas con un rodón metálico de forma angular, para después ser rellenada con un material sellante.

Se deberá recompactar toda la zona adyacente a la junta luego de vibrado para colocación de la pletina, mediante un pisón debidamente aprobado por la Inspección Técnica.

**b) Juntas de Contracción en el Hormigón endurecido**

Se usará el equipo de aserrado indicado en el Punto 3.8.2 d) El primer corte tendrá una profundidad de  $\frac{1}{4}$  del espesor de la losa y un ancho de 4 a 6 mm.

El segundo corte tendrá una profundidad de 10 mm. y un ancho de 8 mm. se limpiará cuidadosamente antes del sellado el cual irá en la caja superior a fin de evitar la formación de grietas incontroladas de retracción de fraguado, el aserrado se iniciara tan pronto como lo permita el endurecimiento del hormigón pero con las precauciones necesarias para evitar cualquier daño que pueda ocasionar la sierra, si no se hubiere llegado al punto preciso de endurecimiento. El plazo máximo para ejecutar el aserrado se considerará de 24 horas luego de terminada la construcción del pavimento.

Si durante la construcción de las juntas aserradas se produjeren grietas incontroladas, no se aserrarán las juntas de contracción que queden a distancias menores de 1.8 m. de dichas grietas, debiendo sellarse la grieta con el mismo material que el resto de las juntas.

En caso que aparezca una grieta incontrolada a una distancia menor de 1.80 m. de una junta ya aserrada deberá ser rellenada con resina epóxica.

Antes de aserrar las juntas, éstas deberán ser marcadas en todo el largo del pavimento y no se aceptarán desviaciones laterales de 15mm. Si el aserrado se efectuase antes de retirar los moldes, se dejará la parte próxima al molde sin aserrar, completándose la operación luego de retirados.

De igual forma se deberá completar el corte de la junta hasta el borde de la solera con otro medio que será visado por la I.T.O.

En cuanto se haya efectuado el corte de las juntas, éstas deberán limpiarse con escobillones o por otro medio, para extraer los residuos de hormigón que hubiesen quedado en su interior.

3.11.1 b) Sin perjuicio de lo anterior, podrá usarse un sistema mixto cuya finalidad principal consiste en eliminar la formación de grietas incontroladas en el hormigón endurecido.

Se procederá a insertar en el hormigón fresco una huincha de fibro cemento de espesor 6 mm. y una altura equivalente a  $1/5$  del espesor de la losa.

Esta huincha será del ancho de la faja y quedará. El aserrado de la caja será idéntico a lo indicado en párrafos anteriores.

### **3.11.2 Juntas Transversales de Expansión**

Estas juntas se construirán solamente en los siguientes casos:

- a) Unión de un pavimento nuevo con uno antiguo.
- b) Puntos de cambio del espesor o del ancho del pavimento. Debe entenderse también como punto de cambio del ancho del pavimento, el fin de un cuello de una calzada nueva.
- c) Empalme de un pavimento con otras estructuras, tales como, puentes, losas, vías férreas, etc. En este caso, la junta no se construirá directamente en el empalme, sino separada de él por un longitud de pavimento equivalente a la separación entre dos juntas de contracción.
- d) En los contornos de cámaras y sumideros ubicados dentro de la faja de pavimento.

La junta de expansión alrededor de una cámara de inspección será circular separada a una distancia mínima de 0.30 m. del anillo. Se exceptúa el caso de las rejillas de sumidero de aguas lluvias la que puede ser rectangular.

Si la cámara de inspección intercepta la junta longitudinal o transversal, la junta de expansión también puede tener forma tipo rombo.

Para la construcción de las juntas de expansión del tipo 1 (lámina 34 del código de Normas de Pavimentación MINVU) se usará como moldaje una tabla de 1" (2.5 cm.) de espesor y de una altura inferior en 2.5 cm. a la altura del pavimento, deberá usarse ciprés o pino California; esta tabla deberá tener sus caras cepilladas y saturadas totalmente de agua; además deberá estar provista de perforaciones para los pasadores.

La tabla en referencia no será retirada luego de la terminación del pavimento, sino permanecerá en el interior de la junta.

Las juntas de expansión deberán estar provista de pasadores de acero liso de una longitud mínima de 40 cm.; y con un esparcimiento de 30 cm entre si, colocados a la mitad de la altura de la losa. Su diámetro será en función del espesor del pavimento como se indica a continuación.

<b>Espesor del Pavimento</b>	<b>Diámetro del pasador</b>
15 cm	19 mm.
18 cm.	22 mm.
20 cm.	25 mm.
22 cm.	29 mm.

La mitad del pasador quedará anclada en una de las losas, la otra mitad deberá engrasarse y quedará inserta en su extremo dentro de una vaina o casquete metálico, de modo que pueda deslizarse en su interior libremente.

La ranura interior de la junta tendrá un ancho de 2 cm. y una profundidad de 2.5 cm. y deberá ser producida en el hormigón fresco mediante un cuchillo que penetre por vibración. Se rellenará la ranura con una tira rígida de material adecuado, la que se

eliminará luego del fraguado del hormigón, mediante fresado. Se limpiará acuciosamente esta ranura antes del sellado.

Sin perjuicio de lo indicado anteriormente también podrán ejecutarse juntas de expansión del tipo 2,3 o 4 (lámina 33 del código de Normas de Pavimentación MINVU) donde el material llenante será lámina de poliestireno expandido de 30 mm. siendo su altura inferior en 2.5 cm a la altura del pavimento. En este no se colocan pasadores.

### 3.11.3 Juntas Transversales de Construcción

Estas juntas se dispondrán en los términos de faenas diarias debiendo coincidir con una junta transversal de contracción prevista. Para la ejecución de las juntas de construcción se usará como moldaje una tabla de álamo o pino cepillado de 1" de espesor y de ancho igual a la altura del pavimento. Menos 2.5 cm. solidamente anclada al terreno para asegurar su inmovilidad.

Deberá contar con las perforaciones necesarias para la colocación de pasadores de acero; estos tendrán una longitud mínima de 0.40m. y un espaciamiento de 0.30m. entre sí. Su diámetro, en función del espesor del pavimento, es como se indica a continuación.

<b>Espesor del Pavimento</b>	<b>Diámetro del pasador</b>
15 cm.	19 mm.
18 cm.	22 mm.
20 cm.	25 mm.
22 cm.	29 mm.

Los pasadores se colocaran a la mitad de la altura de la losa; estarán constituidos por barras de acero liso. Se engrasará la mitad del largo de la barra para permitir el libre movimiento de las losas en uno de sus extremos.

Al continuar el hormigonado, se tendrá especial cuidado en que la parte superior de la junta quede libre de hormigón, para su posterior sellado.

Esta junta tendrá un ancho de 6 a 8 mm. y una profundidad de 2.5 cm. Si por algún imprevisto, el término diario no coincide con una junta transversal prevista, se colocará

como moldaje un molde metálico con chaflán con perforaciones a media altura para colocar pasadores de acero estriado de longitud 6cm. espaciados a 70cm. Su diámetro será de 12mm. si la losa es menor o igual a 18cm. de espesor y 16mm. para espesores mayores a 18cm.

Una vez retirado el molde, no se engrasarán los pasadores de tal forma de asegurar la unión entre las dos caras de la junta.

Al continuar el hormigonado, el primer paño tendrá como longitud la diferencia con el anterior para completar 4m. De todas formas la longitud mínima para un paño de un corte imprevisto será de 1m.

#### **3.11.4 Juntas Longitudinal**

Estas juntas dividirán la calzada en dos o mas fajas paralelas; la distancia máxima entre juntas será de 4,00 m y a la mínima de 3 m.

La junta longitudinal se materializará por medio de los moldes laterales. Estos deberán tener una saliente en la mitad de la altura, de forma semicircular o trapezoidal, para constituir entre ambas losas una articulación del tipo de caja y espiga; además, los moldes estarán previstos de perforaciones circulares para la colocación de los pasadores, cuando así lo especificaran las Bases Técnicas Especiales del Contrato, o el Proyecto de Ingeniería.

Sin embargo será obligación colocarlos cuando se hormigone más de 1 faja y no se consulte la colocación de soleras como elemento de confinamiento. Estos pasadores no tienen función estructural sino, solo amarran las fajas para evitar su separación.

Los pasadores se colocarán en el hormigón fresco al hormigonar la primera faja del pavimento; serán de acero estriado y no se engrasarán previamente, tendrán una longitud de 60cm. y un espaciamiento de 70 cm; sus diámetros, de acuerdo al espesor del pavimento serán los siguientes:

<b>Espesor del Pavimento</b>	<b>Diámetro del pasador</b>
15 cm.	12 mm.
18 cm.	12 mm.
20 cm.	16 mm.

22 cm.

16 mm.

Una vez retirados los moldes, se engrasará prolijamente el borde del pavimento de modo de asegurar la separación de las losas.

Al hormigonar la segunda faja, se construirá la ranura superior de la junta mediante terminación a mano con rodón metálico; esta ranura tendrá un ancho de 6 a 8 mm. y una profundidad de 2.5 m.

### **3.12 Sellado de las Juntas**

Para el sellado de las juntas, se usará un mortero asfáltico en caliente. En caso que dichas Bases Técnicas Especiales lo establezcan se usarán otros tipos de sellantes (premoldeados), debiendo especificarse el material y el sistema de colocación.

#### **3.12.1 Morteros Asfálticos en Caliente**

La junta deberá ser limpiada escrupulosamente, removiendo el polvo y materias extrañas mediante escobillones y otros elementos adecuados, prefiriéndose el uso de aire comprimido y soplete para secar.

En seguida se imprimirán las paredes de la junta con un asfalto líquido MC-O, usando una brocha. Luego, se dejará secar totalmente.

Para el sellado se usará una mezcla asfáltica, preparada en planta o en mezcladora móvil (betonera), formada por cemento asfáltico y filler mineral, dosificada en laboratorio y cuyos porcentajes en peso deberán estar comprendidos entre los siguientes límites:

- Cemento Asfáltico : 75 a 85%
- Filler Mineral : 15 a 25%

Se usará un cemento asfáltico de penetración 40 – 50 para clima cálido, de penetración 60 – 70 para clima templado, y de penetración 85 – 100 para clima frío.

Se considerará como filler mineral a la fracción de agregado fino que pasa por el tamiz N° 200. Podrá ser de origen natural, provenir de la trituración de Carbonatos de cal, cemento Pórtland, u otra sustancia mineral no plástica. Deberá cumplir las siguientes granulometrías.

<b>Tamiz ASTM</b>	<b>%En peso seco que pasa</b>
N° 30	100
N° 100	90
N° 200	65

La temperatura de elaboración de la mezcla podrá llegar a 175° C y la colocación no será inferior a 135° C.

Se procederá a sellar la junta con el mortero asfáltico, usando de preferencia distribuidores mecánicos, en forma de obtener un relleno con una cantidad de mezcla precisa, sin derrame superficial; podrá sin embargo, dejarse una pequeña comba en la superficie, previniendo un ligero descenso al compactarse el sellando bajo la acción del tránsito.

Si este descenso fuera mayor que el previsto, deberá colocarse el material de sello faltante que fuere preciso.

### **3.13 Curado del Hormigón**

El proceso de curado se iniciará inmediatamente finalizadas las operaciones de terminación de la superficie, mediante la colocación del techo móvil o pulverizados mencionando en el punto 3.8.2 letra (e).

Una vez que el hormigón haya endurecido hasta el punto en que se observe la desaparición de la humedad superficial, se colocará los elementos necesarios para el curado inicial, de acuerdo a los métodos que se indican en el punto 3.13.1

Los moldes metálicos no podrán ser retirados antes de transcurridas las 24 horas de la finalización de la construcción del pavimento. Dicha operación deberá hacerse cuidadosamente en forma de no dañar las paredes de la junta longitudinal.

### **3.13.1 Curado bajo sello**

Los productos químicos que se emplee para forma una película superficial impermeable sobre el pavimento, deberán cumplir con las normas ASTM C309-74\* o AASHO M148-62

Estos compuestos deberán ser aplicados mediante pulverizadores del tipo de atomización completa, provista de un dispositivo para mantener una agitación continua al compuesto durante el proceso de aplicación. Deberá obtenerse una película superficial continua y de espesor uniforme.

La dosis de sellante por metro cuadrado deberá regirse por las especificaciones de fábrica o bien, según lo indique la Inspección Técnica.

Si la película de sello fuere dañada o parcialmente destruida durante los diez días siguientes a la terminación del pavimento, deberá ser reemplazada de inmediato.

Al retirar los moldes laterales, los costados de las losas deberán ser protegidos inmediatamente con una aplicación de sellante químico.

### **3.13.2 Curado con cubierta impermeable**

Las cubiertas impermeables para el curado de hormigón podrán ser papel Impermeable, plásticos (polietileno), u otro producto aprobado por la Inspección Técnica.

La cubierta podrá colocarse en forma de pliegos o de rollos asegurando una cobertura perfecta sobre toda la superficie y con un traslape mínimo de 10 cm. Incluyendo los costados de las losas cuando sea necesario.

## **3.14 Entrega del Pavimento al Tránsito**

La entrega del pavimento al tránsito se hará después de transcurridos 28 días o según criterio del proyectista desde la fecha de construcción.

En todo caso será obligación del contratista solicitar a la Inspección Técnica su autorización para la entrega. Esta se concederá una vez que se hubiera constatado que el hormigón ha completado su período normal de fraguado, que la superficie del pavimento está perfectamente limpia y que se ha procedido al sellado de las juntas

---

## **N°2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES PARA PROYECTO DE PAVIMENTACION**

### **INTRODUCCIÓN**

Las obras deberán ejecutarse de acuerdo a las presentes especificaciones y a los planos correspondientes, además, en cuanto no se opongan a éstas, deberán cumplirse con las normas INN., y con las **Especificaciones Generales de Construcción y Conservación de Pavimentos de Hormigón, y Ensayes para obras de Pavimentación**, ambos documentos del SERVIU X Región.

### **1.- MOVIMIENTOS DE TIERRA**

#### **1.1.- EXCAVACIONES A CORTE:**

Se efectuarán donde indiquen el trazado de la rasante definitiva, se excavará el material necesario para dar cabida al perfil correspondiente, y se reutilizará el material que se extraiga y tenga las características requeridas para rellenos y / o base estabilizada.

En aquellos cortes en que el material natural bajo la subrasante no sea adecuado para garantizar una buena fundación, las capas inmediatamente bajo la subrasante deberán ser reemplazadas por material que cumpla con las características de diseño.

Cualquier material deleznable como fango, arcilla blanda, suelo orgánico o material pantanoso debe ser reemplazado por un material adecuado.

#### **1.2.- RELLENOS O MEJORAMIENTOS:**

Se podrá usar el material proveniente de la excavación cuya capacidad de soporte (C.B.R.) mínimo exigible del material sea a lo menos al C.B.R. de diseño.(12%)

Todos los materiales que integren el relleno deberán estar libres de materias orgánicas, pasto, hojas, raíces u otro material objetable.

El material de relleno colocado en capas deberá tener la humedad que prescriba el ensaye Proctor Modificado (AASHTO T-180), antes de ejecutar el rodillado.

El espesor de las capas de los rellenos deberá corresponder al tipo de suelo y al equipo de compactación a emplear. En todo caso, el espesor máximo recomendable de la capa compactada será de 0.20 m. para suelos granulares.

### **1.3.- PREPARACIÓN DE LA SUBRASANTE.**

Una vez ejecutados los trabajos necesarios para llegar a la cota de subrasante se procederá como sigue:

El suelo se escarificará y compactará en un espesor mínimo de 0.20 m. a objeto de proporcionar una superficie de apoyo homogénea, esta etapa se hará si es necesaria.

La compactación se realizará hasta obtener una densidad seca mayor o igual al 90% de la densidad máxima dada por el ensaye Proctor Modificado.

La subrasante terminada deberá tener un C.B.R. similar o mayor al de diseño, que en todos los casos deberá ser superior al 12%, acreditado por laboratorio competente. Si no se cumple deberá colocarse una capa de 0.15 m. como mínimo de un material granular con un CBR mayor que el 12%.

Se realizará un ensaye de Laboratorio para determinar CBR cada 500 m<sup>2</sup> de superficie si el material es irregular. La cantidad de ensayos podrá disminuirse, si el material es regular los ensayos están de acuerdo al Listado de Ensayos del SERVIU.

#### **SUB – RASANTES**

- ENSAYO DE MATERIALES : 1 CADA 500 M2
- ENSAYO DE COMPACTACIÓN

### **1.4.- BASE ESTABILIZADA DE AGREGADOS**

Consistirá en el suministro y ejecución de las faenas correspondientes a la construcción de la base estabilizada.

Estos trabajos deberán efectuarse en conformidad a lo dispuesto en las especificaciones, a las alineaciones, niveles, espesores y perfiles indicados en planos y especificaciones del proyecto.

Los agregados consistirán en rocas, escorias o gravas trituradas, gravas naturales o de combinación de ellas. Las rocas trituradas estarán formadas por trozos o fragmentos duros y resistentes, los materiales naturales estarán constituidos por guijarros, gravas o rocas de cantidad aceptable, seleccionados de acuerdo a los tamaños especificados. Los materiales no deberán contener un exceso de partículas o trozos lajeados, alargados, blandos o desintegrables, arcillas, materias orgánicas u otras materias objetables.

Las gravas trituradas o naturales y las rocas trituradas para bases deberán cumplir, respecto a su granulometría, con lo especificado en el documento **Ensayes para obras de Pavimentación de SERVIU X Región.**

Control: El material a usar deberá quedar convenientemente acordonado, de allí se deberán tomar muestras representativas y efectuar las correcciones necesarias.

Recibido conforme el material se mezclará homogéneamente con el contenido óptimo de humedad de compactación y se compactará en tramos no inferiores a 125 mts. Una vez compactado el material se procederá al control de las densidades en situ, de acuerdo a Norma. Se recomiendan las siguientes exigencias como mínimas:

- Ensayo CBR de un 60% como mínimo cada 700 m<sup>2</sup> de base estabilizada.
- Ensayo de compactación de densidades de un 95% de la dada por el Proctor Modificado, por cada 500 m<sup>2</sup> como máximo. Considera además ensaye de desgaste, máximo 20%.

Una vez perfilado el terreno se compactará con rodillo vibratorio de capacidad mínima de 1 tonelada hasta obtener las densidades y CBR exigida.

#### ENSAYES BASE Y SUBBASE:

- COMPACTACIÓN DE DENSIDAD EN SITU : 1 CADA 500 M2
- CBR MATERIAL DE PLANTA : 1
- CBR MATERIAL PREPARADO EN SITU : 1 CADA 700 M2
- GRADUACIÓN Y LIMITE DE CONSISTENCIA
- SI ES MATERIAL DE PLANTA : 1
- SI ES PREPARADO EN SITU : 1 CADA 700 M2
- ENSAYO DE DESGASTE : 1 MÁXIMO 20%

Dependiendo de la calidad del material deberá ceñirse al Listado de Ensayos de SERVIU.

## **2.- OBRAS DE HORMIGON**

### **2.1.- SOLERAS**

Consiste básicamente en suministro, extracción y / o recolocación de soleras existentes. Como criterio general se adoptará una recolocación del 100% de las soleras en el trazado del proyecto. El suministro será calculado en base a un % de la totalidad a definir como SERVIU disponga en el instante de la propuesta. No podrán recolocarse soleras extraídas quebradas o desgastadas o que tengan dimensiones diferentes a las normales.

En general, donde la solera al extraerla se deteriore, tendrá que ser reemplazada por el Contratista.

Estas serán de hormigón de cemento vibrado Tipo A. Serán rectas o curvas y sus dimensiones principales son altura 0.30 m. - ancho 0.12 m. – 0.16m. y largo 0.90m.

La dosificación para la fabricación de ambos tipos de soleras será de 300 Kg/cem/m<sup>3</sup>.

Estas se colocarán sobre una base de concreto de 0.10m. de espesor e irán respaldadas por una capa de hormigón de igual espesor hasta una altura de 0.15m. con una dosificación de 170 kg/cem/m<sup>3</sup>.

La separación entre soleras no será mayor de 5 mm. y se emboquillará con un mortero de cemento de 360 kg/cem/m<sup>3</sup>.

Se considerarán las entradas de vehículos con un pinto de 0.05m. en la longitud del ancho de entrada y una solera inclinada a cada extremo.

Las soleras deberán ser sometidas a ensayos de flexión, compresión e impacto, de acuerdo a normativa vigente que indica lo siguiente:

- Al impacto: valor promedio 80cm.; valor mínimo 70 cm.
- A la flexión (carga ruptura): valor promedio de 3100 kg.; valor mínimo de 2500 kg.

Cuando los ensayos solicitados no cumplan con los mínimos exigidos se deberán extraer y colocar nuevas soleras.

En el caso de recolocación de soleras, se deberá tener la precaución de no dañarla a extraerla, lo que será obligatorio su reemplazo en caso de presentar daños.

#### ENSAYOS DE SOLERAS:

- FLEXIÓN : 1 CADA 600 ML
- IMPACTO : 1 CADA 600 ML

## 2.2.- VEREDAS

Se efectuarán en las zonas indicadas en los planos, en caso que se requieran.

Consistirá en una losa de hormigón de 0.07m. de espesor, hecho en situ, cuya compactación podrá efectuarse mediante vibración o en su defecto mediante pisón de madera o metálico de un peso no inferior a 10 kg. y una superficie útil en su base de 225 cm<sup>2</sup>.

Se ejecutará hasta que aparezca lechada superficial. La base tendrá un suelo granular con tamaño máximo de árido de 1" y un espesor de 0.05m. , la cual deberá ser compactada con placa vibradora. La dosificación, tamaño máximo de áridos, granulometría de áridos, desgaste, etc, de acuerdo a listado de Ensayos SERVIU punto 3.

Sobre esta base irá una capa de arena de 2cm. convenientemente humedecida antes de concretar. Se exigirá que el hormigón elaborado tenga una dosificación tal, que se obtenga una resistencia característica a la compresión de 250 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Sin perjuicio de lo indicado, la dosis mínima de cemento será de 300 kg/m<sup>3</sup> para cemento corriente y de 280 kg/m<sup>3</sup> para cemento de alta resistencia.

El hormigón se preparará en betonera revolviéndose la mezcla a lo menos un minuto y debiéndose colocarse antes 30 minutos después de preparada, dependiendo de la betonera utilizada.

También se puede considerar el uso de hormigón premezclado.

Las aceras se platacharán oportunamente hasta obtener una superficie lisa y uniforme. Una vez afinado el hormigón se protegerá con una capa de arena o tierra, que se mantendrá

permanente húmeda por un plazo mínimo de 7 días; este recubrimiento se hará tan pronto se inicie el endurecimiento de la superficie.

Se controlará la resistencia a la compresión con una muestra cada 200 m<sup>2</sup>. Opcionalmente podrán sacarse testigos de hormigón endurecido para verificar resistencia y espesor.

#### ENSAYOS DE ACERAS:

- COMPRESION (3 CUBOS) : 1 CADA 200M<sup>2</sup>.

### 2.3.- CALZADAS DE HCV

#### a.- ARIDOS

Los agregados pétreos deberán cumplir, en general, con la Norma INN Nch 163 of. 79. La banda granulométrica que se adoptará en cada caso será la indicada en Anexo Ensayos para obras de Pavimentación.

#### Agregados finos

El agregado fino que se empleará en los hormigones de cemento será el constituido por arena natural, compuesta de granos limpios, duros, resistentes, durables y sin película adherida alguna, libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrenos, partículas blandas o laminadas álcalis, magra, arcilla, materias orgánicas y toda sustancia perjudicial. Deberá tener un nódulo de finura comprendido entre 2.15 y 3.37 (tabla de la Nch 163 of. 79). Si la arena cumple con el MF de la tabla N° 4 se deberá efectuar hormigón de prueba para verificación de uso de pavimentos.

Se considerarán cantidades excesivas de sustancias perjudiciales las que sobrepasaren, en peso, los porcentajes que se indican (individualmente):

Material que pasa por tamiz N° 200 ASTM	: 3%
Pizarra o arcilla esquistosa	: 2%
Carbón	: 1%
Terrones de Arcilla	: 1%
Otras sustancias y fragmentos blandos	: 1%

En ningún caso, la suma de estos porcentajes podrá exceder del 3% en peso.

Serán rechazados los agregados que, sujetos, al ensayo colorimétrico para la determinación de las impurezas orgánicas, según Norma AASHO – 21, produzcan un color más oscuro que el normal definido por la norma citada. Se aceptará, en casos calificados por la I.T.O. que el agregado fino se lave previamente con soluciones adecuadas, hasta obtener un color normal. Aparte de lo anterior, los agregados finos no podrán contener sales solubles, tales como cloruros y sulfatos, en proporciones mayores que las indicadas a continuación.

- a) Cloruros: Su contenido, agregado al que existe en los agregados gruesos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 2 kg. pr m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.
- b) Sulfatos: Su contenido, agregado al que existe en los agregados gruesos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 1 kg. pr m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

Las muestras de agregado fino se tomarán de acuerdo a la norma Nch 164 of. 76.

#### Agregados Gruesos

Como agregados para hormigones de cemento podrán emplearse:

- a) Grava natural (ripió), material proveniente de bancos de ríos, esteros y pozos de lastre, al cual se empleará sin otra preparación que el harneado y lavado cuando así proceda, de acuerdo a la norma Nch 163 Of 79.
- b) Chancado o piedra triturada, proveniente de la trituración de rocas o piedras rodadas extraídas de ríos, esteros o pozos de lastre.
- c) Grava proveniente de rodados.

Los agregados gruesos deberán cumplir con las condiciones de calidad, dureza, tenacidad, y granulometría que establece la norma Nch 163 Of. 79.

El tamaño máximo del agregado grueso será de 1 ½” pudiendo usarse también el de 2” para pavimentos de espesor superior a 15 cm.

Los agregados gruesos deberán estar formados por partículas firmes, durables y limpias, con un bajo porcentajes de partículas alargadas, su contenido de materias extrañas, tales como polvo, terrones, carbón, etc. no deberá exceder de los límites que se indican a

continuación; tampoco se aceptará la existencia de películas adheridas a su superficie, de cualquier naturaleza.

El porcentaje máximo aceptable de elementos alargados, con una relación entre su mayor y menor dimensión igual o mayor que 4:1 será de un 5%.

Los porcentajes máximos admisibles de sustancias extrañas serán los siguientes:

Material que pasa por tamiz N° 200 ASTM	: 0.5%
Pizarra o arcilla esquistosa	: 1.0%
Carbón	: 0.5%
Terrones de arcilla	: 0.5%
Otras sustancias y fragmentos blandos	: 0.5%

En todo caso, la suma de estos porcentajes no podrá exceder de un 0.5% en peso.

Aparte de lo anterior, los agregados gruesos no podrán contener sales solubles, tales como cloruros y sulfatos, en proporciones mayores que las indicadas a continuación:

- a) Cloruros: Su contenido, sumado al que existe en los agregados finos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 2 kg/m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.
- b) Sulfatos: su contenido, sumado al que existe en los agregados finos y en el agua de amasado, no deberá ser superior a 1 Kg/m<sup>3</sup> de hormigón elaborado.

Las muestras de agregado grueso se tomarán de acuerdo a la norma Nch 164 E. Of. 76.

#### Granulometría de los agregados Pétreos.

Los agregados Pétreos deberán cumplir con las bandas granulométricas indicadas en Anexo para obras de pavimentación de la B.T.G.

En general se debe considerar dosificaciones, granulometría de áridos, T<sub>máx</sub>, de árido de 1", desgaste, etc., de acuerdo a Listado de Ensayes de SERVIU.

La dosificación de los agregados del hormigón deberá ser estudiada por Laboratorio competente autorizado por SERVIU el cual deberá indicar las cantidades de áridos, cemento y agua a emplear en su elaboración. El control de calidad del hormigón y los

materiales componentes deberá ser verificado permanentemente, practicándose los ensayos de laboratorio correspondientes:

- Granulometría de áridos componentes. (1 x pozo)
- Dosificación de elementos

### c) **HORMIGON**

Consistirá en una losa de hormigón de espesor determinado en memoria del proyecto, que se ejecutará mediante el sistema de vibración. El hormigón será fabricado en betonera o suministrado por plantas de fabricación de hormigón, teniendo presente el tiempo de mezcla y la relación agua cemento en función de la humedad de los materiales. La mezcla deberá ser uniforme y homogénea, evitándose la disgregación de los elementos ya sea en el transporte o en el vaciado de la misma.

También se puede considerar hormigón premezclado en planta externa a la faena. En general se deberán cumplir con las especificaciones SERVIU citadas en la Introducción.

Antes de la colocación del hormigón deberá verificarse la correcta ejecución de la cancha la cual debe estar provista de una capa de arena de 1 a 2 cm. de espesor.

La consolidación del hormigón de la calzada se ejecutará por medios mecánicos con una cercha vibradora que cubre la faja a pavimentar, procediéndose posteriormente a enrasar la superficie con platachos.

Los pavimentos de la calzada se construirán en los anchos indicados en el plano de perfiles tipo del proyecto, respetándose las pendientes longitudinales y bombeos especificados.

El hormigón elaborado deberá cumplir con una dosificación tal que se obtenga una resistencia característica a la compresión de 300 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, y de 34 kg/cm<sup>2</sup> a la flexotracción a los 28 días. La dosificación mínima será de 340 kg/cem/m<sup>3</sup>.

Se deberá cumplir con lo especificado en el punto 2. del Listado de Ensayes de SERVIU referente al ensaye a la Flexotracción.

---

**ENSAYES DE HORMIGON**

- CERTIFICADO DE DOSIFICACIÓN : 1
- FLEXOTRACCION (3 VIGETAS) : 1 CADA 700 M2.
- COMPRESION (3 CUBOS) : 1 CADA 700 M2.
- TESTIGOS ENDURECIDOS A COMPRESION : 1 CADA 700 M2 (mínimo 3)
  
- ARREGADOS PETREOS
- ANALISIS GRANULOMETRICO Y RESISTENCIA  
AL DESGASTE : 1 CADA 700 M2.