ICPA
INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO

75° Aniversario

1940 - 2015

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN

Ing. Diego H. Calo

Coordinador Departamento Técnico de Pavimentos

Vialidad Nacional

Dirección Nacional de Vialidad – 24° Distrito – Tierra del Fuego

1 y 2 de julio de 2015 – Ushuaia.

División Capacitación
Subgerencia de RR.HH | Gerencia de Administración

ÍNDICE DE LA PRESENTACIÓN

- *Tecnologías disponibles para la ejecución de pavimentos de hormigón.*
- *Aspectos claves para la ejecución con Tecnologías de Alto Rendimiento.*
- *Recomendaciones para la pavimentación con tecnología convencional.*
- *Texturizado, curado y control de fisuración temprana.*

ETAPAS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

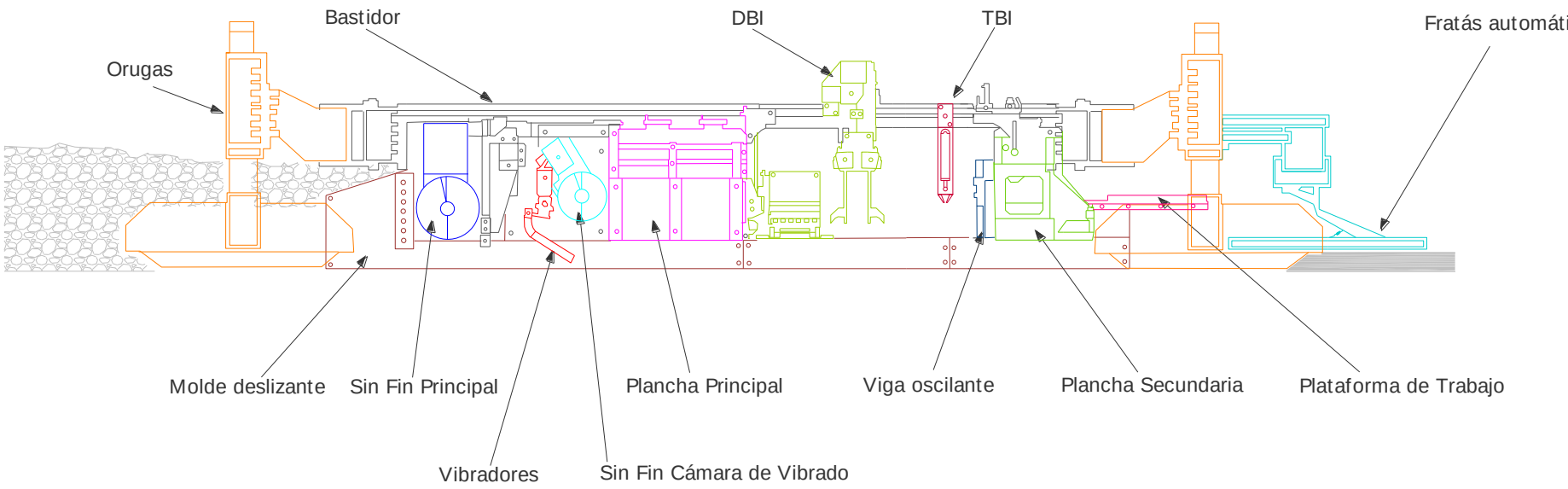
TAREAS	*MANUAL / ALTO RENDIMIENTO*
Elaboración del Hormigón	Planta Dosificadora / Elaboradora
Preparación de la cancha	Fijación de Moldes y canastos / Insumos
Transporte y Distribución	Mixers / Bateas ó volcadores
Compactación	Regla - Terminadora / Pavimentadora
Terminación	Fratas Manual / Mecánico
Texturizado	Implemento / Equipo automatizado
Curado	Mochila / Equipo automatizado
Control de fisuración	Inserción de vainas / aserrado
Sellado de Juntas	Materiales en frío o en caliente

Pavimentación con Tecnologías de Alto Rendimiento

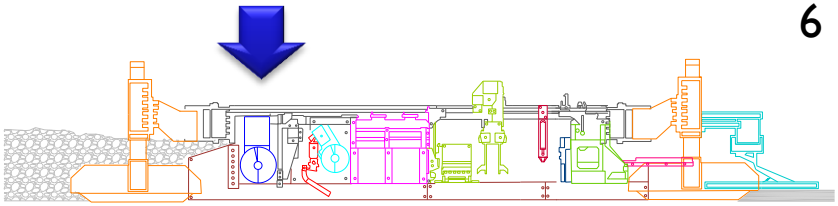
Características Generales:

- Empleo de mezclas de bajo asentamiento,
- Elevadas producciones y altos consumos de materiales (pueden lograrse rendimientos > 1 km/d).
- Destacados niveles de calidad en terminaciones y bordes (baja rugosidad).

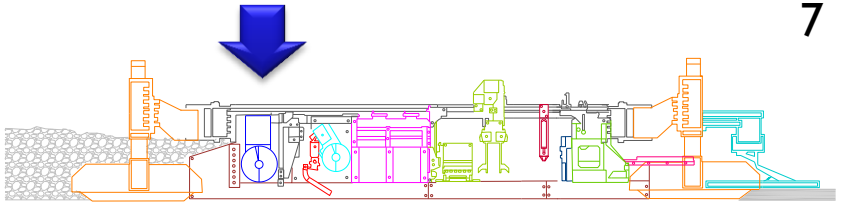
Esquema de Pavimentadora de encofrados deslizantes



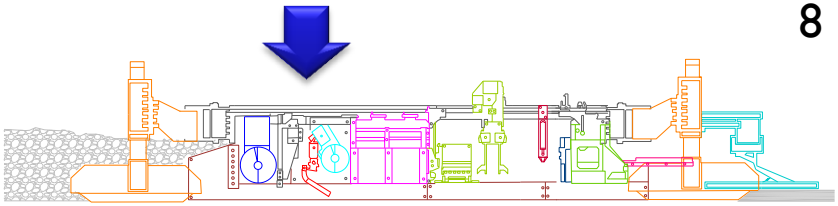
Sin-fin Principal /Quilla

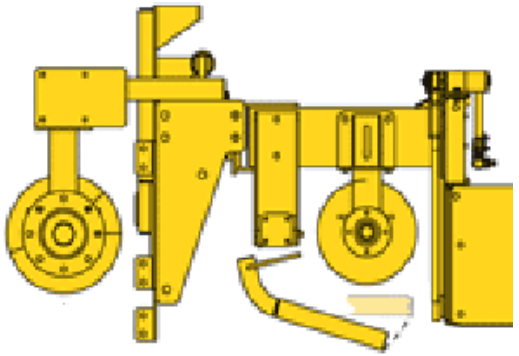


Sin-fin Principal /Quilla

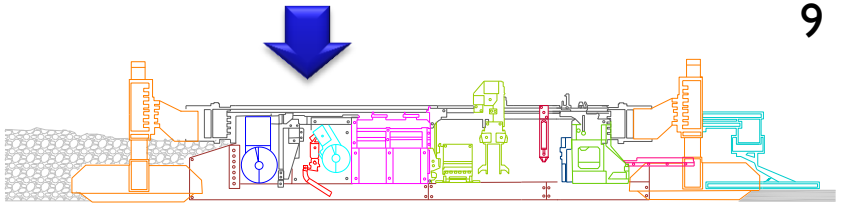


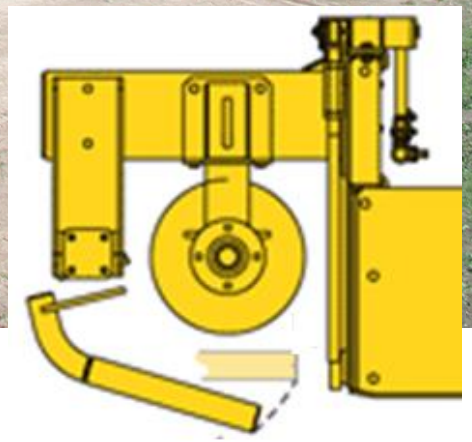
Cámara de Vibrado





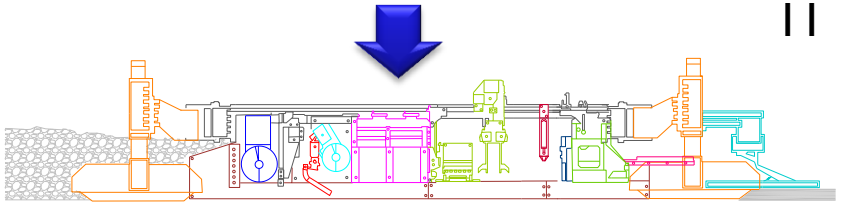
Molde Abierto

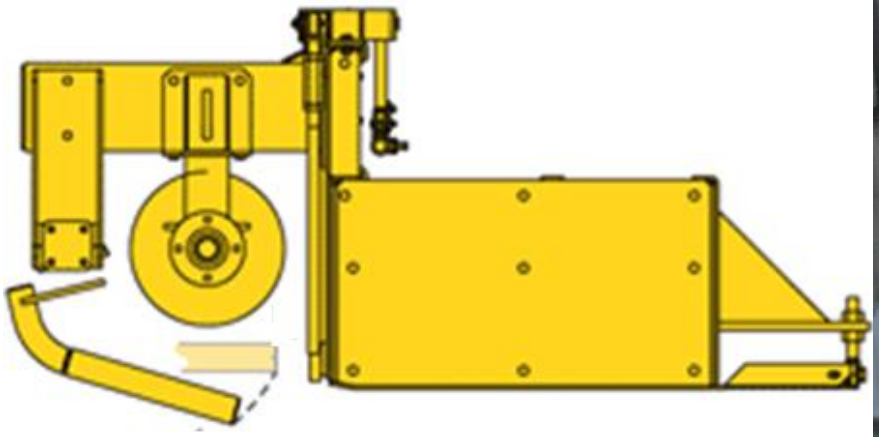


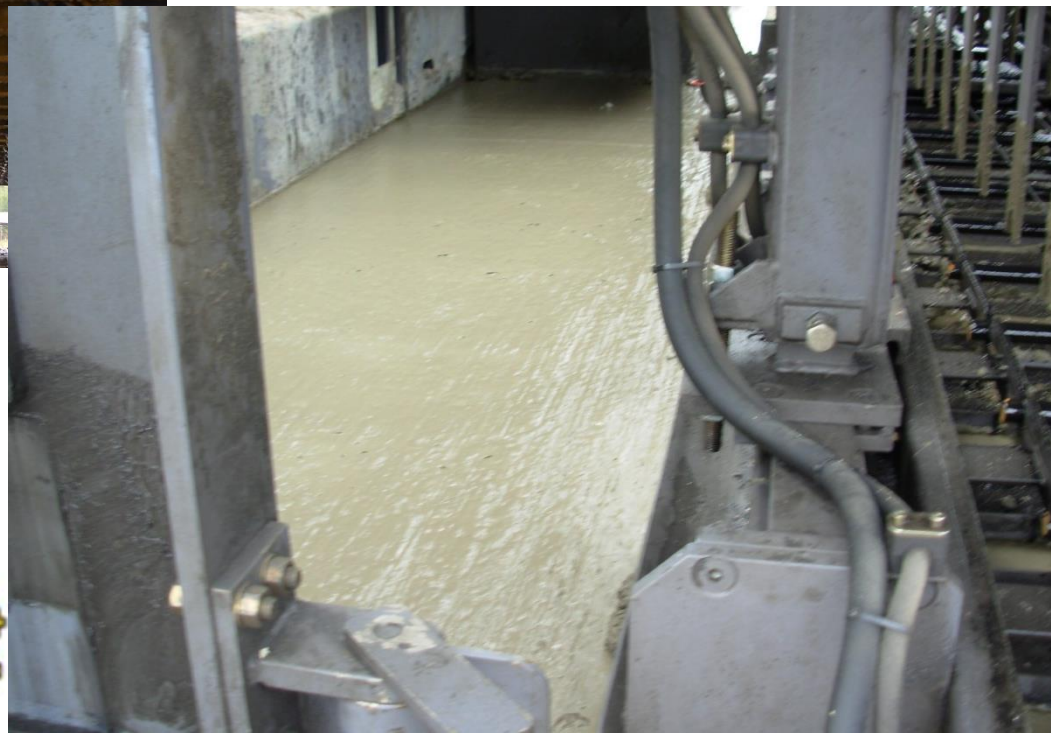


ICPA

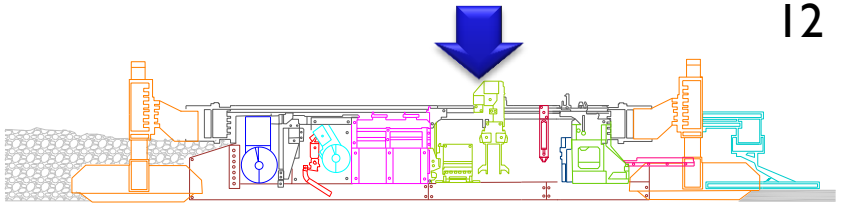
Plancha

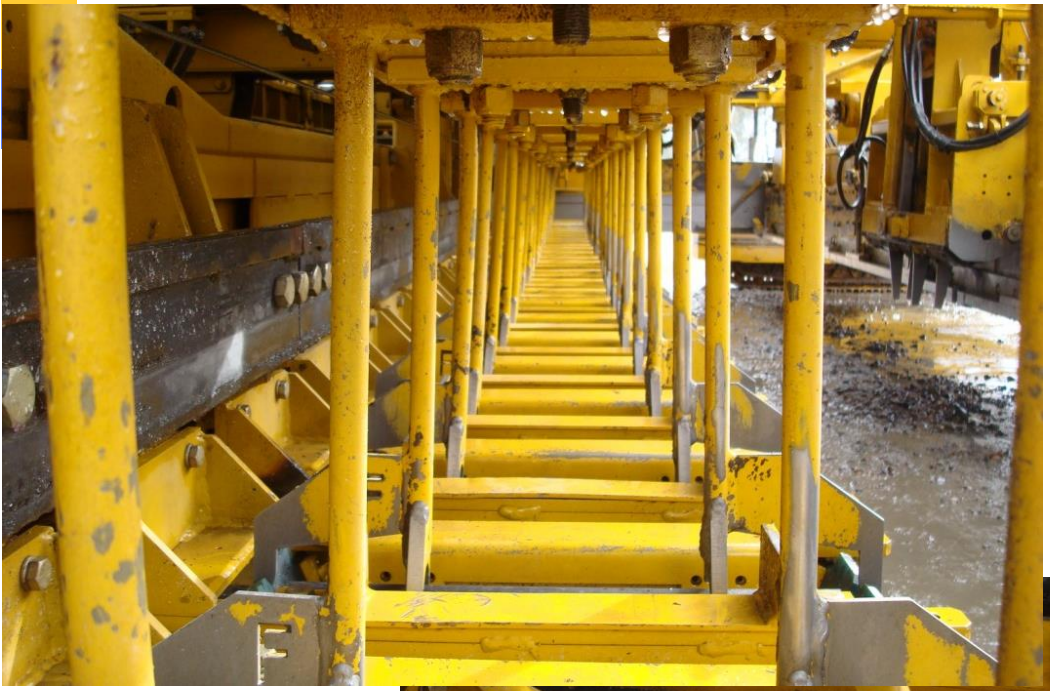


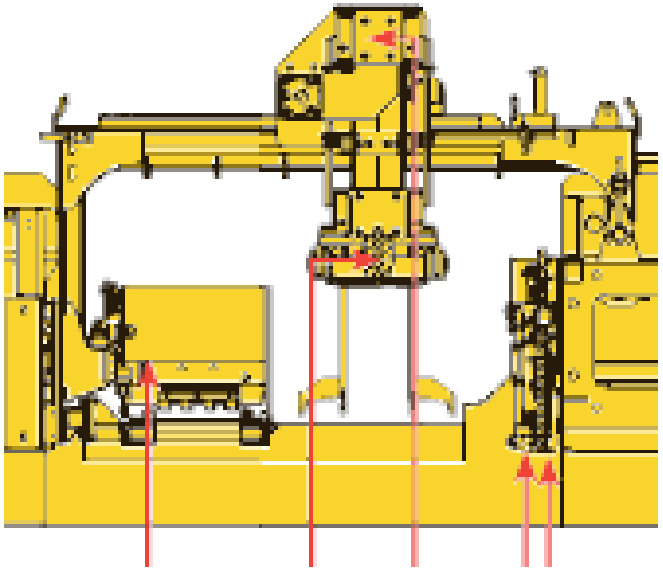




DBI







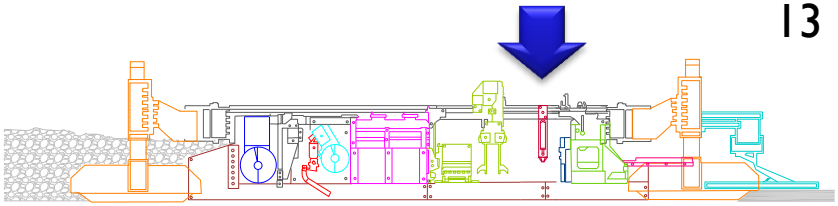
Carro Distribuidor

Vibrador

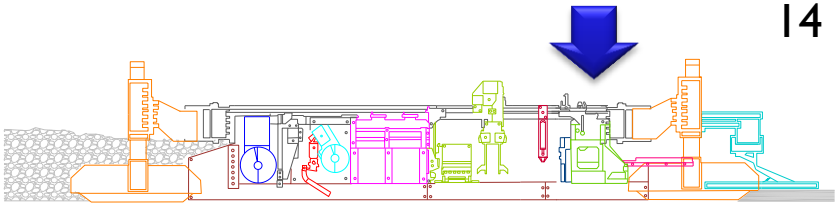
Insertor de Barras

Tamper / Viga de Terminación

TBI

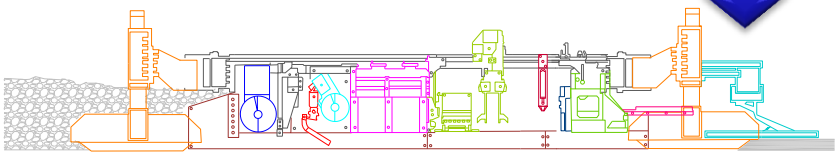


Tamper / Viga Termin.



ICPA

Fratás Automático



ICPA

Texturado Y Curado

ICPA

DISEÑAR UNA LOGISTICA DE OBRA APROPIADA PARA ALCANZAR UNA ALIMENTACION CONTINUA Y SOSTENIDA DE HORMIGON AL FRENTE DE PAVIMENTACION, ATENDIENDO LAS ELEVADAS PRODUCCIONES TIPICAS DE ESTAS TECNOLOGIAS, CON CALIDAD ADECUADA Y HOMOGENEA

UNIFORMIDAD = CALIDAD

Preparación de “Canchas”

Bases pavimentos de hormigón

- **resistentes**
- **no bombeables**

SUPERFICIE DE APOYO ESTABLE Y UNIFORME

- **Superficie lisa, densa y resistente**
- **Apta para el tránsito de camiones con hormigón (sólo en el frente)**
- **Curadas o imprimadas para mantener sus propiedades**

Preparación de “Canchas”

- **Estarán libres de material suelto, polvo, baches, etc**
- **Se mantendrán húmedas previo a la descarga del H°**

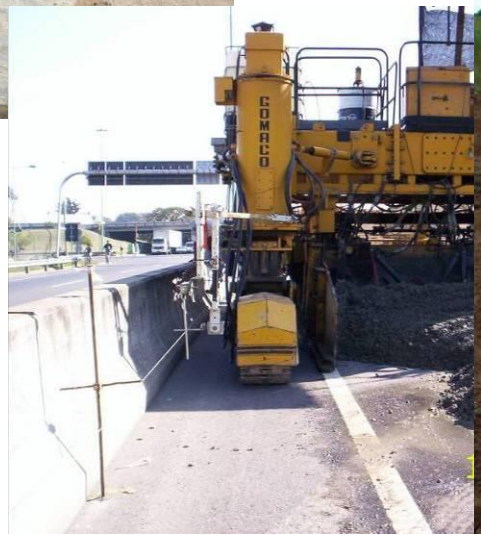
Carriles de Desplazamiento

SOBREANCHOS CONSTRUCTIVOS
(similares condiciones de soporte y lisura que la base o sub-base)
+ tracción uniforme
+ rugosidad final

LISURA CARRIL DE APOYO

↕

RUGOSIDAD FINAL PAVIMENTO



Carriles de Desplazamiento

FALTA DE CARRIL DE DESPLAZAMIENTO ADECUADO:

- **Pérdida de tracción de la pavimentadora ⟶ lisura, terminaciones**
- **Pérdida de días de producción**
- **Adopción de soluciones costosas y de dudosa efectividad.**

Máxima Precisión en el Corte

- Mejora Lisura y Terminaciones
- Consumos controlados
- Espesores acotados

Perdida de presión

<u>CORTE CON MOTONIVELADORA</u>:

- Menor separación entre perfiles transversales

- Mayor cantidad de puntos por perfil

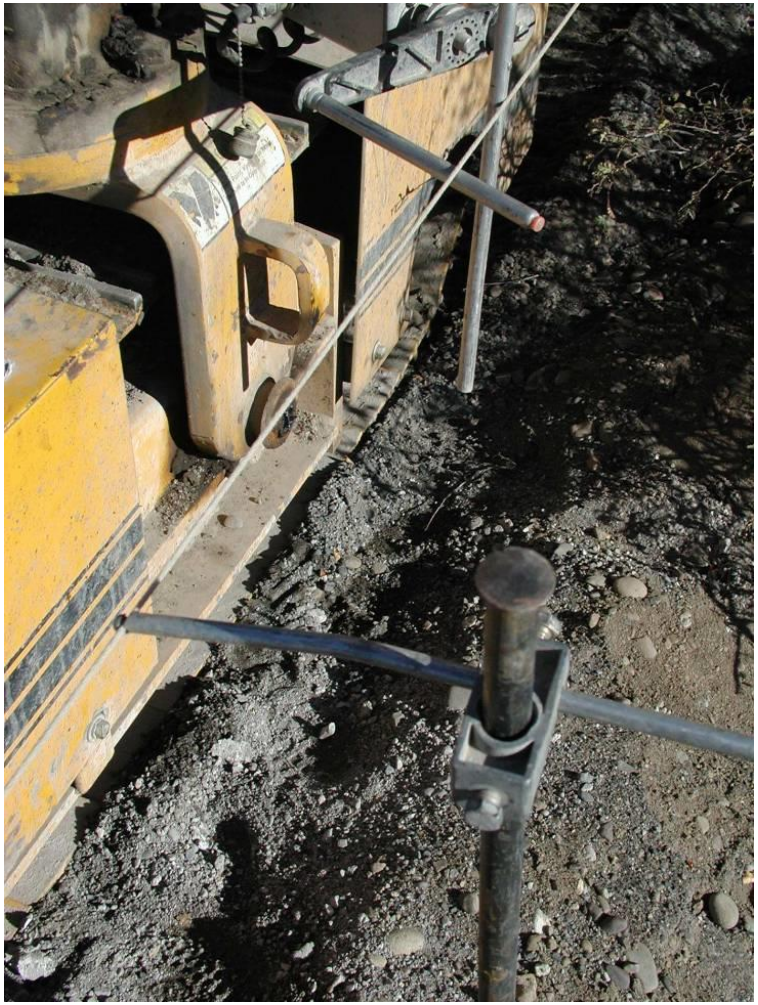
Máxima Precisión en el Corte

CORTE CON TRIMMERS:

- Corte con sensores
- Máxima precisión
- Elevadas producciones

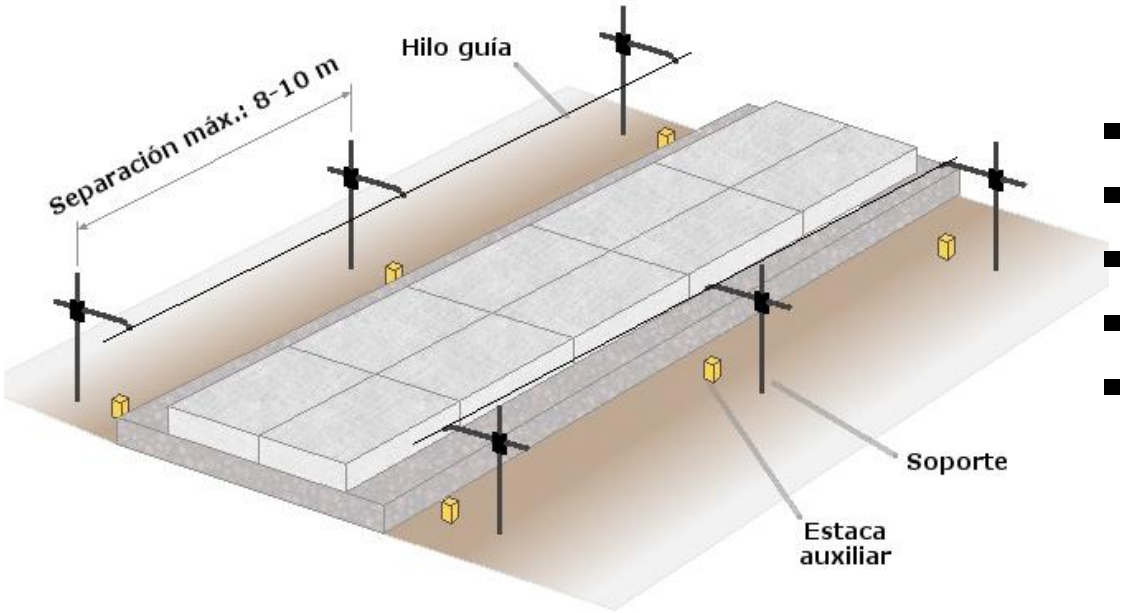
Preparación de la Jornada

COLOCACIÓN DE HILOS GUÍA



SENSORES DE NIVEL Y ALINEAMIENTO

Preparación de la Jornada



- A ambos lados.
- Firmemente tesado.
- Empalmes limpios y firmes.
- Separación pines: 6 – 9 m.
- Inspección periódica.

Preparación de la Jornada

Elementos auxiliares

Preparación de la Jornada

Descarga previa de insumos a pie de pavimentadora

Hormigón Trabajable y Uniforme

- Evaluar mezclas de hormigón y materiales componentes con suficiente anticipación

- Dosificaciones apropiadas para la pavimentadora y para el medio de transporte adoptado

- En general se utilizan aditivos plastificantes e incorporadores de aire

- Es recomendable evaluar al menos dos alternativas de dosificación con distintos orígenes de componentes

Hormigón Trabajable y Uniforme

REGLA GENERAL

TRABAJAR CON EL MINIMO ASENTAMIENTO QUE PERMITA EL EQUIPO PAVIMENTADOR

CONSIDERAR:
* **EFECTOS DEL TRANSPORTE**
* **DEMORAS EN LA COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN**
* **ADITIVOS:** duración y eficiencia

Hormigón Trabajable y Uniforme

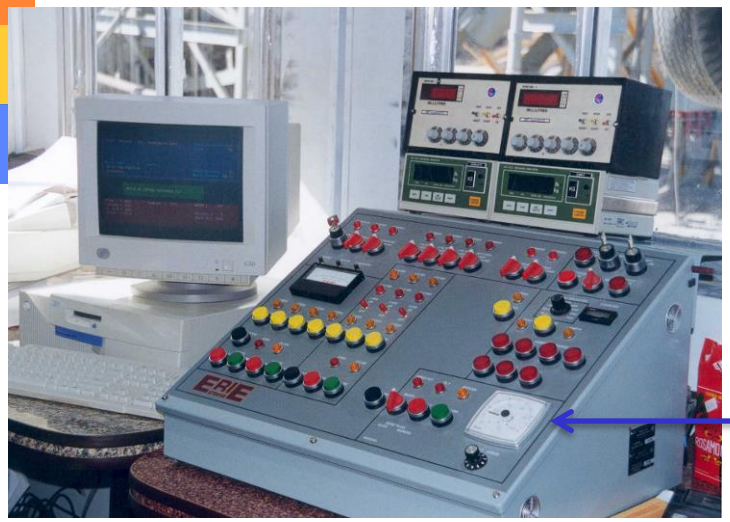
PLANTAS ELABORADORAS:

- Transporte a obra de mezcla terminada (camiones volcadores con / sin agitación)
- Mayor control sobre la mezcla
- Alta eficiencia en el mezclado
- Uniformidad de asentamientos
- Rapidez y confiabilidad en la descarga
- Mayores producciones

PLANTAS DOSIFICADORAS:

- Transporte a obra de mezcla en proceso con camiones motohormigoneros
- Pérdida de control sobre la mezcla
- Mayores tiempos de descarga
- Limitaciones en la producción
- Pavimentos urbanos, Reparaciones, Bacheos, etc

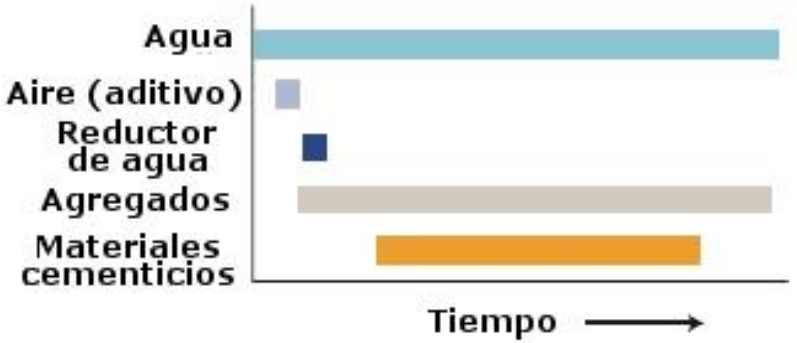
Hormigón Trabajable y Uniforme



- Tamaño pastones / capacidad tambor mezclador
- Secuencia de carga de materiales componentes
- Incorporación de aditivos, incompatibilidad
- Tiempo de mezclado > 40 / 45 seg
- Humedad de los áridos (cambios durante la producción)

SONDAS / AMPERÍMETRO

- Temperatura del hormigón
- Visión del ciclo completo al alcance del operador



Hormigón Trabajable y Uniforme

. PREPARAR PISOS PARA ACOPIOS
. CAMINOS DE ACCESOS Y ACARREOS
. DRENAJES (humedecimiento áridos)

. MANEJO RACIONAL DE LOS ACOPIOS
. EQUIPOS DE CARGA NECESARIOS PARA ATENDER PRODUCCIÓN Y ACOPIO
- EXPLOTACIÓN ADECUADA DE LOS FRENTES

Suministro de Hormigón Continuo

PRODUCCIÓN PLANTA ⇆ VELOCIDAD DE PAVIMENTACIÓN

NUMERO DE UNIDADES DE TRANSPORTE NECESARIAS Y SUFICIENTES PARA ATENDER LA PRODUCCIÓN DE PLANTA:

- Ciclo de carga (s/capacidad camiones)
- Tiempo promedio de viajes (cargado y descargado)
- Tiempos de espera en carga y descarga
- Unidades adicionales para eventualidades

Suministro de Hormigón Continuo

- Definir claramente trayectorias de acarreos
- Desvíos / Interacción con tránsito del camino
- Descarga en el frente / Accesos

Camiones volcadores:

- Capacidad adecuada
- Cajas en buen estado y estancas
- Cierre eficiente de compuertas
- Adecuada limpieza (lavado)

Descarga Apropiada del Hormigón

Utilización de DBI y TBI

- Corte preciso de pasadores de acero (CON DISCO)
- Extremos libres de rebabas o desviaciones.
- Lubricar los pasadores con aceite u otro tratamiento antiadherente de baja viscosidad (NO EMPLEAR GRASA).
- Operación manual o automática (identificar claramente el eje de junta)

Utilización de DBI y TBI

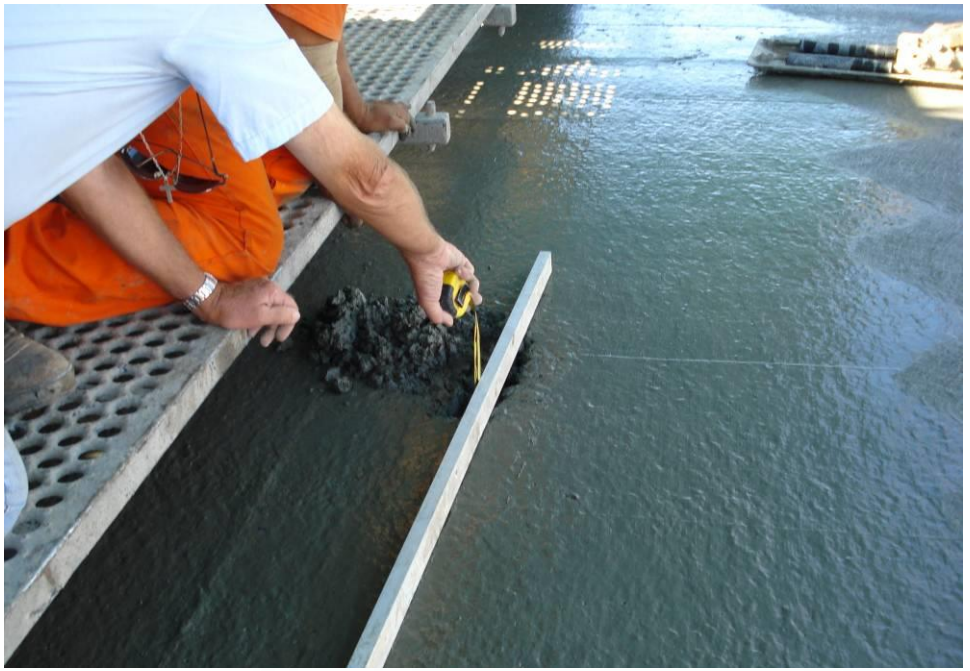
Sistema de corrección de la inserción de pasadores

- Corrige la herida producida por la inserción
- Genera un "rollo" de hormigón que repone material
- Se puede regular vibración de horquillas para "cerrar" los orificios
- Con el sistema de ajuste fino de nivel del molde se alimenta hormigón para formar el "rollo"

NO AGREGAR AGUA → hormigón de menor resistencia

Adicional: indicador de la consistencia del hormigón

Utilización de DBI y TBI



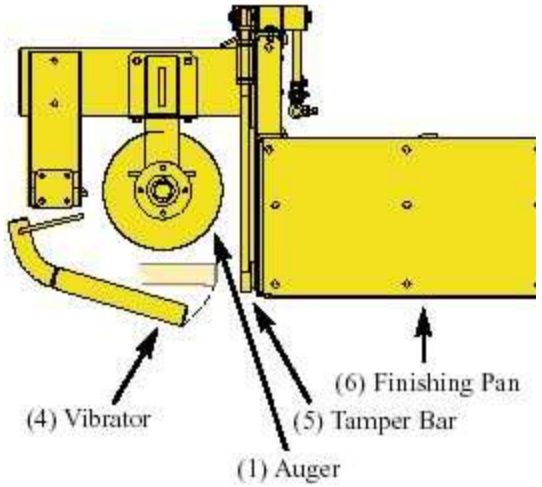
Controles periódicos:

- alineamiento del sistema de inserción (horquillas, bandejas, etc)
- vibración de los elementos
- profundidad y alineamiento de los pasadores colocados

Operación de la Pavimentadora

MANTENER BAJA ALTURA DE CARGA

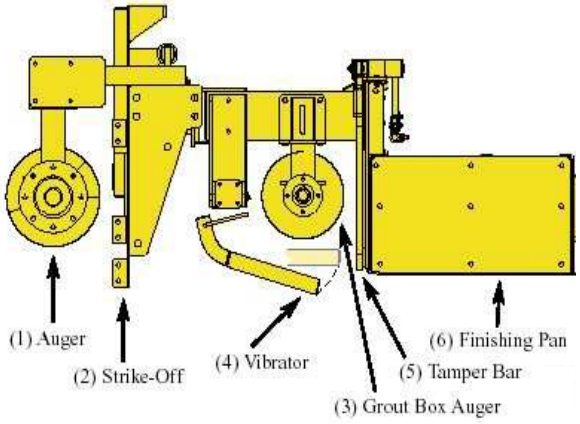
ALTURA EXCESIVA



MOLDE ABIERTO

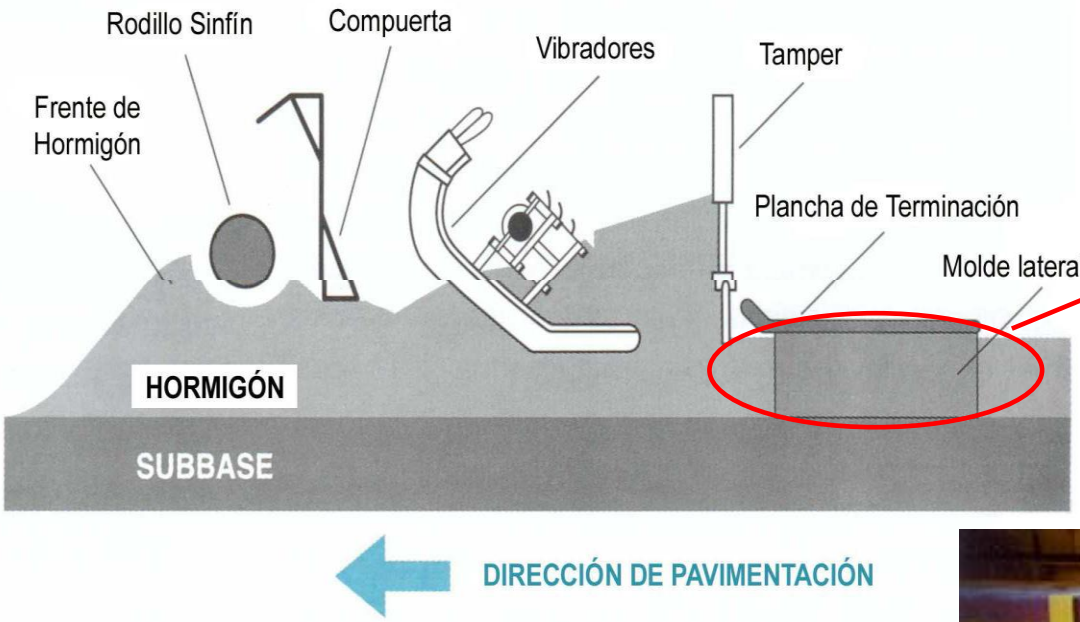
Operación de la Pavimentadora

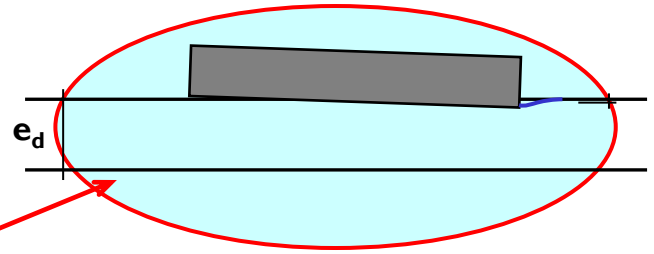
EVITAR DESCARGA DEL MOLDE



- N° suficiente de vibradores para el ancho de trabajo
- Frecuencia de trabajo s/mezcla y separación de vibradores → (5.000 / 8.000 vibr/min para velocidades de desplazamiento de 1,2 a 1,8 m/min)
- Controlar diariamente buen funcionamiento de todos los vibradores

Calibración y Control de Equipos





Regular presión del molde
3 / 5 mm más bajo a la salida

DIRECCIÓN DE PAVIMENTACIÓN

- Verificar la estanqueidad del molde
- Ajustar bordeadores (limpieza)

Operación de la Pavimentadora

Calibrar:

- **Presión sobre el hormigón**
- **Velocidad de desplazamiento**
- **Carrera del fratás (15/20 cm del borde)**
- **Permite variar ángulo de operación**

Calibración y Control de Equipos

Mantener la Uniformidad en todo el Proceso

ALTA CALIDAD DE TERMINACION SUPERFICIAL Y BORDES

Personal Idóneo y Entrenado

Pavimentación con Moldes Fijos

COMPONENTES BÁSICOS DEL SISTEMA:

Moldes o encofrados fijados a la base:

- guía para el desplazamiento del equipo distribuidor / compactador
- nivelación y contención del hormigón fresco hasta su endurecimiento

Regla o acabadora de distribución / compactación del hormigón

Preparación para la Pavimentación

MOLDES:

Determinan el espesor, ancho y uniformidad de la superficie del pavimento.

Se recomienda:

- la altura del molde sea la del espesor de pavimento proyectado

- base suficientemente amplia para garantizar estabilidad.

- longitud: debe permitir uso de menor cantidad de piezas, también manejabilidad (usual 3 m)

Preparación para la Pavimentación

FIJACIÓN DE MOLDES

- Fijados firmemente a la base para garantizar estabilidad con el paso del equipo de colocación
- Ensamble entre moldes (machimbrado o atornillado para mantener alineamiento (vertical y horizontal)

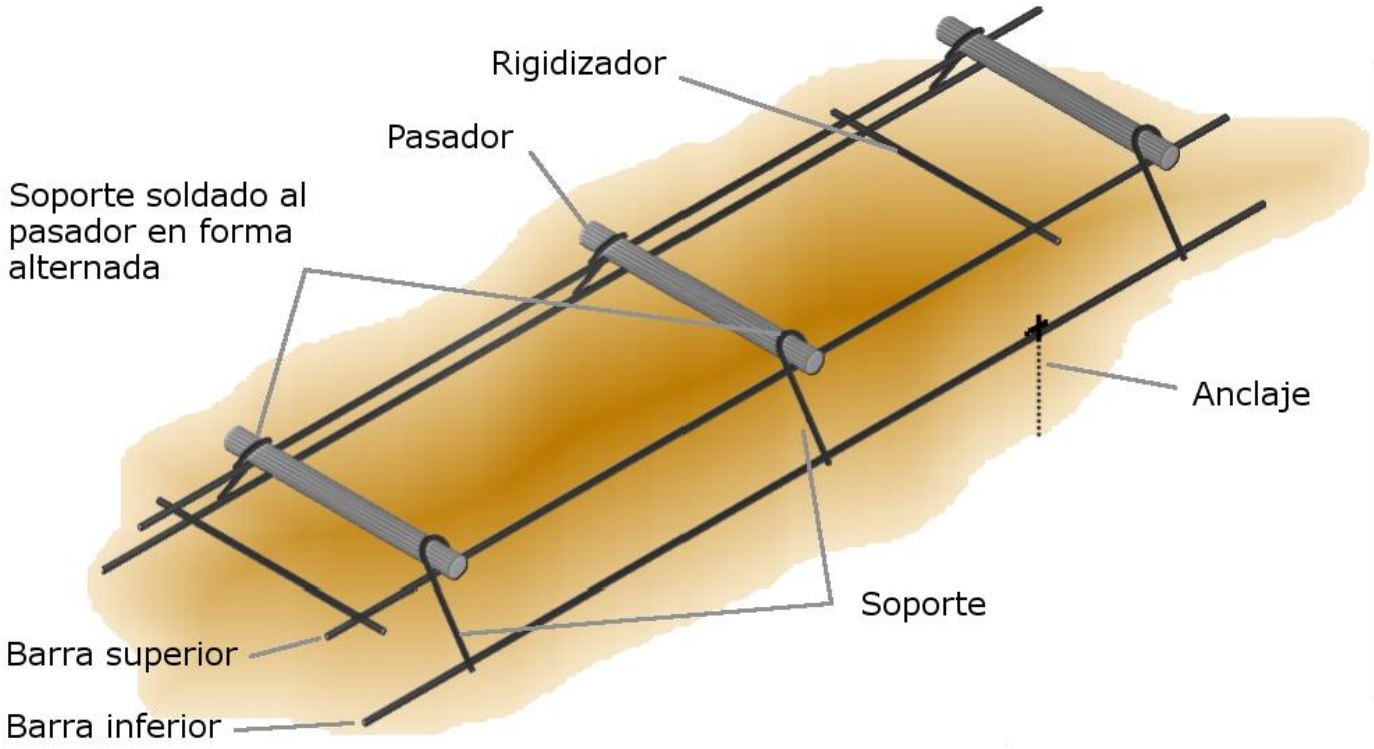
Preparación para la Pavimentación

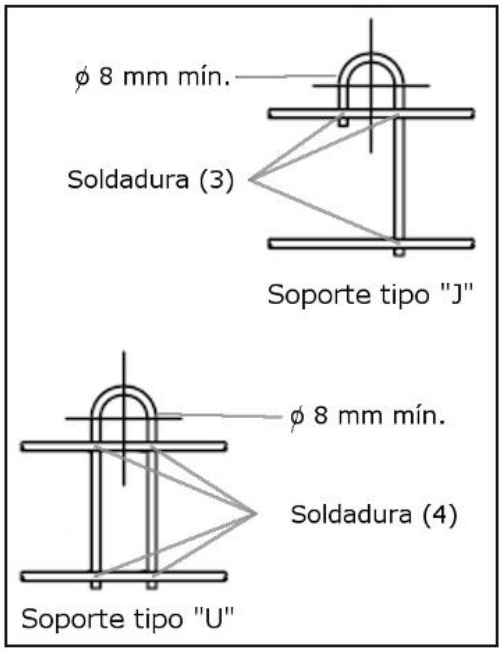
NIVELACIÓN Y ALINEACIÓN

- El posicionamiento requiere una precisa tarea de nivelación (especialmente con equipos autopropulsados): Indispensable para alcanzar lisura y regularidad superficial.
- Deben estar limpios, sin restos de hormigón endurecido y lubricados.
- Deben descartarse y/o reparase aquellos moldes que presenten abolladuras o defectos.

Preparación para la Pavimentación

INSTALACIÓN DE CANASTOS CON PASADORES

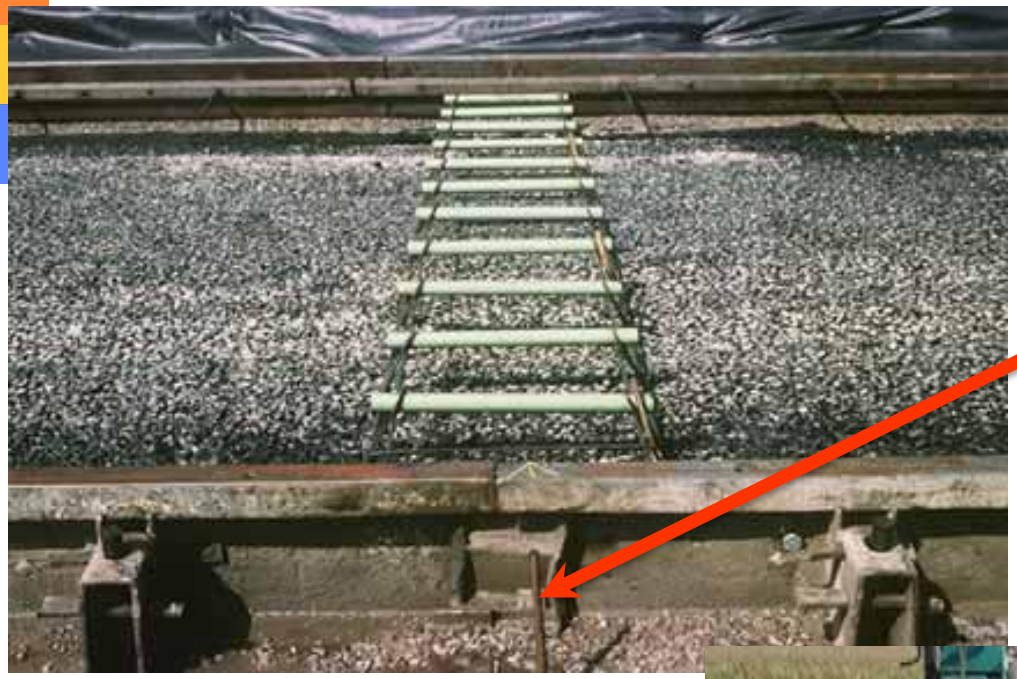




Preparación para la Pavimentación

Suficientemente rígidos y estables para mantener pasadores en posición

Preparación para la Pavimentación



Demarcar en forma precisa el eje de la junta antes de distribuir el hormigón

Distribución del Hormigón

- Descargar el hormigón lo mas cerca posible de su posición final
- Efectuar los movimientos necesarios de material con volquetas, carretillas, palas.

NO TRANSPORTAR CON VIBRACIÓN

Compactación

- REGLAS VIBRADORAS

Compactación

La regla vibradora debe arrastrar material, con una carga adecuada:

- Material en exceso provoca el levantamiento de la regla.
- La falta de material genera depresiones y zonas sin compactar.

El avance de la regla debe ser lo mas continuo y parejo posible.

La superficie deberá quedar prácticamente terminada.

Compactación

- TERMINADORAS DE RODILLOS

Compactación

- TERMINADORAS DE RODILLOS

Compactación

- TERMINADORAS DE RODILLOS

Refuerzo en la densificación con vibrador manual

Tareas de Terminación

Pueden insertarse armaduras en el hormigón fresco?

Tareas de Terminación

Pueden insertarse armaduras en el hormigón fresco?

NO! Ya que no hay confiabilidad en el posicionamiento y alineación

Tareas de Terminación

La terminación entregada por el equipo de compactación se completa con un fratasado de la superficie, que ayuda a corregir pequeños defectos superficiales.

Juntas transversales de construcción

Juntas Transversales de Construcción

Ejecución de junta con pavimentadora y con inserción de caños.

Juntas longitudinales de construcción

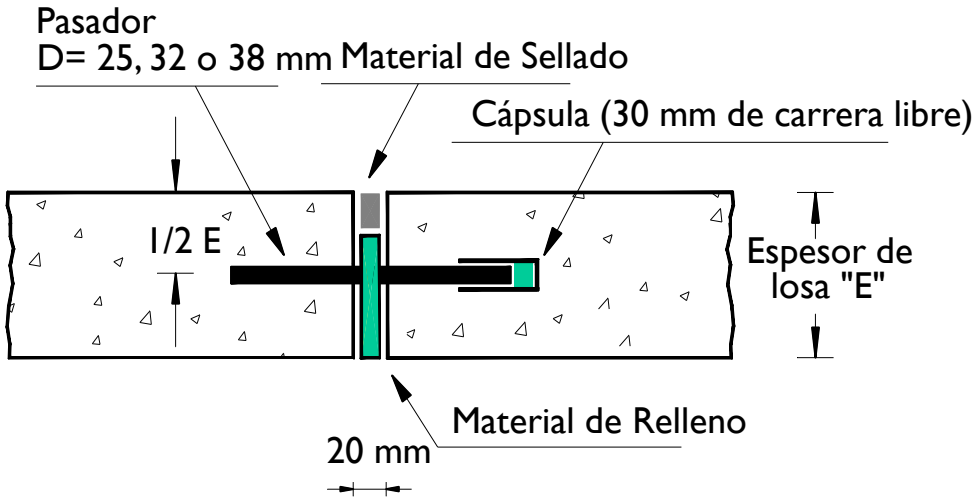
Juntas longitudinales de construcción

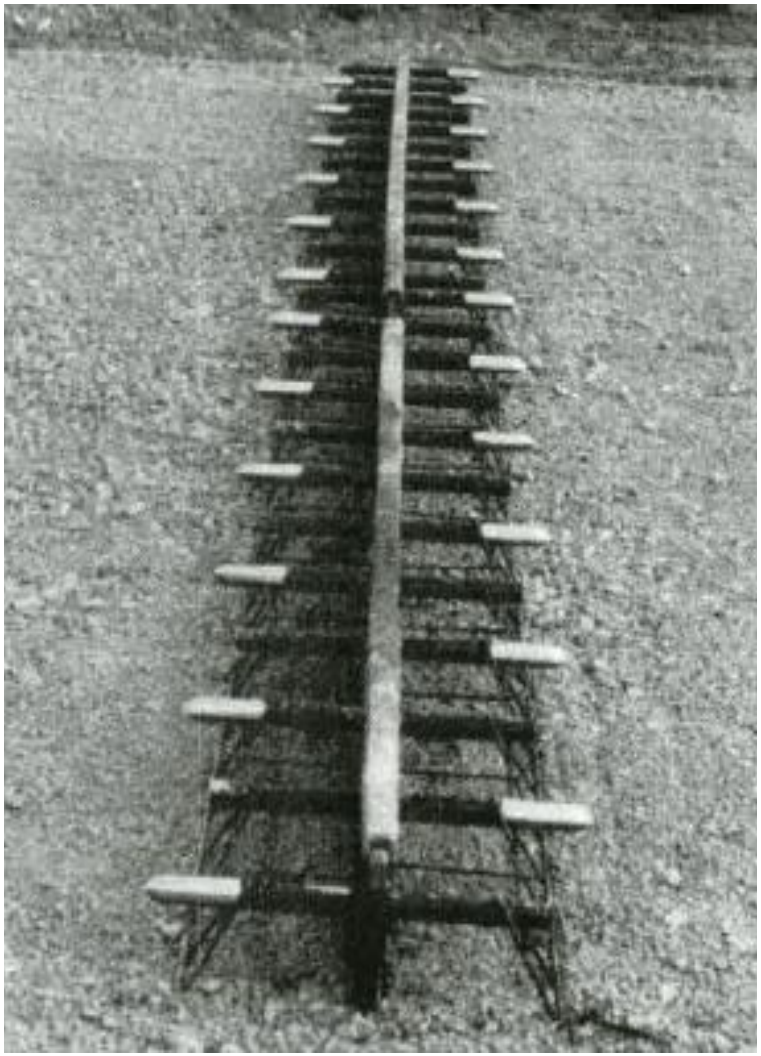
Juntas de dilatación

⇒ Deben estar provistas de una cápsula de expansión de 20 - 30 mm de carrera libre.

⇒ Se recomienda rellenar la cápsula para evitar que se desplace.

⇒ El material de relleno debe ser no extrusivo y no putrescible (Madera Blanda) – **Poliestireno Expandido → NO RECOMENDADO**.





Curado

- **Todo hormigón debe curarse.**
- **El curado consiste en evitar el secado prematuro del hormigón.**
- **Hay distintos procedimientos de curado eficiente. (evitar el secado – agregar agua)**
- **El curado debe prolongarse hasta tanto se asegure una adecuada resistencia.**
- **El curado temprano sirve para evitar la fisuración plástica en el caso de elementos superficiales como pavimentos.**

¿Qué aspectos pueden evaluarse en un sistema de curado?

• **Eficiencia**	• Retardo en el régimen de secado
• **Metodología de aplicación**	• Facilidad, homogeneidad de la protección
• **Momento de la aplicación**	• Mientras más temprano, mejor. Contribuye a reducir fisuración plástica
• **Procedimiento constructivo**	• Evaluar compatibilidad con procedimientos futuros a realizar

Métodos de curado

Métodos de curado
Valoración cualitativa

Atributo	Membrana química	Film de polietileno	Arpillera húmeda	Inundación
Eficiencia	4	4	3	5
Facilidad	4	2/3	2/3	1
Aplicación en estado fresco	5	0	0	0
Operatividad	5	3	2	1

0: Muy malo 1: Malo 2: Regular 3: Bueno 4: Muy Bueno 5: Excelente

Aplicación de un compuesto líquido formador de membrana de curado

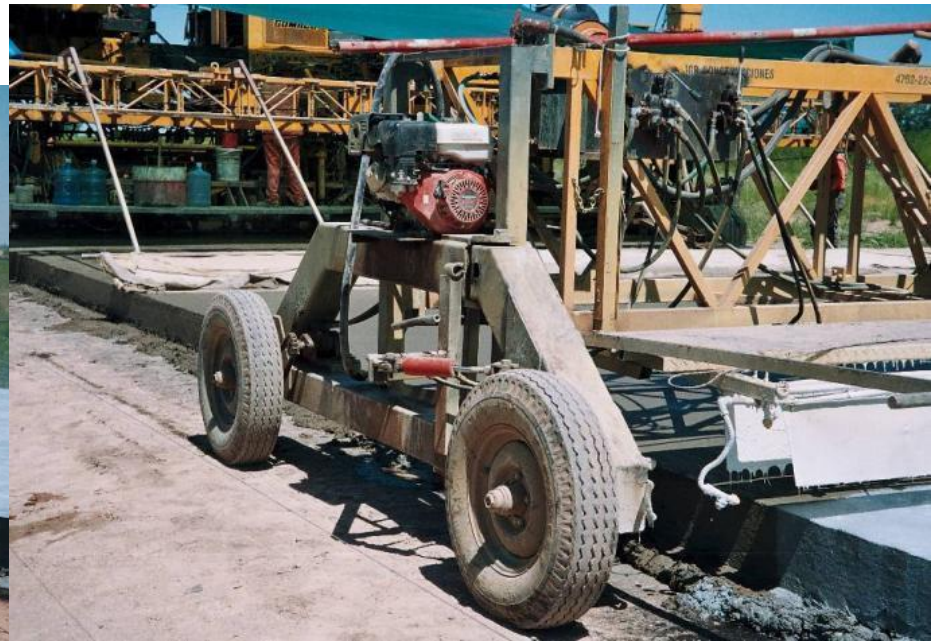
- Con inyectores que aseguren la **correcta dispersión** del producto.
- Asegurando la **homogeneidad del producto** (agitación del tanque, pigmento blanco)
- **Dosis media:** de 200 a 300 g/m^2
- **Antes que la superficie se seque**, inmediatamente luego del texturado.

Curado
Buena aplicación

- **Regular altura barra de riego**
- **Limpiar y regular los picos pulverizadores (mantenimiento)**
- **Calibrar velocidad de avance del equipo**

Curado del Hormigón

Inmediatamente detrás del texturizado



Curado del Hormigón

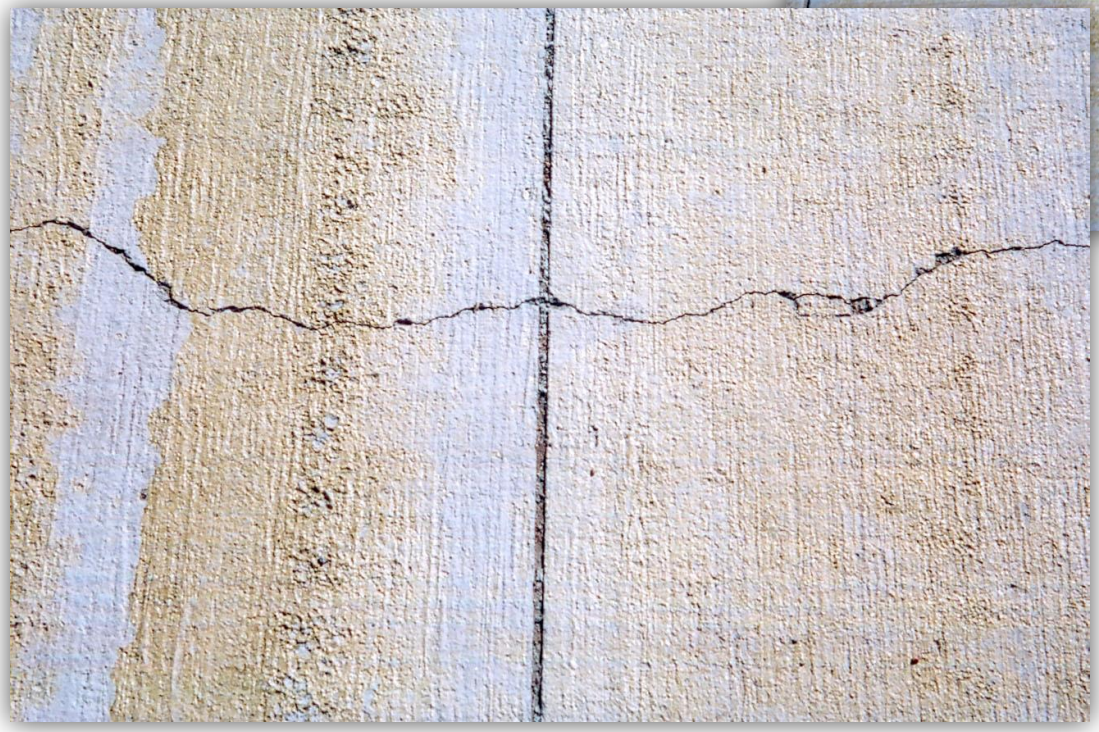
Considerar perdidas por viento

Aplicar en bordes luego del desmolde

Cobertura para lluvias

Curado
Incorrecta aplicación

Efectos de curado defectuoso



Objetivos del Texturizado

La provisión de una adecuada textura superficial brindará una macrotextura apropiada, que permitirá alcanzar los niveles de seguridad en el tránsito acordes con el uso y categoría de la vía.

- En el caso de pavimentos de hormigón, existe un importante abanico de alternativas a aplicar en estado fresco.
- El objetivo del texturizado del hormigón es:
  - Conseguir una adecuada resistencia al deslizamiento en condición húmeda,
  - Conservar un buen drenaje y escurrimiento superficial del agua,
  - Mantener bajos niveles de ruido,
  - Brindar resistencia al desgaste y durabilidad.

Métodos de texturizado

Arpillera

Consiste en el arrastre en el sentido longitudinal de una tela de arpillera, sobre la superficie recién terminada del hormigón.

Recomendaciones generales:

- Mantenerla limpia y húmeda
- En uno o varios pliegues
- Deshilachada levemente

Fortalezas:

- De sencilla ejecución.
- Aplicación manual o automática.
- Bajo nivel de ruido.

Debilidades:

- Baja profundidad de textura.
- Mayor pérdida de fricción inicial

Métodos de texturizado

Césped Sintético

Consiste en el arrastre en el sentido longitudinal de una rastra de césped sintético que cumpla las siguientes características:

- Largo de pelo: 15 - 25 mm.
- Pelos por metro cuadrado: 77.500
- Peso > 2350 g/m^2

Fortalezas:

- Sencilla construcción.
- Aplicación manual o automática.
- Bajo nivel de ruido.
- Profundidad graduable.
- Buenos índices de fricción.

Debilidades:

- Resulta crítica la calidad del mortero para un buen desempeño a largo plazo.

Métodos de texturizado

Cepillo (Longitudinal o Transversal)

El cepillado puede efectuarse en el sentido longitudinal o transversal a la dirección de circulación, creando pequeñas crestas sobre la superficie del pavimento:

Fortalezas:

- Sencilla construcción.
- Aplicación manual o automática.
- Bajo nivel de ruido (L).
- Buenos índices de fricción (T)

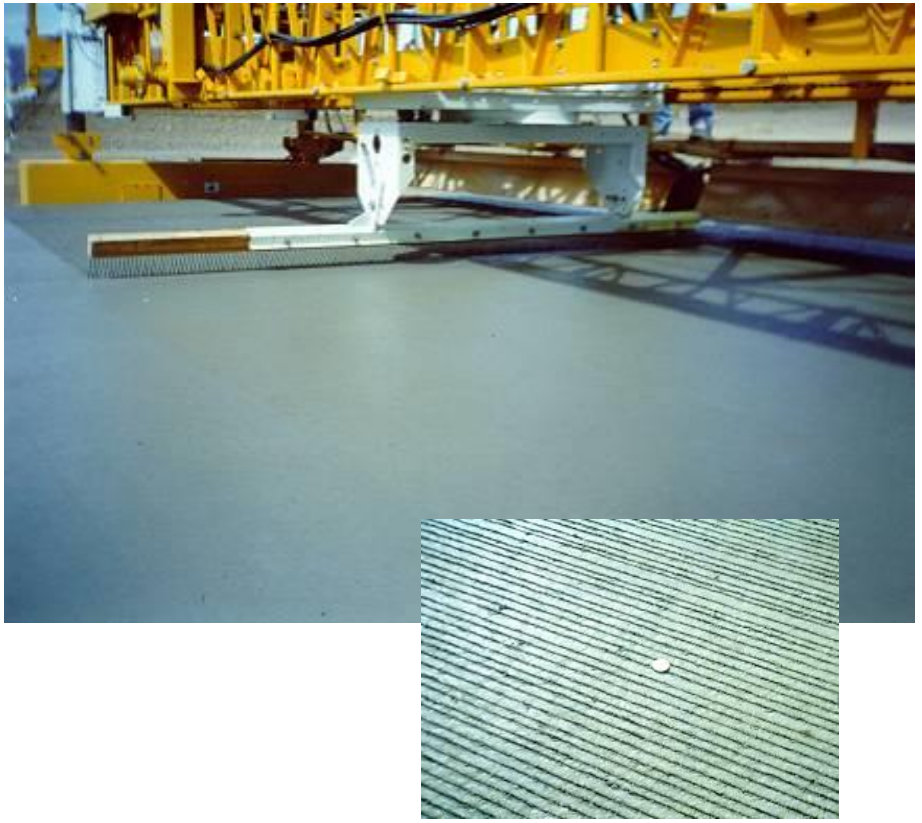
Debilidades:

- Resulta crítica la calidad del mortero para un buen desempeño a largo plazo.
- Elevados niveles de ruido (T).

Métodos de texturizado

Peine Transversal ó Longitudinal

Consiste en el arrastre en el sentido transversal o Longitudinal de un implemento tipo peine metálico o plástico que genera una serie de surcos sobre la superficie del pavimento.



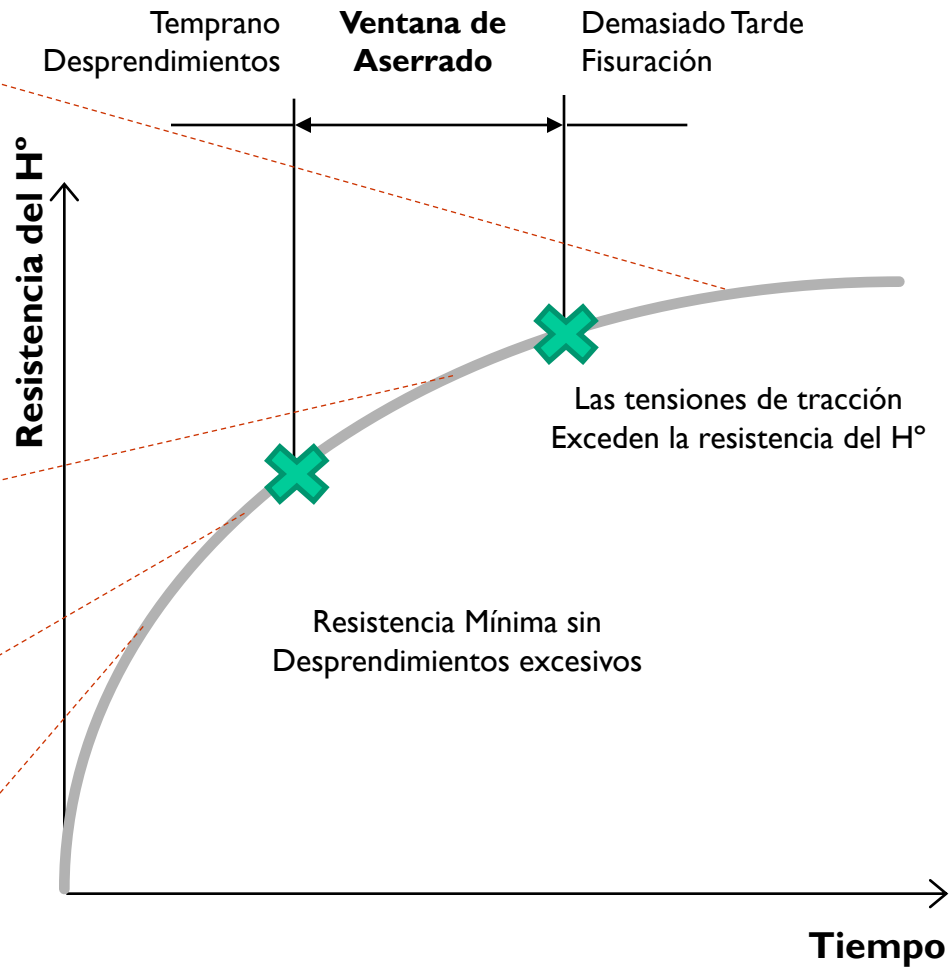
Fortalezas:

- Elevados índices de fricción
- Elevada durabilidad.
- De aplicación automática o manual.
- Menor riesgo de hidroplaneo (T)
- Reduce el spray y salpicaduras (T)
- Baja generación de ruido (L)
- Mayor seguridad en curvas horiz. (L)

Debilidades:

- Mayor generación de ruido (T).
- Puede generar molestias a los vehículos pequeños – motociclistas (L).

¿Como controlar la fisuración?



Cuales son los factores principales que inciden en este fenómeno

- Características de la mezcla.
- Condiciones Ambientales.
- Condiciones de la superficie de apoyo (terminación superficial, rigidez, permeabilidad).
- Protección y curado del hormigón.
- Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores.
- Diseño de juntas de contracción.

¿Cuales de estos factores se encuentran bajo nuestro control?

Características de la Mezcla

Recomendaciones Generales:

- Evitar en la etapa de diseño el empleo de hormigones de elevada resistencia. Se recomienda diseñar con una resistencia a flexión a 28 días del orden de 4,5 MPa.
- Previo a su utilización en un proyecto, evaluar las características de los agregados, o del hormigón elaborado con los mismos (Coeficiente de expansión térmica, Módulo de elasticidad, Módulo de rotura, etc.).
- En la etapa de dosificación, optimizar la distribución granulométrica de agregados para minimizar el contenido de agua y de cemento.
- Evitar el empleo de agregados con polvo adherido.
- Emplear agregados saturados (+ importante en agregados de elevada absorción y en clima caluroso).

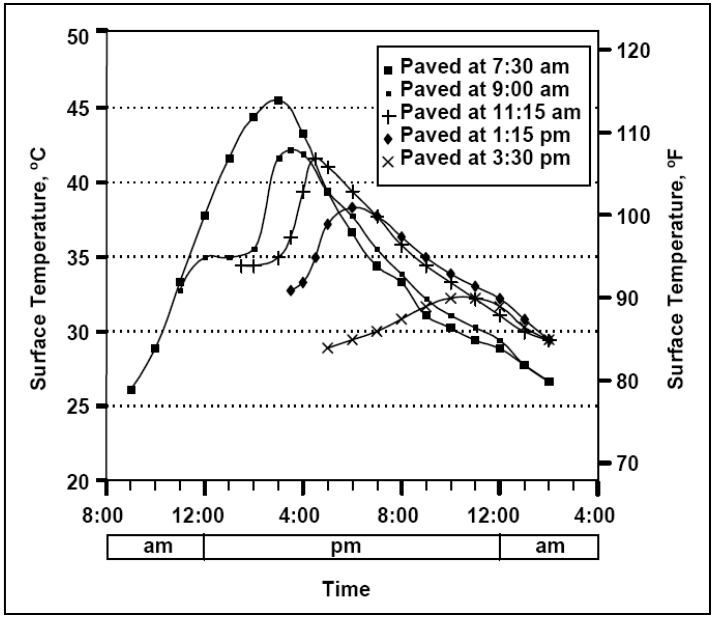
Condiciones Ambientales

Posibles riesgos (condiciones de reducción de la ventana de aserrado)

- Brusca caída de temperatura o lluvia.
- Altas temperaturas en días soleados.
- Condiciones ventosas y de baja humedad.

Recomendaciones generales:

- Extremar los recaudos en las tareas de curado y protección durante las primeras horas.
- Considerar la modificación del horario de pavimentación (altas temperaturas en días soleados).
- Considerar la adopción de medidas especiales para incrementar la confiabilidad.



Condiciones de la superficie de apoyo

Recomendaciones Generales:

- Se deberá contar con un apoyo firme, uniforme y estable.
- Si se emplean subbases rígidas deberá proveerse una terminación lo más lisa posible (evitar trabas mecánicas).
- Si se emplean subbases rígidas emplear un ruptor de adherencia. (tratamiento bituminoso, parafina, film de polietileno, etc.).
- La base debe encontrarse saturada.
- Si se emplea una subbase abierta, impedir la penetración del hormigón en la base.

Protección y curado del hormigón

Recomendaciones Generales:

- Aplicar el compuesto de curado en la dosis apropiada tan pronto se finalicen las tareas de terminación.
- Verificar una correcta distribución del producto y el tiempo de formación de la membrana.
- Verificar elasticidad y comportamiento.
- Bajo condiciones rigurosas puede considerarse la adopción de medidas de protección adicionales.

Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

Recomendaciones Generales:

- Pasadores libres de óxido y con tratamiento antiadherente en toda su longitud. NO EMPLEAR GRASA.
- Pasadores perfectamente cortados, sin rebabas ni resaltos.
- Verificar una correcta densificación en zonas de inserción o canastos.
- El aserrado debe comenzar tan pronto como el hormigón permita ser cortado sin desprendimientos de agregados gruesos o roturas.
- El aserrado nunca debe ser demorado o interrumpido, más allá de la hora del día o la condición climática.

Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

Recomendaciones Generales:

- Profundidad de aserrado: 1/3 E Subbases Tratadas; 1/4 E Granulares (JT); 1/3 E Juntas Longitudinales.
- Contar con cantidad suficiente de aserradoras en el frente (mínimo 3) y una adicional para contingencias.
- La secuencia de corte se corresponde exactamente con el mismo orden de aparición de las fisuras en el pavimento.
- No efectuar cortes alternados. Solo se efectúa en casos de contingencias.
- El corte de las juntas longitudinales se debe efectuar levemente retrasado del aserrado transversal.

Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

Pasadores Desalineados

Mal Posicionamiento de Pasadores

Aserrado de juntas y Posicionamiento de Pasadores

Posicionamiento y Alineación de Pasadores

Recomendaciones:

- Verificar posicionamiento y anclaje de los canastos.
- Verificar los procedimientos de demarcación de la posición de inserción (DBI).
- Verificar en las primeras jornadas (y luego periódicamente), la alineación y posición de los pasadores (Remoción de H° fresco, Extracción de testigos, **ensayos no destructivos - recomendado**).

¿Preguntas?

ING. DIEGO H. CALO
COORDINADOR
DEPARTAMENTO TÉCNICO DE PAVIMENTOS
dcalo@icpa.com.ar