



Ministerio de Transporte
y Obras Públicas



BANCO DE DESARROLLO
DE AMÉRICA LATINA

MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS TOMO 2 NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS



OCTUBRE 2012



INSTITUTO BOLIVIANO DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN



Ministerio de Transporte
y Obras Públicas

**MINISTERIO DE TRANSPORTE
Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR
SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE**



**MANUAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS
TOMO 2 NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS**

Realizado por el Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón

Contrato de Asesoramiento Técnico en Pavimentos Rígidos y
Mezclas con Ligantes Hidráulicos.

Con el apoyo de la CAF



INSTITUTO BOLIVIANO DEL CEMENTO Y EL HORMIGÓN

MINISTRA DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR

María de los Angeles Duarte

VICEMINISTRO DE INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTE

Iván Sempértegui

SUBSECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE

Milton Torres

PRESENTACIÓN

El segundo tomo del Manual de Pavimentos Rígidos, comprende la traducción de las Normas y Especificaciones Técnicas más relevantes publicadas por el “Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes (DNIT)” de la República de Brasil.

Estas especificaciones normalmente están relacionadas con Normas brasileras en cuanto a ensayos y materiales. Para facilitar su uso en Ecuador y la comprensión por parte de los lectores, se ha realizado una adaptación a las Normas ASTM correspondientes.

TOMO 2 NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS

- **NORMA - Pavimento rígido – Sello de juntas – Especificación del material**
- **NORMA - Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con regla vibratoria – Especificación de Servicio**
- **NORMA - Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con terminadora mediana sobre rieles – Especificación de Servicio**
- **NORMA - Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con pavimentadora deslizante – Especificación de Servicio**
- **NORMA - Pavimento rígido – Cemento Portland - Especificación del material**
- **NORMA - Pavimento rígido – Pavimento de Hormigón de cemento Portland, compactado con rodillo– Especificación de Servicio**
- **NORMA – Pavimento Rígido – Inspección Visual – Procedimiento**
- **NORMA - Pavimento rígido – Defectos – Terminología**
- **NORMA - Pavimento rígido – Evaluación objetiva – Procedimiento**
- **NORMA - Pavimento rígido – Evaluación subjetiva – Procedimiento**
- **NORMA - Pavimento rígido – Construcción con piezas prefabricadas de hormigón de cemento Portland - Especificación de Servicio**

INDICE

TOMO 2 NORMAS PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS	1
NORMA: Pavimento rígido – Sello de juntas – Especificación del material	15
Resumen	15
1. Objetivo	15
2. Referencias normativas	15
3. Definiciones.....	16
3.1 Sello de juntas	16
3.2 Junta transversal de retracción	16
3.3 Junta longitudinal de articulación	17
3.4 Juntas de expansión.....	17
4. Condiciones generales	17
4.1 Materiales.....	17
4.2 Muestreo	17
5. Condiciones específicas	17
5.1 Junta transversal de retracción	17
5.2 Junta longitudinal de articulación	18
5.3 Junta de expansión o de dilatación.....	19
6. Aceptación y rechazo	20
NORMA: Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con regla vibratoria – Especificación de Servicio	21
Resumen	21
1. Objetivo	21
2. Referencias normativas	21
3. Definiciones.....	23
4. Condiciones generales	23
4.1 Sub-base	23
4.2 Hormigón de cemento Portland para pavimento	23
4.3 Recepción de materiales.....	23
5. Condiciones específicas	23
5.1 Materiales.....	23
5.1.1 Cemento Portland.....	23
5.1.2 Agregados	24
5.1.3 Agua.....	24

5.1.4	Aditivos.....	24
5.1.5	Acero.....	25
5.1.6	Material para sello de juntas	25
5.1.7	Material para relleno de juntas de expansión.....	25
5.1.8	Película aislante e impermeabilizante	25
5.1.9	Materiales para el curado del hormigón.....	26
5.1.10	Hormigón	26
5.2	Equipo	27
5.3	Ejecución del pavimento	28
5.3.1	Subrasante	28
5.3.2	Sub-Base	29
5.3.3	Disposición de los moldes y su preparación para el hormigonado.....	29
5.3.4	Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón.....	29
5.3.5	Compactado del Hormigón	30
5.3.6	Acabado final del Hormigón.....	30
5.3.7	Ejecución de las juntas	30
5.3.7.1	Juntas longitudinales	30
5.3.7.2	Juntas transversales	31
5.3.7.3	Juntas transversales de construcción.....	31
5.3.7.4	Barras de amarre de juntas longitudinales	31
5.3.7.5	Barras de transferencia en juntas transversales.....	31
5.3.8	Colocado de la malla de acero	32
5.3.9	Curado del Hormigón	32
5.3.10	Desmoldaje	32
5.3.11	Sello de juntas	33
6.	Manejo ambiental	33
6.1	En la exploración de bancos de préstamo	33
6.2	Durante la ejecución.....	34
7.	Inspección.....	34
7.1	Control de insumos	34
7.2	Control de la producción (ejecución).....	34
7.2.1	Determinación del revenimiento del hormigón	34
7.2.2	Determinación de la resistencia del hormigón	35
7.2.2.1	Resistencia de control	35

7.2.2.2	Vaciado o fundido de las probetas	35
7.2.2.3	Ensayos	35
7.3	Control del producto	35
7.3.1	Control geométrico	35
7.3.2	Control de acabado final	36
7.4	Condiciones de conformidad y no conformidad	36
7.4.1	Resistencia del hormigón	36
7.4.1.1	Determinación de la resistencia característica	36
7.4.1.2	Aceptación automática	37
7.4.1.3	Verificaciones suplementarias	37
7.4.1.4	Registros.	38
8.	Criterios de medición	38
NORMA: Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con terminadora		
	mediana sobre rieles – Especificación de Servicio	39
	Resumen	39
1.	Objetivo	39
2.	Referencias normativas	39
3.	Definiciones.....	40
4.	Condiciones generales	40
4.1	Sub-base	40
4.2	Hormigón de cemento Portland para pavimento	40
4.3	Recepción de materiales.....	41
5.	Condiciones específicas	41
5.1	Materiales.....	41
5.1.1	Cemento Portland.....	41
5.1.2	Agregados	41
5.1.3	Agua.....	41
5.1.4	Aditivos.....	42
5.1.5	Acero.....	42
5.1.6	Material para sellado de juntas.....	42
5.1.7	Material para el relleno de juntas de expansión.....	42
5.1.8	Película aislante e impermeabilizante	43
5.1.9	Materiales para el curado del hormigón.....	43
5.1.10	Hormigón	43

5.2	Equipo	44
5.3	Ejecución del pavimento	45
5.3.1	Subrasante	45
5.3.2	Sub Base.....	46
5.3.3	Disposición de los moldes y su preparación para el hormigonado.	46
5.3.4	Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón.....	46
5.3.5	Compactado del Hormigón	47
5.3.6	Acabado final del Hormigón.....	48
5.3.7	Ejecución de las juntas.	48
5.3.7.1	Juntas longitudinales	48
5.3.7.2	Juntas transversales	49
5.3.7.3	Juntas transversales de construcción.....	49
5.3.7.4	Barras de amarre de juntas longitudinales	49
5.3.7.5	Barras de transferencia en juntas transversales.....	49
5.3.8	Colocado de la malla de acero	50
5.3.9	Curado del Hormigón	50
5.3.10	Desmoldaje	50
5.3.11	Sello de juntas	51
6.	Manejo ambiental	51
6.1	En la exploración de bancos de préstamo	51
6.2	Durante la ejecución.....	52
7.	Inspección.....	52
7.1	Control de insumos	52
7.2	Control de la producción (ejecución).....	52
7.2.1	Determinación del revenimiento del hormigón	52
7.2.2	Determinación de la resistencia del hormigón.....	52
7.2.2.1	Resistencia de control	52
7.2.2.2	Vaciado o fundido de los probetas.....	52
7.2.2.3	Ensayos	53
7.3	Control del producto	53
7.3.1	Control geométrico	53
7.3.2	Control de acabado final.	54
7.4	Condiciones de conformidad y no conformidad.	54
7.4.1	Resistencia del hormigón	54

7.4.1.1	Determinación de la Resistencia característica	54
7.4.1.2	Aceptación automática	55
7.4.1.3	Verificaciones suplementarias	55
7.4.1.4	Registros.	55
8.	Criterios de medición	56
NORMA: Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con pavimentadora		
	deslizante – Especificación de Servicio	57
	Resumen	57
1.	Objetivo	57
2.	Referencias normativas	57
3.	Definiciones.....	58
4.	Condiciones generales	59
4.1	Sub-base	59
4.2	Hormigón de cemento Portland para pavimento	59
4.3	Recepción de materiales.....	59
4.4	Materiales.....	59
4.4.1	Cemento Portland.....	59
4.4.2	Agregados	59
4.4.3	Agua.....	59
4.4.4	Aditivos.....	60
4.4.5	Acero.....	60
4.4.6	Material para sellado de juntas.....	61
4.4.7	Material para el relleno de juntas de expansión.....	61
4.4.8	Película aislante e impermeabilizante	61
4.4.9	Materiales para el curado del hormigón.....	61
4.4.10	Hormigón	61
4.5	Equipo	62
4.6	Ejecución del pavimento	64
4.6.1	Subrasante	64
4.6.2	Sub Base.....	64
4.6.3	Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón.....	64
4.6.4	Compactado del Hormigón	65
4.6.5	Acabado final del Hormigón.....	66
4.6.6	Acabado final	66

4.6.7	Ejecución de las juntas.....	67
4.6.7.1	Juntas longitudinales.....	67
4.6.7.2	Juntas transversales.....	67
4.6.7.3	Juntas transversales de construcción.....	68
4.6.7.4	Barras de amarre de juntas longitudinales.....	68
4.6.7.5	Barras de transferencia en juntas transversales.....	68
4.6.8	Colocado de la malla de acero.....	68
4.6.9	Curado del Hormigón.....	69
4.6.10	Sello de juntas.....	69
5.	Manejo ambiental.....	69
5.1	En la exploración de bancos de préstamo.....	69
5.2	Durante la ejecución.....	70
6.	Inspección.....	70
6.1	Control de insumos.....	70
6.2	Control de la producción (ejecución).....	70
6.2.1	Determinación del revenimiento del hormigón.....	71
6.2.2	Determinación de la resistencia del hormigón.....	71
6.2.2.1	Resistencia de control.....	71
6.2.2.2	Vaciado o fundido de las probetas.....	71
6.2.2.3	Ensayos.....	71
6.3	Control del producto.....	71
6.3.1	Control geométrico.....	71
6.3.2	Control de la irregularidad longitudinal.....	72
6.3.3	Control de las condiciones de seguridad.....	72
6.4	Condiciones de conformidad y no conformidad.....	73
6.4.1	Resistencia del hormigón.....	73
6.4.1.1	Determinación de la Resistencia característica.....	73
6.4.1.2	Aceptación automática.....	73
6.4.1.3	Verificaciones suplementarias.....	73
6.4.1.4	Registros.....	74
7.	Criterios de medición.....	74
	ANEXO 1.....	75
	NORMA:77 Pavimento rígido – Cemento Portland - Especificación del material.....	77
	Resumen.....	77

1. Objetivo	77
2. Referencias normativas	77
3. Definiciones.....	77
3.1. Cemento Portland Común – tipo I	77
3.2. Cemento Portland Compuesto	77
3.3. Cemento Portland de Alta resistencia Inicial	78
3.4. Cemento Portland de Alto Horno	78
3.5. Cemento Portland Puzolánico	78
3.6. Otras definiciones	78
4. Condiciones Generales	79
4.1. Embalaje	79
4.1.1. Cemento en sacos.....	79
4.1.2. Cemento en “Container” o a granel	79
4.2. Etiquetado	79
4.3. Almacenamiento	79
5. Condiciones específicas	80
6. Inspección y muestreo	80
7. Aceptación y rechazo	80
NORMA:82 Pavimento rígido – Pavimento de Hormigón de cemento Portland, compactado con rodillo– Especificación de Servicio	82
Resumen	82
1. Objetivo	82
2. Referencias normativas	82
3. Definiciones.....	83
3.1. Sub-base	83
3.2. Hormigón compactado con rodillo	84
4. Condiciones generales	84
4.1. Hormigón para pavimento	84
4.2. Aceptación del material	84
5. Condiciones específicas	84
5.1. Material	84
5.1.1. Cemento Portland.....	84
5.1.2. Agregados	84
5.1.4. Aditivo	85

5.1.5.	Materiales para el curado del hormigón.....	85
5.1.6.	Película aislante e impermeabilizante.	85
5.1.7.	Material para sello de juntas.	86
5.1.8.	Material para el relleno de juntas de expansión.....	86
5.1.9.	Hormigón	86
5.2.	Equipamiento	87
5.3.	Ejecución.....	88
5.3.1.	Mezclado.....	88
5.3.2.	Transporte	88
5.3.3.	Esparcido.....	88
5.3.4.	Compactación	89
5.3.5.	Juntas de construcción y retracción	89
5.3.6.	Curado.....	89
5.3.7.	Sellado de juntas	90
6.	Manejo ambiental	90
7.	Inspección.....	91
7.1.	Control del material	91
7.2.	Control de ejecución	91
7.2.1.	Cantidad de humedad del hormigón fresco.....	91
7.2.2.	Granulometría de la mezcla de agregados.....	92
7.2.3.	Resistencia a compresión	92
7.2.4.	Grado de compactación	92
7.2.5.	Control geométrico.....	93
7.2.6.	Control del acabado superficial.....	93
7.3.	Aceptación y rechazo	93
7.3.1.	Resistencia del hormigón	93
7.3.2.	Grado de compactación	94
7.3.3.	Control geométrico.....	95
7.3.4.	Control del acabado superficial.....	96
8.	Criterios de medición	96
	NORMA: Pavimento Rígido – Inspección Visual – Procedimiento.....	97
	Resumen	97
1.	Objetivo.....	97
2.	Referencias normativas y bibliográficas	97

2.1.	Referencia bibliográfica.....	97
3.	Definiciones.....	97
3.1.	Grado de severidad del defecto.....	97
3.2.	Índice de condición del pavimento (ICP)	97
4.	Condiciones generales	98
5.	Condiciones específicas	98
5.1.	Definición de los sectores de la carretera.....	98
5.1.1.	Atribución.....	98
5.1.2.	Criterios	98
5.1.3.	Preparación del sector para inspección	98
5.2.	Determinación del tipo de inspección.....	98
5.2.1.	Inspección en todo el sector.	99
5.2.2.	Inspección por muestreo.....	99
5.2.3.	Determinación del número mínimo de muestras.....	99
5.2.4.	Selección de las muestras	100
5.3.	Levantamiento de defectos visibles	100
5.3.1.	Actividades Preliminares.....	100
5.3.2.	Ejecución	100
5.3.3.	Levantamiento de los defectos atípicos.....	101
5.4.	Catalogación de los datos colectados en la inspección.	101
6.	Medios Necesarios	101
6.1.	Personal.....	101
6.2.	Materiales.....	102
6.3.	Registro documental.	102
7.	Disposiciones Finales.	102
	Anexo A (normativo)	103
	Anexo B (Normativo).....	104
	Anexo C (normativo).....	105
	Anexo D (normativo)	106
	Anexo E (normativo).....	107
	Anexo F (normativo)	116
	Anexo G (normativo)	118
	Anexo H (normativo)	119
	Anexo J (normativo).....	121

NORMA: Pavimento rígido – Defectos – Terminología	122
Resumen	122
1. Objetivo	122
2. Definición	122
3. Tipos de defectos	122
3.1. Levantamiento de losas	122
3.2. Fisuras de esquina	122
3.3. Losa dividida.....	122
3.4. Escalonamiento o grada en las juntas	122
3.5. Falla del sellante en juntas	123
3.6. Desnivel del pavimento – berma (espaldón).....	123
3.7. Fisuras lineales	123
3.8. Grandes reparaciones	123
3.9. Pequeñas reparaciones	123
3.10. Desgaste superficial	124
3.11. Bombeo de finos	124
3.12. Roturas localizadas	124
3.13. Defectos en pasos a nivel	124
3.14. Fisuras superficiales (cuarteado) y escamado.....	124
3.15. Fisuras de retracción plástica	124
3.16. Desportillado o rotura de canto.....	124
3.17. Desportillado de juntas	125
3.18. Losa suelta o “losa bailarina”	125
3.19. Asentamiento	125
3.20. Huecos o agujeros	125
Anexo A (informativo)	126
NORMA: Pavimento rígido – Evaluación objetiva – Procedimiento	135
Resumen	135
1. Objetivo	135
2. Referencias normativas y bibliográficas	135
2.1. Referencias bibliográficas.....	135
3. Definiciones.....	135
3.1. Evaluación objetiva.....	135
3.2. Índice de Condición del Pavimento (ICP)	135

4.	Condiciones generales	136
5.	Condiciones específicas	136
5.1.	Análisis de los datos obtenidos en la inspección	136
5.2.	Cálculo de Índice de Condición del Pavimento	136
5.3.	Atribución de conceptos	136
5.4.	Análisis del registro documentado	136
5.5.	Emisión del informe.....	137
6.	Disposiciones finales	137
Anexo A (normativo): Instrucciones para el cálculo del ICP.....		139
1.	Disposiciones iniciales.....	139
2.	Cálculo práctico del ICP de una muestra	139
3.	Cálculo del ICP de un tramo	140
4.	Disposiciones finales	140
5.	Ficha de inspección – ejemplo	141
5.1.	Informaciones complementarias a la ficha de inspección.....	142
5.1.1.	Defectos en el sellado de las juntas (5).....	142
5.1.2.	Desgaste superficial (10).....	142
5.1.3.	Defectos no deducibles (ver DNIT 061/2004 –TER)	142
5.1.3.1.	Asentamiento (19).....	142
5.1.3.2.	Huecos (20).....	143
5.1.3.3.	Defectos atípicos	143
5.2.	Información complementaria – Ejemplo	144
6.	Curvas para la determinación de valores deducibles de los defectos	145
6.1.	Alzamiento de losas	145
6.2.	Fisuras de esquina	146
6.3.	Losa dividida (fracturada).....	147
6.4.	Escalonamiento o desnivel.....	148
6.5.	Defecto en el sellado de juntas.....	149
6.6.	Desnivel del pavimento – Bermas (espaldones)	150
6.7.	Fisuras lineales	151
6.8.	Grandes reparaciones existentes ($> 0,45 \text{ m}^2$).....	152
6.9.	Pequeñas reparaciones existentes ($\leq 0,45 \text{ m}^2$)	153
6.10.	Desgaste superficial	154
6.11.	Bombeo	155

6.12.	Roturas localizadas	156
6.13.	Paso de nivel	157
6.14.	Fisuras superficiales (cuarteado) y escamado del hormigón	158
6.15.	Fisuras de retracción plástica	159
6.16.	Desportillado y quiebre de canto	160
6.17.	Desportillado de juntas	161
6.18.	Losa suelta o “losa bailarina”	162
7.	Valor deducible corregido, para pavimentos de hormigón simple	163
NORMA: Pavimento rígido – Evaluación subjetiva – Procedimiento		165
Resumen		165
1.	Objetivo	165
2.	Definición	165
3.	Condiciones generales	165
4.	Condiciones específicas	165
4.1.	Inspección del pavimento	165
4.2.	Atribución de notas y respectivas conceptos	166
4.3.	Análisis del registro documental	166
4.4.	Emisión del informe	166
5.	Disposiciones finales	167
Anexo A (normativo)		168
Anexo B (normativo)		169
Anexo C (informativo)		170
NORMA: Pavimento rígido – Construcción con piezas prefabricadas de hormigón de cemento Portland - Especificación de Servicio		180
Resumen		180
1.	Objetivo	180
2.	Definición	180
3.	Condiciones generales	180
3.1.	Sub-base	180
3.2.	Piezas prefabricadas de hormigón	180
4.	Condiciones específicas.	181
4.1.	Materiales	181
4.1.1.	Pieza prefabricadas de hormigón	181
4.1.2.	Arena o polvo de piedra	181

4.1.3.	Asfalto.....	181
4.2.	Equipo	181
4.3.	Ejecución.....	181
4.3.1.	Subrasante	181
4.3.2.	Sub-base	182
4.3.3.	Colchón de arena o de polvo de piedra	182
4.3.4.	Pavimento de piezas prefabricadas	182
4.3.4.1.	Distribución de los bloques.....	182
4.3.4.2.	Colocación de las líneas de referencia	182
4.3.4.3.	Asentamiento de las piezas	183
4.3.4.3.1.	En sectores rectos.....	183
4.3.4.3.2.	En intersecciones y cruces rectos.....	184
4.3.4.3.3.	En cruces e intersecciones inclinadas	184
4.3.4.3.4.	Rejuntado	184
4.3.4.3.5.	Protección, verificación y entrega al tráfico	184
5.	Manejo ambiental	184
5.1.	En la exploración de bancos de materiales	185
5.2.	Durante la ejecución.....	185
6.	Inspección.....	185
6.1.	Control del material	185
6.2.	Verificación final de la calidad	186
7.	Criterios de medición	186

NORMA

Pavimento rígido – Sello de juntas – Especificación del material

Resumen

Este documento define la metodología a ser adoptada en la definición y selección de materiales destinados al sellado de juntas de pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland, utilizados en carreteras. Son también presentados los requisitos concernientes a las condiciones generales, específicas y los criterios para la aceptación y rechazo de los materiales.

1. Objetivo

Esta norma fija los requisitos mínimos a ser adoptados en la aceptación o rechazo de materiales destinados al sellado de juntas de pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland en carreteras.

2. Referencias normativas

Los documentos relacionados en este numeral sirvieron de base para la elaboración de la presente Norma y contienen disposiciones que, al ser citadas, conforman parte integrante de esta Norma. Las ediciones presentadas son las que estaban en vigencia en momento de la publicación de este documento, se recomienda que siempre sean consideradas las ediciones más recientes.

- a. **NTE INEN 694:2010** Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.
- b. **NTE INEN 862:2011** Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.
- c. **NTE INEN 1 573:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- d. **NTE INEN 1 576:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
- e. **NTE INEN 1 578:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.
- f. **INEN 1 762:1990-06** Hormigones. Definiciones y terminología
- g. **NTE INEN 1 763:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.
- h. **NTE INEN 1 855-1:2001** Hormigones. Hormigón premezclado. requisitos

- i. **NTE INEN 1 855-2:2002** Hormigones. Hormigón preparado en obra. requisitos.
- j. **NTE INEN 2 504:2009** Mortero y hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero y del hormigón endurecidos.
- k. **NTE INEN 2 528:2010** Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.
- l. **NTE INEN 2 535:2010** Cemento hidráulico, mortero y hormigón. Uso del aparato para la determinación del cambio de longitud en especímenes endurecidos.
- m. **NTE INEN 2554:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios).
- n. **INEN 973:1983-03** Agua potable. determinación del pH
- o. **INEN 974:1983-03** Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA.
- p. **INEN 976** Agua potable. Determinación de cloruros
- q. **NTE INEN 695:2010** Áridos. Muestreo
- r. **NTE INEN 696:2011** Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- s. **INEN 870:1982** Áridos para hormigón examen petrográfico
- t. **NTE INEN 699:2011** Áridos. Determinación de partículas livianas.
- u. **NTE INEN 855:2010** Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.

3. Definiciones

3.1 Sello de juntas

Es un material flexible colocado en la parte superior de los diversos tipos de juntas de pavimento rígido, con la finalidad de impedir la penetración de agua y de otros materiales en las juntas.

3.2 Junta transversal de retracción

Tiene por finalidad controlar la fisura provocada por la contracción volumétrica del hormigón, formada por la sección debilitada.

3.3 Junta longitudinal de articulación

Tiene la finalidad de controlar las fisuras longitudinales debidas a la deformación de la losa de hormigón.

3.4 Juntas de expansión

Son juntas utilizadas en vías con cruces asimétricos, de ancho sustancialmente variable o en los encuentros de pavimentos con estructuras fijas, tales como encuentros con puentes, pasos a desnivel, edificios y otros.

4. Condiciones generales

4.1 Materiales

Los materiales de sello deben tener una buena adherencia en el sustrato de hormigón de los bordes en las juntas, tener la capacidad para resistir la deformación por el movimiento de las losas del pavimento y no ser alteradas significativamente por el envejecimiento, tener baja deformación permanente, tener poca absorción de agua y resistencia al desgarramiento, tracción, perforación y abrasión.

4.2 Muestreo

Se deben garantizar todas las facilidades y condiciones para una toma adecuada de muestras e inspección cuidadosa. En la toma de muestras se deberá proceder de acuerdo con las normas especificadas para cada uno de los ensayos descritos en el numeral 2.

Cada lote será rechazado si contiene materiales rasgados, averiados o presente dimensiones nominales diferentes a las indicadas en el pedido.

5. Condiciones específicas

Las probetas de ensayo deben estar estandarizadas por el método de ensayo referente a la determinación de su característica específica o a una propiedad del material de sello. La preparación de las probetas de ensayo debe preceder al envejecimiento acelerado.

5.1 Junta transversal de retracción

Los materiales de sello aplicados en juntas transversales de retracción deben presentar:

- a. **INEN 891:1982** Fibra vulcanizada. Láminas flexibles. Métodos de ensayo.
- b. **INEN 1 032** Pinturas anticorrosivas. Ensayo de la resistencia al intemperismo acelerado

- c. **NTE INEN 2 063:2005** Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros requisitos.
- d. **NTE INEN 2 065:1996** Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros. Determinación de la deformación remanente por tracción (comportamiento elástico).
- e. **NTE INEN 2 336:2002** Productos derivados del petróleo. Procedimiento para la inspección de calidad de los derivados del petróleo.
- f. **NTE INEN 2 530:2010** Láminas plásticas. Determinación de la estabilidad dimensional.
- g. **NTE INEN 2 531:2010** Láminas plásticas. Determinación de la variación de propiedades en láminas plásticas bajo la acción de un agente químico.
- h. **NTE INEN 2 531:2010** Láminas plásticas. Determinación de la variación de propiedades en láminas plásticas bajo la acción de un agente químico.
- i. **NTE INEN 2 542:2010** Láminas plásticas. Requisitos.
- j. **ASTM D 6690-01** Especificaciones estándar para selladores de juntas y grietas, aplicación en caliente, para pavimentos de concreto y asfalto
- k. **NTP 321.145:2033** Petróleo y derivados. Sellantes para juntas y grietas, aplicados en caliente para pavimentos asfálticos y de concreto. Especificaciones

5.2 Junta longitudinal de articulación

Los materiales de sello aplicados en juntas longitudinales de articulación deben presentar:

- a. **INEN 891:1982** Fibra vulcanizada. Láminas flexibles. Métodos de ensayo.
- b. **INEN 1 032** Pinturas anticorrosivas. Ensayo de la resistencia al intemperismo acelerado
- c. **NTE INEN 2 063:2005** Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros requisitos.
- d. **NTE INEN 2 065:1996** Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros. Determinación de la deformación remanente por tracción (comportamiento elástico).
- e. **NTE INEN 2 336:2002** Productos derivados del petróleo. Procedimiento para la inspección de calidad de los derivados del petróleo.
- f. **NTE INEN 2 530:2010** Láminas plásticas. Determinación de la estabilidad dimensional.

- g. **NTE INEN 2 531:2010** Láminas plásticas. Determinación de la variación de propiedades en láminas plásticas bajo la acción de un agente químico.
- h. **NTE INEN 2 531:2010** Láminas plásticas. Determinación de la variación de propiedades en láminas plásticas bajo la acción de un agente químico.
- i. **NTE INEN 2 542:2010** Láminas plásticas. Requisitos.
- j. **ASTM D 6690-01** Especificaciones estándar para selladores de juntas y grietas, aplicación en caliente, para pavimentos de concreto y asfalto
- k. **NTP 321.145:2033** Petróleo y derivados. Sellantes para juntas y grietas, aplicados en caliente para pavimentos asfálticos y de concreto. Especificaciones

5.3 Junta de expansión o de dilatación

Los materiales de sello aplicados en juntas longitudinales de dilatación deben presentar:

- a. **INEN 891:1982** Fibra vulcanizada. Láminas flexibles. Métodos de ensayo.
- b. **INEN 1 032** Pinturas anticorrosivas. Ensayo de la resistencia al intemperismo acelerado
- c. **NTE INEN 2 063:2005** Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros requisitos.
- d. **NTE INEN 2 065:1996** Productos derivados del petróleo. Láminas de betún modificado con elastómeros. Determinación de la deformación remanente por tracción (comportamiento elástico).
- e. **NTE INEN 2 336:2002** Productos derivados del petróleo. Procedimiento para la inspección de calidad de los derivados del petróleo.
- f. **NTE INEN 2 530:2010** Láminas plásticas. Determinación de la estabilidad dimensional.
- g. **NTE INEN 2 531:2010** Láminas plásticas. Determinación de la variación de propiedades en láminas plásticas bajo la acción de un agente químico.
- h. **NTE INEN 2 531:2010** Láminas plásticas. Determinación de la variación de propiedades en láminas plásticas bajo la acción de un agente químico.
- i. **NTE INEN 2 542:2010** Láminas plásticas. Requisitos.
- j. **ASTM D 6690-01** Especificaciones estándar para selladores de juntas y grietas, aplicación en caliente, para pavimentos de concreto y asfalto

- k. **NTP 321.145:2033** Petróleo y derivados. Sellantes para juntas y grietas, aplicados en caliente para pavimentos asfálticos y de concreto. Especificaciones

6. Aceptación y rechazo

- a. Debe ser rechazado el material entregado que presente rasgaduras o averías, también aquel que presente dimensiones nominales diferentes de aquellas indicadas en el pedido.
- b. Para la calificación de los materiales de sello deben ser realizados todos los procedimientos y ensayos indicados en el numeral 5, tanto en las condiciones de recepción, como después de procesos de envejecimiento.
- c. El lote es automáticamente aceptado siempre que fuesen cumplidas todas las exigencias de la presente Norma.
- d. Cuando los resultados de los ensayos no cumplieren con las condiciones especificadas en esta Norma, el impase debe ser resuelto por medio de la utilización de una muestra reservada para la repetición de los ensayos, que deben ser efectuados en un laboratorio escogido por consenso entre las partes.

NORMA

Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con regla vibratoria – Especificación de Servicio

Resumen

Este documento define la metodología a ser adoptada en la construcción de pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland para uso en carreteras, utilizando regla vibratoria. También se presentan los requisitos relativos a las condiciones de ejecución, inspección, gestión ambiental y a los criterios de medición.

1. Objetivo

Esta Norma establece las condiciones necesarias para la construcción de pavimentos rígidos de hormigón simple de cemento Portland, utilizando regla vibratoria.

2. Referencias normativas

Los documentos mencionados en esta sección han servido de base para el desarrollo de la presente norma y contienen disposiciones que, mediante su referencia en el texto, se convierten en parte integrante de la presente Norma. Los temas presentados son los que estaban en vigencia en la fecha de esta publicación, se recomienda que siempre sean consideradas las últimas ediciones, en su caso.

- a. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 42-77: obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- b. _____. ASTM C 260-77: air-entraining admixture for concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- c. _____. . ASTM C 309-74: liquid membrane-forming compounds for curing concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- d. **NTE INEN 694:2010** Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.
- e. **NTE INEN 862:2011** Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.
- f. **NTE INEN 1 573:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- g. **NTE INEN 1 576:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.

-
- h. **NTE INEN 1 578:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.
 - i. **INEN 1 762:1990-06** Hormigones. Definiciones y terminología
 - j. **NTE INEN 1 763:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.
 - k. **NTE INEN 1 855-1:2001** Hormigones. hormigón premezclado. Requisitos
 - l. **NTE INEN 1 855-2:2002** Hormigones. Hormigón preparado en obra. requisitos.
 - m. **NTE INEN 2 504:2009** Mortero y hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero y del hormigón endurecidos.
 - n. **NTE INEN 2 528:2010** Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.
 - o. **NTE INEN 2 535:2010** Cemento hidráulico, mortero y hormigón. Uso del aparato para la determinación del cambio de longitud en especímenes endurecidos.
 - p. **NTE INEN 2554:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios).
 - q. **INEN 973:1983-03** Agua potable. Determinación del pH
 - r. **INEN 974:1983-03** Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA.
 - s. **INEN 976** Agua potable. Determinación de cloruros
 - t. **NTE INEN 695:2010** Áridos. Muestreo
 - u. **NTE INEN 696:2011** Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
 - v. **INEN 870:1982** Áridos para hormigón examen petrográfico
 - w. **NTE INEN 699:2011** Áridos. Determinación de partículas livianas.
 - x. **NTE INEN 855:2010** Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.

3. Definiciones

El pavimento de hormigón simple es la capa que consta de losas de hormigón de cemento Portland, no armadas, o posiblemente con refuerzo sin ninguna función estructural, que realizan tanto las funciones de base y revestimiento.

4. Condiciones generales

4.1 Sub-base

Las losas de hormigón deben estar vaciadas sobre un material de sub-base, ejecutado con un material y espesor definido en el proyecto, que no deberá presentar expansión ni ser bombeable, asegurando un apoyo uniforme de las losas en todo instante.

4.2 Hormigón de cemento Portland para pavimento

Las características del hormigón para la ejecución de pavimentos rígidos se determinará de acuerdo con la **INEN GUÍA DE PRÁCTICA. LABORATORISTA DE HORMIGONES** y la **NTE INEN 1 855-2:2002 HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS** de modo de obtener con los materiales disponibles, una mezcla fresca de trabajabilidad adecuada al proceso constructivo empleado y obtener un producto endurecido, compacto y duradero, de baja permeabilidad y que satisfaga las condiciones de resistencia mecánica y acabado superficial requerido por la especificación, que debe acompañar el diseño del pavimento.

4.3 Recepción de materiales.

La recepción y el almacenamiento en la obra del cemento Portland, áridos y aditivos, se debe hacer según lo recomendado en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS**, **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**, **NTE INEN 872:2011 ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS** y **INEN 504:1987-07 CEMENTOS HIDRAULICOS. ADITIVOS DE PROCESO. REQUISITOS**.

5. Condiciones específicas

5.1 Materiales

5.1.1 Cemento Portland

Los tipos de cemento Portland que se consideran apropiados para la pavimentación con hormigón en masa son los descritos en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITO** y **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**

5.1.2 Agregados

Los agregados gruesos y finos deben cumplir los requisitos de la ASTM C 09 y ASTM C 33.

5.1.3 Agua

El agua para el amasado del hormigón debe cumplir con los siguientes límites máximos, determinados de acuerdo con el procedimiento establecido en la normas **NTE INEN 108:2011** AGUA POTABLE. REQUISITOS, ASTM C 1602 y ASTM C 1603.

pH	Entre 5 y 8
Materia orgánica, expresado en oxígeno consumido	3 mg/l
Residuo sólido	5000 mg/l
Sulfatos, expresado en iones SO ₄	600 mg/l
Cloruros, expresado en iones C ₁	1000 mg/l
Azúcar	5 mg/l

Ante la duda de si el agua es adecuada o perjudicial para el hormigón, se deben hacer pruebas comparativas del tiempo de fraguado y de resistencia a compresión, realizadas respectivamente en pasta y mortero de cemento de acuerdo con la norma **NTE INEN 488:2009** CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA.

El agua se considera satisfactoria si se pueden producir los siguientes resultados:

- Tiempo de inicio de fraguado con diferencia de ± 30 min en relación a la pasta preparada con un agua de referencia, en base al ensayo realizado de acuerdo con la ASTM C 187 y ASTM C 191.
- Resistencia a la compresión relativa mayor o igual al 85%, en relación al mortero preparado con un agua de referencia, de acuerdo con en el ensayo de la norma **NTE INEN 488:2009** CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA.

5.1.4 Aditivos

Los aditivos utilizados en el hormigón pueden ser del tipo plastificante reductor de agua, superplastificante y retardador de fraguado, siempre que cumplan con los requisitos de la norma ASTM C 494.

En el caso de emplearse aditivo incorporador de aire, este aditivo deberá cumplir con los requisitos generales de la norma ASTM C 494 y los requisitos específicos de la norma ASTM C-260.

La dosificación del aditivo en el hormigón será normalmente la recomendada por el fabricante en función de la temperatura; se puede alterar la cantidad en más o menos, dependiendo de los resultados obtenidos, el tipo de cemento empleado y de otras condiciones. Fijada la cantidad del aditivo en el inicio del hormigonado, esta no debe ser alterada, a menos que existan cambios significativos en las características de los materiales.

5.1.5 Acero

Las barras de acero para transferencia de carga y de amarre deben cumplir con la norma ASTM A 36.

Las barras de transferencia deben ser lisas y rectas, de acero tipo CA-25. Las barras de amarre deben ser de acero CA-50 y se admite el empleo alternativo del acero CA-25.

Las mallas de barras soldadas de acero empleadas como armadura para evitar la fisuración, deben cumplir con la norma ASTM A 496.

5.1.6 Material para sello de juntas

El material para sello de juntas podrá ser moldeado en calor, frío o premoldeado y deberá ser de producción industrial, cumpliendo con la normas **ASTM D 6690-01** ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR PARA SELLADORES DE JUNTAS Y GRIETAS, APLICACIÓN EN CALIENTE, PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO Y ASFALTO y **NTP 321.145:2033** PETRÓLEO Y DERIVADOS. SELLANTES PARA JUNTAS Y GRIETAS, APLICADOS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO. ESPECIFICACIONES

5.1.7 Material para relleno de juntas de expansión

Se pueden emplear fibras trabajadas, corcho, goma esponjosa o poliestireno debidamente impermeabilizado, como material de relleno en la parte inferior de las juntas de dilatación.

5.1.8 Película aislante e impermeabilizante

Como impermeabilización y película aislante entre la losa de pavimento y la sub-base se puede utilizar:

- a. Una membrana de plástico, flexible, con un espesor entre 0,2 mm y 0,3 mm;
- b. Papel del tipo "kraft" cubierto de alquitrán con gramaje mínimo de 200 g/m², que contenga una cantidad de hormigón asfáltico de petróleo o alquitrán no menor a 60 g/m²;
- c. Pintura bituminosa, fabricada con emulsiones asfálticas catiónicas de ruptura media, con una tasa de aplicación entre los límites de 0,8 l/m² y 1,6 l/m².

5.1.9 Materiales para el curado del hormigón

Los materiales para el curado del hormigón pueden ser agua, tejido de yute, cáñamo o algodón, láminas de plástico, láminas de papel alquitranado o asfaltado y compuestos químicos líquidos capaces de formar películas plásticas. Las láminas de plástico y de papel alquitranado deberán tener las mismas características requeridas para su uso como material aislante, tal como se define en la sección 5.1.8. Los productos químicos líquidos deben ser en base de PVA o polipropileno, tener una pigmentación blanca o clara y cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 309. Los tejidos deben estar limpios, ser absorbentes, sin agujeros, y cuando se sequen, pesar un mínimo de 200 g/m².

5.1.10 Hormigón

El hormigón para pavimento deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Resistencia a la tensión característica a flexión ($f_{ctM,k}$) definida en el proyecto o también la resistencia característica a compresión axial equivalente (f_{ck}), donde serán determinadas pruebas de correlación entre estas resistencias, empleando materiales que sean los efectivamente utilizados en la obra:
 - La resistencia a la tracción por flexión se determina mediante probetas prismáticas, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C 192 y ASTM C 78.
 - La resistencia a la compresión se determina en probetas cilíndricas, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C 192 y ASTM C 39.
 - El control de la resistencia característica será aquella definida en el proyecto.
- b. Consumo mínimo de cemento
 - $C_{min} = 320 \text{Kg/m}^3$.
- c. relación agua / cemento máxima:
 - $A/C \leq 0,50 \text{ l/Kg}$.
- d. Revenimiento, determinado conforme a la norma ASTM C 143:
 - $70 \text{mm} \pm 10 \text{mm}$.

- e. El tamaño máximo característico del agregado del hormigón deberá ser el menor valor entre un tamaño que no deberá exceder 1/3 del espesor de la losa del pavimento o 50 mm, dando cumplimiento al menor valor.
- f. Contenido de aire, determinado conforme a la norma ASTM C 173:
 - $\leq 0,5\%$
- g. Exudación, medido conforme a la norma ASTM C 232:
 - $\leq 1,5\%$

5.2 Equipo

El equipo destinado a la colocación de las losas de hormigón consta de:

- a. Moldes metálicos para contener al hormigón fresco y que al mismo tiempo sirvan como guías para el movimiento de las unidades de nivelación y compactación del hormigón.
- b. La superficie que posee el molde para ser sujetado al suelo deberá tener por lo menos 20 cm de ancho en los moldes de metal y hasta 20 cm de altura o por lo menos igual a la altura de la losa necesaria, en el caso de moldes de altura superior. Los moldes deben tener dispositivos a intervalos de 1m, que aseguren una perfecta adherencia al suelo y posterior retiro sin daño para el pavimento en ejecución. La unión del sistema de encofrado debe ser tal que permita un ajuste adecuado e impedir cualquier desviación o desnivelación.
- c. Distribuidora de hormigón, regulable y con tracción propia, que puede estar constituida por una cubeta distribuidora de hormigón en la dirección transversal a la faja de hormigonado o por un cabezal distribuidor que trabaje sobre un travesaño metálico, también transversal a la faja de hormigonado.
- d. Batería de vibradores de inmersión, con un diámetro exterior máximo de 40 mm, y una regla vibratoria, ambos con frecuencias iguales o superiores a 60Hz (3600rpm).
- e. Eje rotor frontal.
- f. Vibro alisador con indicador de altura regulable, con una frecuencia mínima de 3500 vibraciones por minuto.
- g. Regla alisadora o de acabado, diagonal o no, tubular u oscilante con indicador de altura regulable.
- h. Perfil metálico tipo "T" para la ejecución de juntas moldeadas.
- i. Máquina para aserrar juntas con disco diamantado, con diámetro y espesor apropiados, que posibiliten hacer la ranura con espaciamiento y dimensiones especificadas en el proyecto.

- j. Puente de madera lo suficientemente rígido para no flexionarse, con una longitud igual al ancho de las losas de hormigón mas 50 cm; para la circulación del personal por encima de la losa con hormigón aún fresco.
- k. Rodillo de mango largo, preferentemente de aluminio y de extremos redondeados.
- l. Llana o alisador de madera, con una superficie de al menos 450 cm².
- m. Regla para nivelación, de madera o metal, con una longitud de 3 m y una rigidez suficiente para no flexionarse.
- n. Peines texturizadores con cerdas metálicas, cepillos o escobas con cerdas de nylon lo suficientemente rígidas para hacer las ranuras en la superficie del pavimento, o tiras de lona de 0,25 m x 4,00 m para el acabado superficial de las losas.
- o. Herramientas con punta que penetren en las juntas y cepillos de alambre rígido para la limpieza de las juntas.
- p. Compresor de aire con manguera de 12 m de largo y 12 mm de diámetro, para la limpieza de las ranuras de las juntas, con una boquilla que permita dirigir el chorro de aire dentro de la ranura.
- q. Paleta de borde para el acabado de los extremos de las juntas moldeadas.

Nota: Todos los equipos a utilizar deben ser inspeccionados antes del inicio de la ejecución del servicio, para garantizar condiciones adecuadas de operación, de lo contrario no serán autorizados para ser utilizados.

5.3 Ejecución del pavimento

5.3.1 Subrasante

La subrasante debe ajustarse de acuerdo con las características que se indican en las especificaciones técnicas del proyecto.

Concluida la operación de preparación de la subrasante, esta será ensayada por medio de pruebas de carga para determinar el coeficiente de balasto (k), efectuado el ensayo aleatoriamente entre los bordes y el eje del futuro pavimento rígido, por lo menos cada 100 m, o en casos de suelos homogéneos cada 200 m, en puntos donde se considere necesario.

Puede ser admitido que el control del coeficiente de balasto sea realizado mediante la ejecución de ensayos de Índice de Soporte de California (CBR), en una cantidad estadísticamente significativa, desde la cual se evaluará su correspondencia con el coeficiente de balasto (k) por medio de curvas de correlación adecuadas.

5.3.2 Sub-Base

Se llevará a cabo en conformidad con las especificaciones establecidas en las especificaciones técnicas del proyecto para el tipo diseñado y debe mantener su forma geométrica hasta el momento de colocado del hormigón para pavimento rígido.

5.3.3 Disposición de los moldes y su preparación para el hormigonado

Los moldes deberán ser asentados sobre la capa subyacente y quedar lo suficientemente firmes, en dirección o alineados con el eje de la pista. Deberán ser fijados con puntas de acero, a cada metro como máximo, de modo de soportar, sin dislocamientos, los esfuerzos inherentes al trabajo. Para un perfecto asentamiento de los moldes, estos deben ser sujetados en toda su extensión, no se permitirán apoyos aislados. El extremo superior de los moldes deberá coincidir con el nivel de la superficie del hormigón a colocarse, es necesario una verificación del alineamiento y de la nivelación, se admiten desvíos altimétricos hasta 3mm y diferencias planimétricas no superiores a 5 mm con relación al proyecto.

Se debe realizar la verificación de la profundidad del molde en todo el ancho de la sección transversal, no admitiéndose un espesor inferior al especificado en el diseño.

En el caso de que se haya indicado la colocación de una película impermeabilizante y aislante sobre la superficie de la sub-base, esta debe ser verificada, tomando en cuenta si se estira adecuadamente y si las costuras están hechas con un traslape de por lo menos 20cm.

Los moldes deberán ser engrasados para facilitar el desmolde.

5.3.4 Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón

El hormigón podrá ser producido en mezcladoras estacionarias o en plantas centrales, pudiendo ser medidos los materiales tanto en masa como en volumen, excepto el cemento, que siempre deberá ser medido en masa. En el caso que el hormigón sea proporcionado por la planta de dosificación, deberá cumplirse con las condiciones establecidas en la ASTM C 94.

El colocado del hormigón se hará preferentemente por fuera de la faja de hormigonado para evitar el tráfico en la sub-base.

El transporte del hormigón, cuando no sea efectuado en camión mezclador, deberá ser realizado con equipos capaces de evitar la segregación de los materiales que componen la mezcla.

El período máximo entre el mezclado (a partir de la adición de agua) y el colocado, será de treinta minutos, la re-dosificación está prohibida en cualquier forma. Cuando se utilice camión mezclador y exista una agitación del hormigón durante el transporte y la descarga,

este plazo podrá ser prorrogado hasta 90 minutos. El tiempo para poner en marcha el colocado del hormigón, depende del tiempo de inicio de fraguado y de la pérdida significativa de la consistencia del hormigón.

El esparcido del hormigón se llevará a cabo con el auxilio de herramientas manuales, o ejecutado eventualmente con maquinaria. Sin embargo, cualquier proceso utilizado debe garantizar una distribución homogénea con el fin de mantener constante el espesor de la capa a compactar.

5.3.5 Compactado del Hormigón

En caso de hacerse con vibradores de inmersión y una regla vibratoria, en las esquinas del encofrado deben utilizarse los vibradores, con el fin de corregir las deficiencias en la compactación superficial del hormigón con la regla vibratoria.

La verificación de la regularidad de la superficie longitudinal debe hacerse utilizando una regla de 3 m de longitud. Cualquier variación en la superficie superior a 5 mm, es una depresión o una protuberancia que debe ser corregida al instante, las protuberancias o salientes deben ser cortadas y las depresiones rellenadas con hormigón fresco.

5.3.6 Acabado final del Hormigón

Inmediatamente después del compactado del hormigón se debe comenzar la operación de acabado, que consiste inicialmente, en pasar longitudinalmente la regla de acabado final o el fratás, en movimientos de vaivén. A continuación, se debe proceder con el acabado final mediante la aplicación de tiras de lona, peine texturizador o cepillos de cerdas de nylon con movimientos de un lado a otro, de manera de generar una textura mediante ranuras en la superficie de la losa.

La tira de lona debe ser aplicada a través de un movimiento oscilante de vaivén, mientras que el peine texturizador o el cepillo, se debe pasar en la dirección transversal a la losa hormigonada. Las ranuras del texturizado deben ser continuas y uniformes a lo largo del ancho de la losa.

5.3.7 Ejecución de las juntas

Todas las juntas deben estar en conformidad con las posiciones indicadas, no están permitidas desviaciones de alineamiento superiores a 5 mm.

5.3.7.1 Juntas longitudinales

El pavimento deberá ejecutarse en segmentos longitudinales parciales, y la posición de las juntas longitudinales de construcción, deberán coincidir con las de proyecto.

5.3.7.2 Juntas transversales

Las juntas transversales deben ser rectas en toda su longitud, perpendiculares al eje longitudinal del pavimento, excepto en circunstancias especiales indicadas en el proyecto. Deberán ser ejecutadas de modo que las operaciones de acabado final de la superficie puedan ser procesadas continuamente, como si las juntas no existiesen.

La ubicación de todas las secciones donde se dispongan las juntas deberán ser realizadas mediante medidas topográficas, debiéndose determinar las posiciones futuras mediante puntos fijos establecidos en las dos márgenes de la losa.

Cuando fuese adoptado el proceso de apertura de juntas por moldeo (o inserción) la introducción del perfil debe ser realizada mediante vibración en el hormigón aún fresco, para luego del acabado ser corregidas todas las irregularidades provenientes de esta operación.

Cuando fuese adoptado el proceso de apertura de juntas por aserrado, deberá dibujarse un plano de abertura de juntas del hormigón. El momento de corte deberá estar entre las 6 a 48 horas.

5.3.7.3 Juntas transversales de construcción

Al finalizar cada jornada de trabajo o siempre que el hormigonado tuviese que ser interrumpido por más de 30 minutos, deberá ser ejecutada una junta de construcción cuya posición debe coincidir con el de una junta transversal indicada en el proyecto, en los casos que no sea posible proseguir con el hormigonado hasta una junta transversal proyectada, será ejecutada obligatoriamente una junta transversal de construcción de emergencia del tipo previsto en el proyecto.

5.3.7.4 Barras de amarre de juntas longitudinales

Deben tener un diámetro, espaciamiento y longitud definidos en el proyecto y estar limpias y exentas de aceite o cualquier sustancia que perjudique su adherencia al hormigón.

5.3.7.5 Barras de transferencia en juntas transversales

Serán obligatoriamente barras lisas, rectas, con diámetro, espaciamiento y longitud definidos en el proyecto.

El proceso de instalación deberá garantizar su inamovilidad y la adecuada posición, manteniéndolas paralelas a la superficie acabada y al eje longitudinal del pavimento.

Estas barras deberán tener la mitad de su longitud más 2 cm pintados y engrasados de modo de permitir el libre movimiento de la junta. En las juntas de construcción que no coincidan con la junta de contracción la barra no tendrá este tramo pintado o engrasado.

La capucha que recubre el extremo deslizante de la barra de transferencia, en las juntas de dilatación, debe ser suficientemente resistente para no deformarse durante el hormigonado.

La longitud entre el extremo cerrado por la capucha y la punta libre de la barra establecida en el proyecto, deberá cumplirse durante el hormigonado.

En el alineamiento de estas barras son admitidas las siguientes tolerancias:

- a. El desvío máximo de los extremos de una barra en relación a la posición prevista en el proyecto será de + -1% del largo de la barra.
- b. Por lo menos en 2/3 de las barras de una junta, el desvío máximo será de + - 0.7%.

5.3.8 Colocado de la malla de acero

En losas de dimensiones irregulares y diferentes a los patrones normalmente adoptados, se deberá colocar una malla electro soldada cuyo tipo será definido en el proyecto. Esta malla debe ser colocada a 5 cm de la superficie del pavimento y máximo hasta media altura del espesor de la losa, debiendo distar 5 cm de cualquier borde de la losa.

5.3.9 Curado del Hormigón

El tiempo total de curado deberá ser de siete días, comprendiendo un periodo inicial de aproximadamente 24 horas, contadas desde que se haya terminado el acabado final del pavimento, seguido de un periodo final hasta que el hormigón tenga la edad de siete días.

En el periodo inicial de curado no se permite ningún tipo de tránsito sobre el pavimento. Debe ser empleado un curado químico aplicado en toda la superficie del pavimento, mediante un compuesto químico líquido que forma una película plástica a razón de 0,35 l/m² a 0,50 l/m².

Después del periodo inicial de curado, la superficie del pavimento deberá ser cubierta con cualquiera de los productos mencionados en el numeral 5.1.9 o combinaciones apropiadas de esos materiales u otro tipo adecuado de protección, que evite la exposición del hormigón a la intemperie y la pérdida brusca de humedad. Cuando el curado se realice por medio de tejidos, papel alquitranado o películas de plástico, deben solaparse las tiras por lo menos 10 cm. En el caso necesario de retirar estos materiales, su reposición deberá ser efectuada máximo dentro los 30 min.

5.3.10 Desmoldaje

Los moldes podrán ser retirados por lo menos después de 12 horas del hormigonado. Podrán entretanto ser fijados plazos diferentes para más o para menos, siempre y cuando el

hormigón pueda soportar sin ningún daño la operación de desmontaje, extendiéndose a un plazo máximo de 24 horas.

Durante el desmontaje deberán ser tomados los cuidados necesarios para evitar el desportillado de los bordes de las losas.

Las caras laterales de las losas a ser expuestas por la remoción de los moldes, deberán ser inmediatamente protegidas por medios que les proporcionen condiciones de curado análogos a las de la superficie del pavimento.

5.3.11 Sello de juntas

El material de sello sólo podrá ser aplicado cuando las ranuras de las juntas estuviesen limpias y secas, empleándose para ello herramientas con punta que puedan penetrar en la ranura de las juntas sin ser dañadas o mediante cepillos de cerdas duras o aire comprimido.

El material de sello debe ser cuidadosamente colocado en el interior de los reservorios sin salpicaduras en la superficie y en cantidad suficiente para llenar la junta sin rebabas. Cualquier exceso deberá ser rápidamente removido quedando la superficie limpia de todo material salpicado.

La profundidad de penetración del material de sello deberá ser aquella definida en el proyecto.

6. Manejo ambiental

En la exploración de los bancos de préstamo de materiales se debe dar cumplimiento con las recomendaciones emitidas en las especificaciones técnicas del proyecto en lo referente del cuidado y manejo ambiental.

6.1 En la exploración de bancos de préstamo

En el caso de material pétreo (agregado grueso) deberán ser tomados los siguientes cuidados en la exploración de los bancos de préstamo de estos materiales:

- a. El material solamente será aceptado después de que el ejecutante presente la licencia ambiental de operación de la cantera, debe ser archivada la copia de la licencia junto al libro de órdenes de obra.
- b. Evitar la localización de la cantera y de las instalaciones de triturado en áreas de preservación ambiental.
- c. Planificar adecuadamente la exploración de la cantera de modo de minimizar los daños inevitables durante la exploración y posibilitar la recuperación ambiental después de retirarse todos los materiales y el equipamiento.
- d. No provocar quemas como forma de desbroce o limpieza del lugar.

- e. Las vías de acceso deberán seguir las recomendaciones descritas en las especificaciones técnicas del proyecto.
- f. Deberán ser construidas junto a las instalaciones de triturado, fosas de sedimentación para la retención de polvo de piedra eventualmente producido como excedente por el lavado de los áridos, evitando así, su descarga a cursos de agua.
- g. En caso de que sea suministrado por terceros se debe exigir la documentación certificada por un órgano competente que acredite el cumplimiento de la regulación de las instalaciones, como también de su operación.
- h. Si el licitador optase por la implantación de canteras o bancos de arena (incluidos o no en el proyecto), serán su responsabilidad los costos para obtener la licencia ambiental con los órganos competentes. En este caso se debe mantener tal como se indican, las especificaciones técnicas de estos agregados y los incrementos financieros no serán admitidos en los costos licitados.

6.2 Durante la ejecución

Los cuidados para la preservación ambiental, se refieren al cumplimiento de las rutas de tráfico y el almacenamiento de equipos.

Debe prohibirse el tráfico desordenado de los equipos en los caminos de servicio para evitar daños al medio ambiente.

7. Inspección

7.1 Control de insumos

Para el control de recepción de materiales, deberán adoptarse los procedimientos recomendados en el numeral 5.1 de esta Norma.

7.2 Control de la producción (ejecución)

Deben realizarse en el hormigón los ensayos mencionados en los numerales 7.2.1 y 7.2.2.

7.2.1 Determinación del revenimiento del hormigón

Deberá realizarse según lo establecido en la norma ASTM C 143, en cada muestra colectada de cada amasada (u hormigonado).

7.2.2 Determinación de la resistencia del hormigón

7.2.2.1 Resistencia de control

En la inspección del hormigón se determinará la resistencia a la tracción por flexión a la edad de control establecida en el proyecto, o la resistencia a la compresión axial, estableciendo a través de pruebas una correlación fiable entre la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción por flexión.

7.2.2.2 Vaciado o fundido de las probetas

Deberán obtenerse aleatoriamente y de diferentes amasadas, probetas cada 2500m² de pavimentado con hormigón, por lo menos seis probetas constituidas, por lo menos de 2 probetas prismáticas o cilíndricas de una misma amasada, cuyas dimensiones, preparación y curado se harán en conformidad con las normas ASTM C 31.

La identificación de las muestras deberá contener la fecha del vaciado o fundido, clase de hormigón, referencias del lugar de identificación donde fue colocado el hormigón (véase el párrafo 5.3.7 de esta Norma) y otra información que se considere necesaria.

7.2.2.3 Ensayos

Las muestras se someterán a sus respectivas pruebas, a la edad de control establecidas en el proyecto, y la resistencia a la tracción por flexión se determinará de las probetas prismáticas, de acuerdo con norma la ASTM C 78, y la resistencia a la compresión axial en probetas cilíndricas, de acuerdo con la norma ASTM C 39.

De los resultados obtenidos se escogerá el mayor, que se considerará como la resistencia de la muestra.

7.3 Control del producto

7.3.1 Control geométrico

Para la inspección durante la ejecución de cada tramo de pavimento, se procederá a reubicar y nivelar el eje y los bordes, mediante puntos de control espaciados cada 20m a lo largo del eje, para verificar si el ancho y espesor del pavimento están de acuerdo con el proyecto.

Para la verificación del espesor, esta reubicación y nivelación deberá ser realizada en los mismos puntos, tanto en la parte superior de la sub-base (antes del hormigonado) como en la parte superior del hormigón (después de su ejecución).

El tramo de pavimento será aceptado cuando:

- a. La variación del ancho de la losa fuese inferior a $\pm 10\%$, en relación a la definida en el proyecto.
- b. El espesor medio del pavimento fuese igual o mayor que el espesor de diseño y la diferencia entre el valor máximo y mínimo del espesor medio obtenido sea máximo de 1 cm.
- c. En caso que el espesor medio del pavimento sea inferior al del proyecto, deberá ser realizada la revisión de este, adoptando para este tramo el espesor medio determinado y la resistencia característica estimada para el hormigón.
- d. En el caso que el tramo no fuese aceptado, las partes interesadas podrán tomar una de las decisiones citadas en el numeral 7.4.

7.3.2 Control de acabado final

Después de la conclusión de la inspección de cada tramo y de la autorización para liberarlo al tráfico, se deberá evaluar su comodidad y suavidad al rodaje, conforme a la norma de Evaluación subjetiva de Pavimentos Rígidos

En el informe de esta evaluación se deberá atribuir al tramo inspeccionado, un concepto sobre la condición general de la estructura, el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad de la superficie, resistencia al deslizamiento, el potencial de hidroplaneo y otros.

El informe de esta evaluación deberá calificar al tramo inspeccionado, por medio de un concepto sobre la condición general de la estructura y el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad superficial, resistencia al derrape, y el potencial al derrape en la vía con agua y otros.

Según estos conceptos se calificará al pavimento con una nota entre 0 y 100, siendo aprobados según estos aspectos, solamente los tramos o segmentos que hayan obtenido una nota igual o superior a 40.

En el caso que el tramo no se haya aceptado, la superficie del pavimento deberá ser reparada, en el caso de no ser posible esto, los tramos considerados pésimos en su acabado deberán ser demolidos y reconstruidos.

7.4 Condiciones de conformidad y no conformidad

7.4.1 Resistencia del hormigón

7.4.1.1 Determinación de la resistencia característica

En el tramo inspeccionado, la resistencia característica estimada del hormigón a tracción por flexión o a compresión axial se determinará a partir de las siguientes expresiones:

$$f_{ctM,est} = f_{ctM28} - k s$$

ó

$$f_{ck,est} = f_{c28} - k s$$

Donde:

- $f_{ctM,es}$ = Valor estimado de la resistencia característica del hormigón a tracción por flexión.
- f_{ctM28} = Resistencia media del hormigón a tracción por flexión, a la edad de 28 días.
- $f_{ck,est}$ = Valor estimado de la Resistencia característica del hormigón a compresión axial.
- f_{c28} = Resistencia media del Hormigón a compresión axial a la edad de 28 días.
- s = Desviación estándar de los resultados
- k = Coeficiente de distribución de Student
- n = Número de ejemplares

El valor del coeficiente k es función de la cantidad de ejemplares del lote y se obtiene de la tabla 1.

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,863	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

7.4.1.2 Aceptación automática

El pavimento será aceptado automáticamente cuando la resistencia del hormigón cumpla con las siguientes condiciones:

$$f_{ctM, est} \geq f_{ctM,k}$$

ó

$$f_{ck, est} \geq f_{ck}$$

7.4.1.3 Verificaciones suplementarias

- Quando no hubiese la aceptación automática, deberán ser extraídos en el tramo, en puntos uniformemente espaciados, un mínimo de 6 probetas de 15 cm de diámetro, o probetas prismáticas conforme a la norma ASTM C 42, las cuales serán ensayadas respectivamente a compresión axial (norma ASTM C 39) y a tracción por flexión (norma ASTM C 78). Estas probetas deben ser extraídas de las losas que presentasen las menores resistencias de control.

-
- b. Con los resultados obtenidos en estas probetas será determinada la resistencia característica conforme al procedimiento indicado en el numeral 7.4.1.1. El tramo será aceptado si se cumple con la condición exigida en el numeral 7.4.1.2. En el caso que esta condición no fuese cumplida, deberá ser revisado el proyecto, adoptando para la resistencia del hormigón la resistencia característica estimada y el espesor promedio determinado en el control geométrico.
- c. Si el tramo aún no fuese aceptado, deberá ser adoptado de acuerdo con el parecer de la Fiscalización y sin costo para el contratista una de las siguientes decisiones:
- Aprovechamiento del pavimento, con restricciones a la carga o al uso.
 - El pavimento será reforzado.
 - Demolición y reconstrucción del pavimento.

7.4.1.4 Registros.

Los resultados de los controles serán analizados y registrados en informes periódicos anexos, de acuerdo con lo descrito en la norma **INEN GUÍA PRÁCTICA. CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN. BASES DE FISCALIZACIÓN**, que establece los procedimientos para el tratamiento de no conformidades de los insumos o de la producción de un producto.

8. Criterios de medición

Los servicios conformes serán medidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- El pavimento será medido en metros cúbicos de hormigón, conforme a la sección transversal del proyecto. No serán motivos de medición la mano de obra, materiales, equipamiento, transportes, colocado de la mezcla, compactación, acabado, curado e impuestos.
- En el cálculo de los volúmenes, serán considerados los anchos medios obtenidos en el control geométrico.
- No serán consideradas las cantidades ejecutadas superiores a las indicadas en el proyecto.

NORMA

Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con terminadora mediana sobre rieles – Especificación de Servicio

Resumen

Este documento define el sistema a ser adoptado en la construcción de pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland para uso en carreteras, utilizando terminadoras medianas sobre rieles. También se presentan los requisitos relativos a las condiciones de ejecución, inspección, gestión ambiental y los criterios de medición.

1. Objetivo

Esta Norma establece las condiciones necesarias para la construcción de pavimentos rígidos de hormigón simple de cemento Portland, utilizando terminadoras medianas sobre rieles.

2. Referencias normativas

Los documentos mencionados en esta sección han servido de base para el desarrollo de esta norma y contienen disposiciones que, mediante su referencia en el texto, se convierten en parte integrante de la presente Norma. Los temas presentados son los que estaban en vigencia en la fecha de esta publicación, se recomienda que siempre sean consideradas las últimas ediciones, en su caso.

- a. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 42-77: obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- b. _____. ASTM C 260-77: air-entraining admixture for concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- c. _____. . ASTM C 309-74: liquid membrane-forming compounds for curing concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- d. **NTE INEN 694:2010** Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.
- e. **NTE INEN 862:2011** Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.
- f. **NTE INEN 1 573:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- g. **NTE INEN 1 576:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
- h. **NTE INEN 1 578:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.
- i. **INEN 1 762:1990-06** Hormigones. Definiciones y terminología

- j. **NTE INEN 1 763:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.
- k. **NTE INEN 1 855-1:2001** Hormigones. hormigón premezclado. Requisitos
- l. **NTE INEN 1 855-2:2002** Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos.
- m. **NTE INEN 2 504:2009** Mortero y hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero y del hormigón endurecidos.
- n. **NTE INEN 2 528:2010** Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.
- o. **NTE INEN 2 535:2010** Cemento hidráulico, mortero y hormigón. Uso del aparato para la determinación del cambio de longitud en especímenes endurecidos.
- p. **NTE INEN 2554:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios).
- q. **INEN 973:1983-03** Agua potable. Determinación del pH
- r. **INEN 974:1983-03** Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA.
- s. **INEN 976** Agua potable. Determinación de cloruros
- t. **NTE INEN 695:2010** Áridos. Muestreo
- u. **NTE INEN 696:2011** Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- v. **INEN 870:1982** Áridos para hormigón examen petrográfico
- w. **NTE INEN 699:2011** Áridos. Determinación de partículas livianas.
- x. **NTE INEN 855:2010** Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.

3. Definiciones

El pavimento de hormigón simple es la capa que consta de losas de hormigón de cemento Portland, no armadas, o posiblemente con refuerzo sin ninguna función estructural, que realizan tanto las funciones de base y revestimiento.

4. Condiciones generales

4.1 Sub-base

Las losas de hormigón deben estar vaciadas sobre un material de sub-base, ejecutado con un material y espesor definido en el proyecto, que no deberá presentar expansión ni ser bombeable, asegurando un apoyo uniforme de las losas en todo instante.

4.2 Hormigón de cemento Portland para pavimento

Las características del hormigón para la ejecución de pavimentos rígidos se determinará de acuerdo con la **INEN GUÍA DE PRÁCTICA. LABORATORISTA DE HORMIGONES** y la **NTE INEN 1 855-2:2002 HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS** de modo de obtener con los materiales disponibles, una mezcla fresca de trabajabilidad adecuada al proceso constructivo empleado y obtener un producto endurecido, compacto y duradero, de baja permeabilidad y que satisfaga las condiciones de

resistencia mecánica y acabado superficial requerido por la especificación, que debe acompañar el diseño del pavimento.

4.3 Recepción de materiales.

La recepción y el almacenamiento en la obra del cemento Portland, áridos y aditivos, se debe hacer según lo recomendado en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITO**, **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**, **NTE INEN 872:2011 ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS** y **INEN 504:1987-07 CEMENTOS HIDRAULICOS. ADITIVOS DE PROCESO. REQUISITOS**.

5. Condiciones específicas

5.1 Materiales

5.1.1 Cemento Portland

Los tipos de cemento Portland que se consideran apropiados para la pavimentación con hormigón en masa son los descritos en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITO** y **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**

5.1.2 Agregados

Los agregados gruesos y finos deben cumplir los requisitos de la ASTM C 09 y ASTM C 33.

5.1.3 Agua

El agua para el amasado del hormigón debe cumplir con los siguientes límites máximos, determinados de acuerdo con el procedimiento establecido en la normas **NTE INEN 108:2011 AGUA POTABLE. REQUISITOS**, ASTM C 1602 y ASTM C 1603.

pH	Entre 5 y 8
Materia orgánica, expresado en oxígeno consumido	3 mg/l
Residuo sólido	5000 mg/l
Sulfatos, expresado en iones SO ₄	600 mg/l
Cloruros, expresado en iones C ₁	1000 mg/l
Azúcar	5 mg/l

Ante la duda de si el agua es adecuada o perjudicial para el hormigón, se deben hacer pruebas comparativas del tiempo de fraguado y de resistencia a compresión, realizadas respectivamente en pasta y mortero de cemento de acuerdo con la norma **NTE INEN 488:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA**.

El agua se considera satisfactoria si se pueden producir los siguientes resultados:

- a. Tiempo de inicio de fraguado con diferencia de ± 30 min en relación a la pasta preparada con un agua de referencia, en base al ensayo realizado de acuerdo con la ASTM C 187 y ASTM C 191.
- b. Resistencia a la compresión relativa mayor o igual al 85%, en relación al mortero preparado con un agua de referencia, de acuerdo con en el ensayo de la norma **NTE INEN 488:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA.**

5.1.4 Aditivos

Los aditivos utilizados en el hormigón pueden ser del tipo plastificante reductor de agua, superplastificante y retardador de fraguado, siempre que cumplan con los requisitos de la norma ASTM C 1017.

En el caso de emplearse aditivo incorporador de aire, este aditivo deberá cumplir con los requisitos generales de la norma ASTM C 1017 y los requisitos específicos de la norma ASTM C 260.

La dosificación del aditivo en el hormigón será normalmente la recomendada por el fabricante en función de la temperatura; se puede alterar la cantidad en más o menos, dependiendo de los resultados obtenidos, el tipo de cemento empleado y de otras condiciones. Fijada la cantidad del aditivo en el inicio del hormigonado, esta no debe ser alterada, a menos que existan cambios significativos en las características de los materiales.

5.1.5 Acero

Las barras de acero para transferencia de carga y de amarre deben cumplir con la norma ASTM A 36.

Las barras de transferencia deben ser lisas y rectas, de acero tipo CA-25. Las barras de amarre deben ser de acero CA-50 y se admite el empleo alternativo del acero CA-25.

Las mallas de barras soldadas de acero empleadas como armadura para evitar la fisuración, deben cumplir con la norma ASTM A 496.

5.1.6 Material para sellado de juntas.

El material para el sellado de juntas podrá ser moldeado en calor, frío o premoldeado y deberá ser de producción industrial, cumpliendo con la norma DNIT 046/2004-EM.

5.1.7 Material para el relleno de juntas de expansión.

Se pueden emplear fibras trabajadas, corcho, goma esponjosa o poliestireno debidamente impermeabilizado, como material de relleno en la parte inferior de las juntas de dilatación.

5.1.8 Película aislante e impermeabilizante

Como impermeabilización y película aislante entre la losa de pavimento y la sub-base se puede utilizar:

- a. Una membrana de plástico, flexible, con un espesor entre 0,2 mm y 0,3 mm;
- b. Papel del tipo "kraft" cubierto de alquitrán con gramaje mínimo de 200 g/m², que contenga una cantidad de hormigón asfáltico de petróleo o alquitrán no menor a 60 g/m²;
- c. Pintura bituminosa, fabricada con emulsiones asfálticas catiónicas de ruptura media, con una tasa de aplicación entre los límites de 0,8 l/m² y 1,6 l/m².

5.1.9 Materiales para el curado del hormigón.

Los materiales para el curado del hormigón pueden ser agua, tejido de yute, cáñamo o algodón, láminas de plástico, láminas de papel alquitranado o asfaltado y compuestos químicos líquidos capaces de formar películas plásticas. Las láminas de plástico y de papel alquitranado deberán tener las mismas características requeridas para su uso como material aislante, tal como se define en la sección 5.1.8. Los productos químicos líquidos deben ser en base de PVA o polipropileno, tener una pigmentación blanca o clara y cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 309. Los tejidos deben estar limpios, ser absorbentes, sin agujeros, y cuando se sequen, pesar un mínimo de 200 g/m².

5.1.10 Hormigón

El hormigón para pavimento deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a. Resistencia a la tensión característica en flexión ($f_{ctM,k}$) definida en el proyecto o también la resistencia característica a compresión axial equivalente (f_{ck}), donde serán determinadas pruebas de correlación entre estas resistencias, empleando materiales que sean los efectivamente utilizados en la obra:
 - La resistencia a la tracción en flexión se determina mediante probetas prismáticas, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C 31 y ASTM C 78.
 - La resistencia a la compresión se determina en probetas cilíndricas, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C 31 y ASTM C 39.
 - El control de la resistencia característica será aquella definida en el proyecto.
- b. Consumo mínimo de cemento
 - $C_{min} = 320\text{Kg/m}^3$.

-
- c. Relación agua / cemento máxima:
 - $A/C \leq 0,50$ l/Kg.
 - d. Revenimiento, determinado conforme a la norma ASTM C 143:
 - $70\text{mm} \pm 10\text{mm}$.
 - e. El tamaño máximo característico del agregado del hormigón no deberá exceder $1/3$ del espesor de la losa del pavimento o 50 mm, dando cumplimiento al menor valor.
 - f. Contenido de aire, determinado conforme la norma ASTM C 143
 - $\leq 0,5\%$
 - g. Exudación, medido conforme la norma ASTM C 232
 - $\leq 1,5\%$

5.2 Equipo

El equipo destinado a la colocación de las losas de hormigón consta de:

- a. Moldes metálicos para contener al hormigón fresco y que al mismo tiempo sirvan como guías para el movimiento sobre ruedas de las unidades de nivelación y compactación del hormigón.
- b. La superficie que posee el molde para ser sujetado al suelo deberá tener por lo menos 20 cm de ancho en los moldes de metal y hasta 20 cm de altura o por lo menos igual a la altura de la losa necesaria, en el caso de moldes de altura superior. Los moldes deben tener dispositivos a intervalos de 1m, que aseguren una perfecta adherencia al suelo y posterior retiro sin daño para el pavimento en ejecución. La unión del sistema de encofrado debe ser tal que permita un ajuste adecuado e impedir cualquier desviación o desnivelación.
- c. Distribuidora de hormigón, regulable y con tracción propia, que puede estar constituida por una cubeta distribuidora de hormigón en la dirección transversal a la faja de hormigonado o por un cabezal distribuidor que trabaje sobre un travesaño metálico, también transversal a la faja de hormigonado.
- d. Batería de vibradores de inmersión, con un diámetro exterior máximo de 40 mm, y una regla vibratoria, ambos con frecuencias iguales o superiores a 60Hz (3600rpm).
- e. Eje rotor frontal.
- f. Vibro alisador con indicador de altura regulable, con una frecuencia mínima de 3500 vibraciones por minuto.
- g. Regla alisadora o de acabado, diagonal o no, tubular u oscilante con indicador de altura regulable.

-
- h. Perfil metálico tipo “T” para la ejecución de juntas moldeadas.
 - i. Máquina para aserrar juntas con disco diamantado, con diámetro y espesor apropiados, que permitan hacer la ranura con espaciamiento y dimensiones especificadas en el proyecto.
 - j. Puente de madera lo suficientemente rígido para no flexionarse, con una longitud igual al ancho de las losas de hormigón mas 50 cm; para la circulación del personal por encima de la losa con hormigón aún fresco.
 - k. Rodillo de mango largo, preferentemente de aluminio y de extremos redondeados.
 - l. Llana o alisador de madera, con una superficie de al menos 450 cm².
 - m. Regla para nivelación, de madera o metal, con una longitud de 3 m y una rigidez suficiente para no flexionarse.
 - n. Peines texturizadores con cerdas metálicas, cepillos o escobas con cerdas de nylon lo suficientemente rígidas para hacer las ranuras en la superficie del pavimento, o tiras de lona de 0,25 m x 4,00 m para el acabado superficial de las losas.
 - o. Herramientas con punta que penetren en las juntas y cepillos de alambre rígido para la limpieza de las juntas.
 - p. Compresor de aire con manguera de 12 m de largo y 12 mm de diámetro, para la limpieza de las ranuras de las juntas, con una boquilla que permita dirigir el chorro de aire dentro de la ranura.
 - q. Paleta de borde para el acabado de los extremos de las juntas moldeadas.

Nota: Todos los equipos a utilizar, deben ser inspeccionados antes del inicio de la ejecución del servicio para garantizar condiciones adecuadas de operación, de lo contrario no serán autorizados para ser utilizados.

5.3 Ejecución del pavimento

5.3.1 Subrasante

La subrasante debe ajustarse de acuerdo con el procedimiento descrito en las especificaciones técnicas del proyecto.

Concluida la operación de preparación de la subrasante, esta será ensayada por medio de pruebas de carga para determinar el coeficiente de balasto (k), efectuado el ensayo aleatoriamente entre los bordes y el eje del futuro pavimento rígido, por lo menos cada 100 m, o en casos de suelos homogéneos cada 200 m, en puntos donde se considere necesario.

Puede ser admitido que el control del coeficiente de balasto sea realizado mediante la ejecución de ensayos de Índice de Soporte de California (CBR), en una cantidad estadísticamente significativa, desde la cual se evaluará su correspondencia con el coeficiente de balasto (k) por medio de curvas de correlación adecuadas.

5.3.2 Sub Base

Se llevará a cabo en conformidad con las especificaciones establecidas en las especificaciones técnicas del proyecto para el tipo diseñado y debe mantener su forma geométrica hasta el momento de colocado del hormigón para pavimento rígido.

5.3.3 Disposición de los moldes y su preparación para el hormigonado.

Los moldes se colocarán de acuerdo con la alineación indicada en el proyecto, de manera uniformemente apoyada y se fijarán al suelo con puntas de acero, para resistir, sin deformaciones o movimientos apreciables, las sollicitaciones inherentes al trabajo. La parte superior de las formaletas debe coincidir con la superficie de rodadura proyectada. El material en el que deben ser apoyadas debe estar compactado en una faja que exceda más de 50 cm a cada lado del ancho de la base. Las puntas de acero deberán estar espaciadas, máximo a 1 m, cuidando la perfecta fijación de los extremos adyacentes en la unión de los moldes.

En el caso de efectuar un re-alineamiento transversal de los moldes, después de nivelada la parte superior, se deberá tener el espacio entre la base y la fundación, completamente relleno con mortero, para asegurar un apoyo pleno y continuo.

La alineación y nivelación de los moldes debe ser verificada y de ser necesario corregida antes del colocado del hormigón. Cuando se constate la insuficiencia de las condiciones de apoyo de cualquier molde, este deberá ser removido y convenientemente reasentado. Una vez fijados los moldes, estos deben garantizar las cotas del proyecto, no se admitirán errores superiores a 3 mm en sentido vertical y 5 mm en sentido longitudinal, verificados topográficamente.

No se podrán utilizar moldes deformados, torcidos o doblados. En curvas de radio inferior a 30 m se deberá utilizar moldes curvos.

Se debe realizar la verificación de la profundidad del molde en todo el ancho de la sección transversal, no admitiéndose un espesor inferior al especificado en el diseño.

En el caso de que se haya indicado la colocación de una película impermeabilizante y aislante sobre la superficie de la sub-base, esta debe ser verificada, tomando en cuenta si se estira adecuadamente y si las costuras están hechas con un traslape de por lo menos 20cm.

5.3.4 Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón

El hormigón debe ser producido en plantas con dosificación por peso, los agregados se pueden medir por peso acumulado, excepto el cemento, cuya masa debería medirse en una balanza separada. Esta planta puede ser del tipo mezcladora o dosificadora y el mezclado, en caso de emplearse esta última, se realizará en camiones mezcladores de hormigón.

Las balanzas para pesar los materiales deben ser revisadas con regularidad. La humedad de la arena debe determinarse en periodos cada 2 horas, o inmediatamente después de observarse una notable variación en el revenimiento del hormigón. En el caso que el hormigón sea proporcionado por la planta dosificadora, deberá cumplirse con las condiciones establecidas en la ASTM C 94.

Los dispositivos para medir las cantidades de los materiales deben llevar a errores máximos del 2% para el cemento y agregados y del 1,5% para el agua. El período máximo entre el mezclado (a partir de la adición de agua) y el colocado será de treinta minutos, la re-dosificación está prohibida en cualquier caso.

Cuando se utilicen camiones mezcladores de hormigón y existe una agitación del hormigón durante el transporte y la descarga, este plazo podrá ser prolongado hasta 90 minutos. El tiempo para poner en marcha el colocado del hormigón depende del tiempo de inicio de fraguado y de la pérdida significativa de la consistencia del hormigón.

El colocado del hormigón se hará preferentemente por fuera de la faja de hormigonado para evitar el tráfico en la sub-base.

Se aceptará el retro colocado, cuando el esparcido sea hecho con un cabezal distribuidor, cuando la sub-base tiene la resistencia suficiente para resistir el tráfico de camiones y volquetas. Los camiones deben moverse lentamente hacia adelante, para no formar grandes pilas de hormigón.

El esparcido del hormigón se llevará a cabo con los dispositivos y equipos adecuados y cuando sea necesario, con la ayuda de herramientas manuales. Siempre se debe evitar la segregación de los materiales.

El hormigón debe ser distribuido sobre todo el ancho de la faja de hormigonado y enrasado a una altura conveniente para que después, con las operaciones de compactado y de acabado, se llegue al espesor de diseño en cualquier punto de la superficie.

5.3.5 Compactado del Hormigón

El compactado del hormigón se realiza por vibración en la superficie, lo que requiere, sin embargo, el uso de vibradores de inmersión donde la vibración superficial resulte insuficiente (por ejemplo, junto a los moldes, la ejecución de las juntas), o cuando el espesor del pavimento lo exija así.

El acabado mecánico de la superficie se realiza inmediatamente después de la compactación del hormigón.

El equipo vibro-alisador deberá pasar por el mismo lugar tantas veces sea necesario para la consolidación perfecta del hormigón, de modo que la superficie del pavimento se

encuentre en la cota de rasante y el perfil transversal del proyecto. La verificación de la regularidad de la superficie longitudinal debe hacerse utilizando una regla de 3 m de longitud.

Cualquier variación en la superficie superior a 5 mm, es una depresión o una protuberancia, que debe ser corregida al instante, las protuberancias o salientes deben ser cortadas, y las depresiones rellenas con hormigón fresco.

Se recomienda para un perfecto compactado del hormigón, que la pasada final de la máquina vibro alisadora se mueva continuamente sin detenerse, al menos una distancia correspondiente a dos losas, por lo tanto, para tal efecto se debe haber colocado la suficiente cantidad de hormigón hasta que el punto de la siguiente reanudación del hormigonado se encuentre a menos de 30 cm de la junta transversal más próxima.

Las superficies de apoyo del equipo de vibro-alisado deben mantenerse limpias con el fin de permitir que la máquina trabaje en perfectas condiciones y para garantizar la obtención de una superficie sin irregularidades.

5.3.6 Acabado final del Hormigón

Inmediatamente después del compactado del hormigón debe comenzar la operación de acabado, que consiste inicialmente en, pasar longitudinalmente la regla de acabado final en movimientos de vaivén. A continuación, se debe proceder con el acabado final mediante la aplicación de tiras de lona, peine texturizador o cepillos de cerdas de nylon, con movimientos de un lado a otro, de manera de generar una textura mediante ranuras en la superficie de la losa.

La tira de lona debe ser aplicada a través de un movimiento oscilante de vaivén, mientras que el peine texturizador o el cepillo se debe pasar en la dirección transversal a la losa hormigonada. Las ranuras del texturizado deben ser continuas y uniformes a lo largo del ancho de la losa.

5.3.7 Ejecución de las juntas.

Todas las juntas deben estar en conformidad con las posiciones indicadas, no están permitidas desviaciones de alineamiento superiores a 5 mm.

5.3.7.1 Juntas longitudinales

El pavimento deberá ejecutarse en segmentos longitudinales parciales y la posición de las juntas longitudinales de construcción deberá coincidir con las de proyecto.

5.3.7.2 Juntas transversales

Las juntas transversales deben ser rectas en toda su longitud, perpendiculares al eje longitudinal del pavimento, excepto en circunstancias especiales indicadas en el proyecto. Deberán ser ejecutadas de modo que las operaciones de acabado final de la superficie puedan ser procesadas continuamente, como si las juntas no existiesen.

La ubicación de todas las secciones donde se dispongan las juntas deberán ser realizadas mediante medidas topográficas, debiéndose determinar las posiciones futuras mediante puntos fijos establecidos en las dos márgenes de la losa.

Cuando fuese adoptado el proceso de apertura de juntas por moldeo (o inserción) la introducción del perfil debe ser realizada mediante vibración en el hormigón aún fresco, para luego del acabado ser corregidas todas las irregularidades provenientes de esta operación.

Cuando fuese adoptado el proceso de apertura de juntas por aserrado, deberá dibujarse un plano de apertura de juntas del hormigón. El momento de corte deberá estar entre las 6 a 48 horas.

5.3.7.3 Juntas transversales de construcción

Al finalizar cada jornada de trabajo o siempre que el hormigonado tuviese que ser interrumpido por más de 30 minutos, deberá ser ejecutada una junta de construcción cuya posición debe coincidir con el de una junta transversal indicada en el proyecto, en los casos que no sea posible proseguir con el hormigonado hasta una junta transversal proyectada, será ejecutada obligatoriamente una junta transversal de construcción de emergencia del tipo previsto en el proyecto.

5.3.7.4 Barras de amarre de juntas longitudinales

Deben tener un diámetro, espaciamiento y longitud definidos en el proyecto y estar limpias y exentas de aceite o cualquier sustancia que perjudique su adherencia al hormigón.

5.3.7.5 Barras de transferencia en juntas transversales

Serán obligatoriamente barras lisas, rectas, con diámetro, espaciamiento y longitud definidos en el proyecto.

Estas barras deberán tener la mitad de su longitud más 2 cm pintados y engrasados de modo de permitir el libre movimiento de la junta. En las juntas de construcción que no coincidan con la junta de contracción la barra no tendrá este tramo pintado o engrasado

La capucha que recubre el extremo deslizante de la barra de transferencia, en las juntas de dilatación, debe ser suficientemente resistente para no deformarse durante el hormigonado.

La longitud entre el extremo cerrado por la capucha y la punta libre de la barra establecida en el proyecto, deberá cumplirse durante el hormigonado.

En el alineamiento de estas barras son admitidas las siguientes tolerancias:

- c. El desvío máximo de los extremos de una barra en relación a la posición prevista en el proyecto será de + -1% del largo de la barra.
- a. Por lo menos en 2/3 de las barras de una junta, el desvío máximo será de + - 0.7%.

5.3.8 Colocado de la malla de acero

En losas de dimensiones irregulares y diferentes a los patrones normalmente adoptados, se deberá colocar una malla electro soldada cuyo tipo será definido en el proyecto. Esta malla debe ser colocada a 5 cm de la superficie del pavimento y máximo hasta media altura del espesor de la losa, debiendo distar 5 cm de cualquier borde de la losa.

5.3.9 Curado del Hormigón

El tiempo total de curado deberá ser de siete días, comprendiendo un periodo inicial de aproximadamente 24 horas, contadas desde que se haya terminado el acabado final del pavimento, seguido de un periodo final hasta que el hormigón tenga la edad de siete días.

En el periodo inicial de curado no se permite ningún tipo de tránsito sobre el pavimento. Debe ser empleado un curado químico aplicado en toda la superficie del pavimento, mediante un compuesto químico líquido que forma una película plástica a razón de 0,35 l/m² a 0,50 l/m².

Después del periodo inicial de curado, la superficie del pavimento deberá ser cubierta con cualquiera de los productos mencionados en el numeral 5.1.9 o combinaciones apropiadas de esos materiales u otro tipo adecuado de protección, que evite la exposición del hormigón a la intemperie y la pérdida brusca de humedad. Cuando el curado se realice por medio de tejidos, papel alquitranado o películas de plástico, deben solaparse las tiras por lo menos 10 cm. En el caso necesario de retirar estos materiales, su reposición deberá ser efectuada máximo dentro los 30 min.

5.3.10 Desmoldaje

Los moldes podrán ser retirados por lo menos después de 12 horas del hormigonado. Podrán entretanto ser fijados plazos diferentes para más o para menos, siempre y cuando el hormigón pueda soportar sin ningún daño la operación de desmontaje, extendiéndose a un plazo máximo de 24 horas.

Durante el desmontaje deberán ser tomados los cuidados necesarios para evitar el desportillado de los bordes de las losas.

Las caras laterales de las losas a ser expuestas por la remoción de los moldes, deberán ser inmediatamente protegidas por medios que les proporcionen condiciones de curado análogos a las de la superficie del pavimento.

5.3.11 Sello de juntas

El material de sello sólo podrá ser aplicado cuando las ranuras de las juntas estuviesen limpias y secas, empleándose para ello herramientas con punta que puedan penetrar en la ranura de las juntas sin ser dañadas o mediante cepillos de cerdas duras o aire comprimido.

El material de sello debe ser cuidadosamente colocado en el interior de los reservorios sin salpicaduras en la superficie y en cantidad suficiente para llenar la junta sin rebabas. Cualquier exceso deberá ser rápidamente removido quedando la superficie limpia de todo material salpicado.

La profundidad de penetración del material de sello deberá ser aquella definida en el proyecto.

6. Manejo ambiental

En la exploración de los bancos de préstamo de materiales se debe dar cumplimiento con las recomendaciones emitidas en las especificaciones técnicas descritas en el proyecto en lo referente al manejo y cuidado ambiental

6.1 En la exploración de bancos de préstamo

En el caso de material pétreo (agregado grueso) deberán ser tomados los siguientes cuidados en la exploración de los bancos de préstamo de estos materiales.

- a. El material solamente será aceptado después de que el ejecutante presente la licencia ambiental de operación de la cantera, debe ser archivada la copia de la licencia junto al libro de órdenes de obra.
- b. Evitar la localización de la cantera y de las instalaciones de triturado en áreas de preservación ambiental.
- c. Planificar adecuadamente la exploración de la cantera de modo de minimizar los daños inevitables durante la exploración y posibilitar la recuperación ambiental después de retirarse todos los materiales y equipamiento.
- d. No provocar quemas como forma de desbroce o limpieza del lugar.
- e. Las vías de acceso deberán seguir las recomendaciones las especificaciones técnicas descritas en el proyecto
- f. Deberán ser construidas junto a las instalaciones de triturado, fosas de sedimentación para la retención de polvo de piedra eventualmente producido como excedente por el lavado de los áridos, evitando así, su descarga a cursos de agua.

- g. El caso de que sea suministrado por terceros se debe exigir la documentación certificada por un órgano competente que acredite el cumplimiento de la regulación de las instalaciones, como también de su operación.
- h. Si el licitador optase por la implantación de canteras o bancos de arena (incluidos o no en el proyecto), serán su responsabilidad los costos para obtener la licencia ambiental con los órganos competentes. En este caso se debe mantener tal como se indican, las especificaciones técnicas de estos agregados y los incrementos financieros no serán admitidos en los costos licitados.

6.2 Durante la ejecución

Los cuidados para la preservación ambiental, se refieren al cumplimiento de las rutas de tráfico y el almacenamiento de equipos.

Debe prohibirse el tráfico desordenado de los equipos en los caminos de servicio para evitar daños al medio ambiente.

7. Inspección

7.1 Control de insumos

Para el control de recepción de materiales, deberán adoptarse los procedimientos recomendados en el numeral 5.1 de esta Norma.

7.2 Control de la producción (ejecución)

Deben realizarse en el hormigón los ensayos mencionados en los numerales 7.2.1 y 7.2.2.

7.2.1 Determinación del revenimiento del hormigón

Deberá realizarse según lo establecido en la norma ASTM C 143, en cada muestra colectada de cada amasada (u hormigonado)

7.2.2 Determinación de la resistencia del hormigón

7.2.2.1 Resistencia de control

En la inspección del hormigón se determinará la resistencia a la tracción por flexión a la edad de control establecida en el proyecto, o la resistencia a la compresión axial, estableciendo a través de pruebas una correlación fiable entre la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción por flexión.

7.2.2.2 Vaciado o fundido de los probetas

Deberán obtenerse aleatoriamente y de diferentes amasadas, probetas cada 2500m² de pavimentado con hormigón, por lo menos seis probetas constituidas, por lo menos de 2

probetas prismáticas o cilíndricas de una misma amasada, cuyas dimensiones, preparación y curado se harán en conformidad con las normas ASTM C 31.

La identificación de las muestras deberá contener la fecha del vaciado o fundido, clase de hormigón, referencias del lugar de identificación donde fue colocado el hormigón (véase el párrafo 5.3.7 de esta Norma) y otra información que se considere necesaria.

7.2.2.3 Ensayos

Las muestras se someterán a sus respectivas pruebas, a la edad de control establecidas en el proyecto, y la resistencia a la tracción por flexión se determinará de las probetas prismáticas, de acuerdo con norma la ASTM C 78, y la resistencia a la compresión axial en probetas cilíndricas, de acuerdo con la norma ASTM C 38.

De los resultados obtenidos se escogerá el mayor, que se considerará como la resistencia de la muestra.

7.3 Control del producto

7.3.1 Control geométrico

Para la inspección durante la ejecución de cada tramo de pavimento, se procederá a reubicar y nivelar el eje y los bordes, mediante puntos de control espaciados cada 20m a lo largo del eje, para verificar si el ancho y espesor del pavimento están de acuerdo con el proyecto.

Para la verificación del espesor, esta reubicación y nivelación deberá ser realizada en los mismos puntos, tanto en la parte superior de la sub-base (antes del hormigonado) como en la parte superior del hormigón (después de su ejecución).

El tramo o segmento de pavimento será aceptado cuando:

- a. La variación del ancho de la losa fuese inferior a $\pm 10\%$, en relación a la definida en el proyecto.
- b. El espesor medio del pavimento fuese igual o mayor que el espesor de diseño y la diferencia entre el valor máximo y mínimo del espesor medio obtenido sea máximo de 1 cm.
- c. En caso que el espesor medio del pavimento sea inferior al del proyecto, deberá ser realizada la revisión de este, adoptando para este tramo el espesor medio determinado y la resistencia característica estimada para el hormigón.
- d. En el caso que el tramo no fuese aceptado, las partes interesadas podrán tomar una de las decisiones citadas en el numeral 7.4

7.3.2 Control de acabado final.

Después de la conclusión de la inspección de cada tramo y de la autorización para liberarlo al tráfico, se deberá evaluar su comodidad y suavidad al rodaje, conforme a la norma Inspección Subjetiva de Pavimentos Rígidos

En el informe de esta evaluación se deberá atribuir al tramo inspeccionado, un concepto sobre la condición general de la estructura, el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad de la superficie, resistencia al deslizamiento, el potencial de hidroplaneo y otros.

El informe de esta evaluación deberá calificar al tramo inspeccionado, por medio de un concepto sobre la condición general de la estructura y el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad superficial, resistencia al derrape, y el potencial al derrape en la vía con agua y otros.

Según estos conceptos se calificará al pavimento con una nota entre 0 y 100, siendo aprobados según estos aspectos, solamente los tramos o segmentos que hayan obtenido una nota igual o superior a 40.

En el caso que el tramo no se haya aceptado, la superficie del pavimento deberá ser reparada, en el caso de no ser posible esto, los tramos considerados pésimos en su acabado deberán ser demolidos y reconstruidos.

7.4 Condiciones de conformidad y no conformidad.

7.4.1 Resistencia del hormigón

7.4.1.1 Determinación de la Resistencia característica.

En el tramo inspeccionado, la resistencia característica estimada del hormigón a tracción por flexión o a compresión axial se determinará a partir de las siguientes expresiones:

$$f_{ctM,est} = f_{ctM28} - k s$$

ó

$$f_{ck,est} = f_{c28} - k s$$

Donde:

$f_{ctM,es}$	Valor estimado de la resistencia característica del hormigón a tracción por flexión.
f_{ctM28}	Resistencia media del hormigón a tracción por flexión, a la edad de 28 días.
$f_{ck,est}$	Valor estimado de la Resistencia característica del hormigón a compresión axial.
f_{c28}	Resistencia media del Hormigón a compresión axial a la edad de 28 días.
s	Desviación estándar de los resultados
k	Coefficiente de distribución de Student

n = Número de ejemplares

El valor del coeficiente k es función de la cantidad de ejemplares del lote y se obtiene de la tabla 1.

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,863	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

7.4.1.2 Aceptación automática

El pavimento será aceptado automáticamente cuando la resistencia del hormigón cumpla con las siguientes condiciones:

$$f_{ctM, est} \geq f_{ctM, k}$$

ó

$$f_{ck, est} \geq f_{ck}$$

7.4.1.3 Verificaciones suplementarias

- Cuando no hubiese la aceptación automática, deberán ser extraídos en el tramo, en puntos uniformemente espaciados, un mínimo de 6 probetas de 15 cm de diámetro o probetas prismáticas conforme a la norma ASTM C 42, las cuales serán ensayadas respectivamente a compresión axial (norma ASTM C 39) y a tracción por flexión (norma ASTM C 78). Estas probetas deben ser extraídas de las losas que presentasen las menores resistencias de control.
- Con los resultados obtenidos en estas probetas será determinada la resistencia característica conforme al procedimiento indicado en el numeral 7.4.1.1. El tramo será aceptado si se cumple con la condición exigida en el numeral 7.4.1.2. En el caso que esta condición no fuese cumplida, deberá ser revisado el proyecto, adoptando para la resistencia del hormigón la resistencia característica estimada y el espesor promedio determinado en el control geométrico.
- Si el tramo aún no fuese aceptado, deberá ser adoptado de acuerdo con el parecer de la Fiscalización y sin costo para el contratista una de las siguientes decisiones:
 - Aprovechamiento del pavimento, con restricciones a la carga o al uso.
 - El pavimento será reforzado.
 - Demolición y reconstrucción del pavimento.

7.4.1.4 Registros.

Los resultados de los controles serán analizados y registrados en informes periódicos anexos, de acuerdo con lo descrito en la norma **INEN GUÍA PRÁCTICA. CONTROL DE**

CALIDAD DEL HORMIGÓN. BASES DE FISCALIZACIÓN, que establece los procedimientos para el tratamiento de no conformidades de los insumos o de la producción de un producto.

8. Criterios de medición

Los servicios conformes serán medidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- El pavimento será medido en metros cúbicos de hormigón, conforme a la sección transversal del proyecto. No serán motivos de medición la mano de obra, materiales, equipamiento, transportes, colocado de la mezcla, compactación, acabado, curado e impuestos.
- En el cálculo de los volúmenes, serán considerados los anchos medios obtenidos en el control geométrico.
- No serán consideradas las cantidades ejecutadas superiores a los indicados en el proyecto.

NORMA

Pavimento rígido – Ejecución de pavimento rígido con pavimentadora deslizante – Especificación de Servicio

Resumen

Este documento define el sistema a ser adoptado en la construcción de pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland para uso en carreteras, utilizando pavimentadora deslizante. También se presentan los requisitos relativos a las condiciones de ejecución, inspección, gestión ambiental y los criterios de medición.

1. Objetivo

Esta Norma establece las condiciones necesarias para la construcción de pavimentos rígidos de hormigón simple de cemento Portland, utilizando pavimentadora deslizante.

2. Referencias normativas

Los documentos mencionados en esta sección han servido de base para el desarrollo de la presente norma y contienen disposiciones que, mediante su referencia en el texto, se convierten en parte integrante de la presente Norma. Los temas presentados son los que estaban en vigencia en la fecha de esta publicación, se recomienda que siempre sean consideradas las últimas ediciones, en su caso.

- a. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 42-77: obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- b. _____. ASTM C 260-77: air-entraining admixture for concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- c. _____. . ASTM C 309-74: liquid membrane-forming compounds for curing concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- d. **NTE INEN 694:2010** Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología.
- e. **NTE INEN 862:2011** Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.
- f. **NTE INEN 1 573:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- g. **NTE INEN 1 576:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
- h. **NTE INEN 1 578:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.

- i. **INEN 1 762:1990-06** Hormigones. Definiciones y terminología
- j. **NTE INEN 1 763:2010** Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.
- k. **NTE INEN 1 855-1:2001** Hormigones. Hormigón premezclado. Requisitos
- l. **NTE INEN 1 855-2:2002** Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos.
- m. **NTE INEN 2 504:2009** Mortero y hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero y del hormigón endurecidos.
- n. **NTE INEN 2 528:2010** Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.
- o. **NTE INEN 2 535:2010** Cemento hidráulico, mortero y hormigón. Uso del aparato para la determinación del cambio de longitud en especímenes endurecidos.
- p. **NTE INEN 2554:2011** Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios).
- q. **INEN 973:1983-03** Agua potable. determinación del pH.
- r. **INEN 974:1983-03** Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA.
- s. **INEN 976** Agua potable. Determinación de cloruros
- t. **NTE INEN 695:2010** Áridos. Muestreo
- u. **NTE INEN 696:2011** Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- v. **INEN 870:1982** Áridos para hormigón examen petrográfico
- w. **NTE INEN 699:2011** Áridos. Determinación de partículas livianas.
- x. **NTE INEN 855:2010** Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.

3. Definiciones

El pavimento de hormigón simple es la capa que consta de losas de hormigón de cemento Portland, no armadas, o posiblemente con refuerzo sin ninguna función estructural, que realizan tanto las funciones de base y revestimiento.

4. Condiciones generales

4.1 Sub-base

Las losas de hormigón deben estar vaciadas sobre un material de sub-base, ejecutado con un material y espesor definido en el proyecto, que no deberá presentar expansión ni ser bombeable, asegurando un apoyo uniforme de las losas en todo instante.

4.2 Hormigón de cemento Portland para pavimento

Las características del hormigón para la ejecución de pavimentos rígidos se determinará de acuerdo con la **INEN GUÍA DE PRÁCTICA. LABORATORISTA DE HORMIGONES** y la **NTE INEN 1 855-2:2002 HORMIGONES. HORMIGÓN PREPARADO EN OBRA. REQUISITOS** de modo de obtener con los materiales disponibles, una mezcla fresca de trabajabilidad adecuada al proceso constructivo empleado y obtener un producto endurecido, compacto y duradero, de baja permeabilidad y que satisfaga las condiciones de resistencia mecánica y acabado superficial requerido por la especificación, que debe acompañar el diseño del pavimento.

4.3 Recepción de materiales.

La recepción y el almacenamiento en la obra del cemento Portland, áridos y aditivos, se debe hacer según lo recomendado en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITO**, **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**, **NTE INEN 872:2011 ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS** y **INEN 504:1987-07 CEMENTOS HIDRAULICOS. ADITIVOS DE PROCESO. REQUISITOS**.

Condiciones específicas

4.4 Materiales

4.4.1 Cemento Portland

Los tipos de cemento Portland que se consideran apropiados para la pavimentación con hormigón en masa son: CP-I (Común Portland – ASTM C 150), CP-II (Portland compuesto – ASTM C 595), CP-III (Portland de Alto Horno - ASTM C 595) y CP -IV (Portland puzolánico - ASTM C 595). Otros tipos de cemento Portland se pueden utilizar siempre que se haya demostrado debidamente su idoneidad para el trabajo en cuestión.

4.4.2 Agregados

Los agregados gruesos y finos deberán cumplir los requisitos de la ASTM C33.

4.4.3 Agua

El agua para el amasado del hormigón debe cumplir con los siguientes límites máximos, determinados de acuerdo con el procedimiento establecido en la normas **NTE INEN 108:2011 AGUA POTABLE. REQUISITOS**, ASTM C 1602 y ASTM C 1603.

pH	Entre 5 y 8
Materia orgánica, expresado en oxígeno consumido	3 mg/l
Residuo sólido	5000 mg/l
Sulfatos, expresado en iones SO ₄	600 mg/l
Cloruros, expresado en iones C ₁	1000 mg/l
Azúcar	5 mg/l

Ante la duda de si el agua es adecuada o perjudicial para el hormigón, se deben hacer pruebas comparativas del tiempo de fraguado y de resistencia a compresión, realizadas respectivamente en pasta y mortero de cemento de acuerdo con la norma **NTE INEN 488:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA.**

El agua se considera satisfactoria si se pueden producir los siguientes resultados:

- a. Tiempo de inicio de fraguado con diferencia de ± 30 min en relación a la pasta preparada con un agua de referencia, en base al ensayo realizado de acuerdo con la ASTM C 187 y ASTM C 191.
- b. Resistencia a la compresión relativa mayor o igual al 85%, en relación al mortero preparado con un agua de referencia, de acuerdo con en el ensayo de la norma **NTE INEN 488:2009 CEMENTO HIDRÁULICO. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTEROS EN CUBOS DE 50 mm DE ARISTA.**

4.4.4 Aditivos

Los aditivos utilizados en el hormigón pueden ser del tipo plastificante reductor de agua, superplastificante y retardador de fraguado, siempre que cumplan con los requisitos de la norma ASTM C 1017.

En el caso de emplearse aditivo incorporador de aire, este aditivo deberá cumplir con los requisitos generales de la norma ASTM C 1017 y los requisitos específicos de la norma ASTM C 260.

La dosificación del aditivo en el hormigón será normalmente la recomendada por el fabricante en función de la temperatura; se puede alterar la cantidad en más o menos, dependiendo de los resultados obtenidos, el tipo de cemento empleado y de otras condiciones. Fijada la cantidad del aditivo en el inicio del hormigonado, esta no debe ser alterada, a menos que existan cambios significativos en las características de los materiales.

4.4.5 Acero

Las barras de acero para transferencia de carga y de amarre deben cumplir con la norma ASTM A 36.

Las barras de transferencia deben ser lisas y rectas, de acero tipo CA-25. Las barras de amarre deben ser de acero CA-50 y se admite el empleo alternativo del acero CA-25.

Las mallas de barras soldadas de acero empleadas como armadura para evitar la fisuración, deben cumplir con la norma ASTM A 496.

4.4.6 Material para sellado de juntas.

El material para sello de juntas podrá ser moldeado en calor, frío o premoldeado y deberá ser de producción industrial, cumpliendo con la normas **ASTM D 6690-01** ESPECIFICACIONES ESTÁNDAR PARA SELLADORES DE JUNTAS Y GRIETAS, APLICACIÓN EN CALIENTE, PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO Y ASFALTO y **NTP 321.145:2033** PETRÓLEO Y DERIVADOS. SELLANTES PARA JUNTAS Y GRIETAS, APLICADOS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y DE CONCRETO. ESPECIFICACIONES

4.4.7 Material para el relleno de juntas de expansión.

Se pueden emplear fibras trabajadas, corcho, goma esponjosa o poliestireno debidamente impermeabilizado, como material de relleno en la parte inferior de las juntas de dilatación.

4.4.8 Película aislante e impermeabilizante

Como impermeabilización y película aislante entre la losa de pavimento y la sub-base se puede utilizar:

- a. Una membrana de plástico, flexible, con un espesor entre 0,2 mm y 0,3 mm;
- b. Papel del tipo "kraft" cubierto de alquitrán con gramaje mínimo de 200 g/m², que contenga una cantidad de hormigón asfáltico de petróleo o alquitrán no menor a 60 g/m²;
- c. Pintura bituminosa, fabricada con emulsiones asfálticas catiónicas de ruptura media, con una tasa de aplicación entre los límites de 0,8 l/m² y 1,6 l/m².

4.4.9 Materiales para el curado del hormigón.

Los materiales para el curado del hormigón pueden ser agua, tejido de yute, cáñamo o algodón, láminas de plástico, láminas de papel alquitranado o asfaltado y compuestos químicos líquidos capaces de formar películas plásticas. Las láminas de plástico y de papel alquitranado deberán tener las mismas características requeridas para su uso como material aislante, tal como se define en la sección 5.1.8. Los productos químicos líquidos deben ser en base de PVA o polipropileno, tener una pigmentación blanca o clara y cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 309. Los tejidos deben estar limpios, ser absorbentes, sin agujeros, y cuando se sequen, pesar un mínimo de 200 g/m².

4.4.10 Hormigón

El hormigón para pavimento deberá cumplir con los siguientes requisitos:

-
- a. Resistencia a la tensión característica a flexión ($f_{ctM,k}$) definida en el proyecto o también la resistencia característica a compresión axial equivalente (f_{ck}), donde serán determinadas pruebas de correlación entre estas resistencias, empleando materiales que sean los efectivamente utilizados en la obra:
 - La resistencia a la tracción en flexión se determina mediante probetas prismáticas, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C 31 y ASTM C 78.
 - La resistencia a la compresión se determina en probetas cilíndricas, de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normas ASTM C 31 y ASTM C 39.
 - El control de la resistencia característica será aquella definida en el proyecto.
 - b. Consumo mínimo de cemento
 - $C_{min} = 320 \text{Kg/m}^3$.
 - c. Relación agua / cemento máxima:
 - $A/C \leq 0,50 \text{ l/Kg}$.
 - d. Revenimiento, determinado conforme a la norma ASTM C 143:
 - $70 \text{mm} \pm 10 \text{mm}$.
 - e. El tamaño máximo característico del agregado del hormigón no deberá exceder $1/3$ del espesor de la losa del pavimento o 50 mm, obediendo el menor valor.
 - f. Exudación, medida conforme la norma ASTM C 232
 - $\leq 1,5\%$

4.5 Equipo

El equipo destinado a la colocación de las losas de hormigón consta de:

- a. Vibro alisadora de moldes deslizantes de ancho regulable con tracción propia, constituida fundamentalmente por:
 - Estructura montada sobre chasis de ruedas neumáticas o cadenas de orugas.
 - Ancho de faja de hormigonado regulable entre 3,5 m y 7,5 m ó entre 3,50 y 14 m.

- Receptor frontal de hormigón cubriendo todo el ancho de la vía, provisto de tolva receptora, pala distribuidora inferior o sin fin, con salida regulable para descargas.
- Dispositivo de regularización del hormigón distribuido.
- Sistema vibrador: batería de vibradores de inmersión de alta frecuencia (superior a 60 Hz), en conjunto con unidades de vibradores hidráulicos, fijados en una barra de altura adecuada, con control individual de vibración, regla vibratoria de superficie, dotado de vibradores de plancha pared.
- Regla regularizadora oscilante, pre-acabadora.
- Regla alisadora.
- Moldes deslizantes fijos a la regla vibradora
- Sistema de control electrónico para alineamiento y nivelación de la pavimentadora, por medio de hilos guía, apoyados lateralmente en varillas ajustables de metal, para guía de sondas electrónicas.
- Maquinaria de curado químico, dotada de tracción propia, montada sobre ruedas neumáticas, provista de calibrador regulable de emisión y de depósito del producto de curado.
- Perfil metálico del tipo “T” para ejecución de juntas moldeadas.
- Máquina para aserrar juntas con disco diamantado, con diámetro y espesor apropiados, que posibiliten hacer la ranura con espaciamiento y dimensiones especificadas en el proyecto.
- Puente de madera lo suficientemente rígido para no flexionarse, con una longitud igual al ancho de las losas de hormigón mas 50 cm; para la circulación del personal por encima de la losa con hormigón aún fresco.
- Rodillo de mango largo, preferentemente de aluminio y de extremos redondeados.
- Llana o alisador de madera, con una superficie de al menos 450 cm²;
- Regla para nivelación, de madera o metal, con una longitud de 3 m y una rigidez lo suficiente para no flexionarse.
- Peines texturizadores con cerdas metálicas, cepillos o escobas con cerdas de nylon lo suficientemente rígidas para hacer las ranuras en la superficie del pavimento, o tiras de lona de 0,25 m x 4,00 m para el acabado superficial de las losas.
- Herramientas con punta que penetren en las juntas y cepillos de alambre rígido para la limpieza de las juntas.
- Compresor de aire con manguera de 12 m de largo y 12 mm de diámetro, para la limpieza de las ranuras de las juntas, con una boquilla que permita dirigir el chorro de aire dentro de la ranura.
- Paleta de borde para el acabado de los extremos de las juntas moldeadas.

Nota: Todos los equipos a utilizar deben ser inspeccionados antes del inicio de la ejecución del servicio, para garantizar condiciones adecuadas de operación, de lo contrario no serán autorizados para ser utilizados.

4.6 Ejecución del pavimento

4.6.1 Subrasante

La subrasante debe ajustarse de acuerdo con el procedimiento descrito en las especificaciones técnicas del proyecto.

Concluida la operación de preparación de la subrasante, esta será ensayada por medio de pruebas de carga para determinar el coeficiente de balasto (k), efectuado el ensayo aleatoriamente entre los bordes y el eje del futuro pavimento rígido, por lo menos cada 100 m, o en casos de suelos homogéneos cada 200 m, en puntos donde se considere necesario.

Puede ser admitido que el control del coeficiente de balasto sea realizado mediante la ejecución de ensayos de Índice de Soporte de California (CBR), en una cantidad estadísticamente significativa, desde la cual se evaluará su correspondencia con el coeficiente de balasto (k) por medio de curvas de correlación adecuadas.

4.6.2 Sub Base

Se llevará a cabo en conformidad con las especificaciones establecidas en el proyecto para el tipo diseñado y debe mantener su forma geométrica hasta el momento de colocado del hormigón para pavimento rígido.

En el caso de que se haya indicado la colocación de una película impermeabilizante y aislante sobre la superficie de la sub-base, esta debe ser verificada, tomando en cuenta si se estira adecuadamente y si las costuras están hechas con un traslape de por lo menos 20cm.

4.6.3 Mezclado, transporte, colocado y esparcido del hormigón

El hormigón debe ser producido en plantas con dosificación por peso, los agregados se pueden medir por peso acumulado, excepto el cemento, cuya masa debería medirse en una balanza separada.

Esta planta puede ser del tipo mezcladora o dosificadora, donde en caso de emplearse esta última, el mezclado debe realizarse en camiones mezcladores de hormigón. Las balanzas para pesar los materiales deben ser revisadas con regularidad y periódicamente calibradas.

La humedad de la arena debe determinarse en periodos cada 2 horas, o inmediatamente después de observarse una notable variación en el revenimiento del hormigón. En el caso que el hormigón sea proporcionado por la planta dosificadora, deberán cumplirse con las condiciones establecidas en las normas ASTM C 94 y ASTM C 172.

Los dispositivos para medir las cantidades de los materiales deben llevar a errores máximos del 2% para el cemento y agregados, y del 1,5% para el agua.

Las hormigoneras deberán producir una mezcla homogénea.

El mezclador debe producir una mezcla homogénea, abastecer cargas sin segregación de los componentes del hormigón y tener la capacidad para permitir la continuidad de las operaciones de pavimentación con hormigón.

Cuando el hormigón sea producido en centrales dosificadoras, o mezclado en camiones hormigoneros, debe cumplirse con las recomendaciones de las normas del DNER-ES 330 y ASTM C 94.

El período máximo entre el mezclado (a partir de la adición de agua) y el colocado, será de treinta minutos, la re-dosificación está prohibida en cualquier forma. Cuando se utilice camión mezclador y exista una agitación del hormigón durante el transporte y la descarga, este plazo podrá ser prorrogado hasta 90 minutos.

El colocado del hormigón se hará preferentemente por fuera de la faja de hormigonado, independiente del ancho ajustado por los moldes deslizantes. Podrá también ser aceptado el retro-lanzado, siempre y cuando la sub-base tenga la resistencia suficiente para el tráfico de camiones volquetas.

En cualquiera de los casos, deben formarse pilas de pequeña altura, para reducir el trabajo de esparcimiento y evitar la segregación del hormigón.

Para el esparcido del hormigón, pueden ser usadas, además de la pala distribuidora del sistema de moldes deslizantes, rosca sin fin, pala triangular móvil o tolva que reciba el hormigón y lo distribuya por todo el ancho de la vía. Esta distribución debe tener una altura uniforme, relevante para la operación de vibrado.

Debe ser exigida la alimentación continua del equipamiento, para que mantenga una velocidad constante de operación, evitando las interrupciones en la ejecución del pavimento, que a futuro se manifestarán en incomodidad de circulación del tráfico después del endurecimiento del hormigón. El punto de reanudación del hormigonado no deberá estar situado a menos de 30 cm de la junta transversal más próxima.

4.6.4 Compactado del Hormigón

El compactado del hormigón se realiza mediante vibradores hidráulicos fijados a barras de altura variable, que posibilitan la ejecución de la losa con el espesor proyectado.

Para garantizar la calidad del compactado, el equipo deberá poseer una cortina metálica para controlar el volumen de hormigón a ser vibrado.

La vibración superficial será realizada por una enrasadora o regla vibratoria, colocada inmediatamente después de los vibradores, siendo necesaria una capa superficial de

mortero para no dejar el agregado grueso expuesto. El acabado final del hormigón será dado por dos superficies planas, una fija y la otra oscilante, dejando la superficie prácticamente acabada.

Deberá existir alimentación continua del equipo a fin de mantener homogénea la superficie final. En caso que ocurra algún imprevisto que retrase el colocado del hormigón provocando el re-secamiento del mortero existente sobre la regla vibratoria, que podría perjudicar el acabado de la superficie, el hormigonado deberá ser paralizado, debiendo el equipo ser levantado y efectuada la limpieza respectiva.

4.6.5 Acabado final del Hormigón

El acabado será realizado con nivelación topográfica, mediante el auxilio de líneas extendidas lateralmente.

En cuanto al hormigón aún en estado plástico, se procederá a la verificación en toda su superficie, en todo el ancho de faja, con una regla de 3 m dispuesta paralelamente al eje longitudinal del pavimento, con movimientos de vaivén y avanzando cada vez la mitad de la longitud de la losa como máximo.

Cualquier depresión encontrada deberá ser inmediatamente rellenada con hormigón fresco, enrasada, compactada y debidamente acabada, y cualquier saliente deberá ser cortada y también debidamente acabada. Cuando la superficie se presente demasiado húmeda, el exceso de agua deberá ser eliminado pasando un lampazo de goma.

Estas actividades serán ejecutadas con el auxilio de puentes de servicio no apoyados en la superficie del hormigón fresco, para permitir el tránsito de los trabajadores sin que toquen al pavimento todavía fresco. Después de estas correcciones, y luego de que el agua superficial desaparezca, se procede con el acabado final.

4.6.6 Acabado final

En el acabado final se procede al texturizado que genera ranuras en la superficie del pavimento, las cuales aumentan la adherencia del mismo, con los neumáticos de los vehículos.

Esta operación debe ser realizada antes del inicio del fraguado del hormigón.

Se debe indicar en el proyecto el tipo de dispositivo que deberá ser usado para producir la textura en función a las condiciones ambientales, tipo y características de las solicitaciones, topografía y geometría del pavimento.

En los pavimentos a ser construidos en áreas críticas, por ejemplo, con curvas acentuadas e interconexiones, es necesario incrementar la seguridad al derrapado de los vehículos. Para tal efecto se debe adoptar dispositivos que aumenten significativamente la superficie de contacto de los neumáticos con el pavimento. En tales casos, esta Norma recomienda utilizar, por orden decreciente de eficacia, el siguiente equipo:

- Peines de púas de metal
- Cepillos de cerdas metálicas
- Cepillos de cerdas de nylon
- Tubos metálicos provistos de muescas y salientes
- Tiras o fajas de tela

Ejecutado el acabado final, antes del inicio del endurecimiento del hormigón, en el caso de adoptar la apertura de juntas por moldeo, las piezas usadas serán retiradas cuidadosamente con herramientas adecuadas y suavizadas todas las aristas, conforme al proyecto.

Junto a los bordes, el acabado obtenido debe ser igual al resto de la superficie. Cualquier porción deberá ser removida rápidamente.

No serán admitidas variaciones en la superficie acabada superiores a 5 mm.

4.6.7 Ejecución de las juntas.

Todas las juntas deben estar en conformidad con las posiciones indicadas, no están permitidas desviaciones de alineamiento superiores a 5 mm.

4.6.7.1 Juntas longitudinales

El pavimento deberá ejecutarse en segmentos longitudinales parciales, y la posición de las juntas longitudinales de construcción, deberán coincidir con las de proyecto.

4.6.7.2 Juntas transversales

Las juntas transversales deben ser rectas en toda su longitud, perpendiculares al eje longitudinal del pavimento, excepto en circunstancias especiales indicadas en el proyecto. Deberán ser ejecutadas de modo que las operaciones de acabado final de la superficie puedan ser procesadas continuamente, como si las juntas no existiesen.

La ubicación de todas las secciones donde se dispongan las juntas deberán ser realizadas mediante medidas topográficas, debiéndose determinar las posiciones futuras mediante puntos fijos establecidos en las dos márgenes de la losa.

Cuando fuese adoptado el proceso de apertura de juntas por moldeo (o inserción) la introducción del perfil debe ser realizada mediante vibración en el hormigón aún fresco, para luego del acabado ser corregidas todas las irregularidades provenientes de esta operación.

Cuando fuese adoptado el proceso de apertura de juntas por aserrado, deberá dibujarse un plano de abertura de juntas del hormigón. El momento de corte deberá estar entre las 6 a 48 horas.

4.6.7.3 Juntas transversales de construcción

Al finalizar cada jornada de trabajo o siempre que el hormigonado tuviese que ser interrumpido por más de 30 minutos, deberá ser ejecutada una junta de construcción cuya posición debe coincidir con el de una junta transversal indicada en el proyecto, en los casos que no sea posible proseguir con el hormigonado hasta una junta transversal proyectada, será ejecutada obligatoriamente una junta transversal de construcción de emergencia del tipo previsto en el proyecto.

4.6.7.4 Barras de amarre de juntas longitudinales

Deben tener un diámetro, espaciamiento y longitud definidos en el proyecto y estar limpias y exentas de aceite o cualquier sustancia que perjudique su adherencia al hormigón.

4.6.7.5 Barras de transferencia en juntas transversales

Serán obligatoriamente barras lisas, rectas, con diámetro, espaciamiento y longitud definidos en el proyecto.

Estas barras deberán tener la mitad de su longitud más 2 cm pintados y engrasados de modo de permitir el libre movimiento de la junta. En las juntas de construcción que no coincidan con la junta de contracción la barra no tendrá este tramo pintado o engrasado.

La capucha que recubre el extremo deslizante de la barra de transferencia, en las juntas de dilatación, debe ser suficientemente resistente para no deformarse durante el hormigonado.

La longitud entre el extremo cerrado por la capucha y la punta libre de la barra establecida en el proyecto, deberá cumplirse durante el hormigonado.

En el alineamiento de estas barras son admitidas las siguientes tolerancias:

- a. El desvío máximo de los extremos de una barra en relación a la posición prevista en el proyecto será de + -1% del largo de la barra.
- b. Por lo menos en 2/3 de las barras de una junta, el desvío máximo será de + - 0.7%.

4.6.8 Colocado de la malla de acero

En losas de dimensiones irregulares y diferentes a los patrones normalmente adoptados, se deberá colocar una malla electro soldada cuyo tipo será definido en el proyecto. Esta malla debe ser colocada a 5 cm de la superficie del pavimento y máximo hasta media altura del espesor de la losa, debiendo distar 5 cm de cualquier borde de la losa.

4.6.9 Curado del Hormigón

Las caras laterales de las losas, serán expuestas por la remoción de los moldes, estas deberán ser inmediatamente protegidas por medios que les brinden condiciones de curado análogo a las de la superficie del pavimento.

El tiempo total de curado deberá ser de siete días, comprendiendo un periodo inicial de aproximadamente 24 horas, contadas desde que se haya terminado el acabado final del pavimento, seguido de un periodo final hasta que el hormigón tenga la edad de siete días.

En el periodo inicial de curado no se permite ningún tipo de tránsito sobre el pavimento. Debe ser empleado un curado químico aplicado en toda la superficie del pavimento, mediante un compuesto químico líquido que forma una película plástica a razón de 0,35 l/m² a 0,50 l/m².

Después del periodo inicial de curado, la superficie del pavimento deberá ser cubierta con cualquiera de los productos mencionados en el numeral 5.1.9 o combinaciones apropiadas de esos materiales u otro tipo adecuado de protección, que evite la exposición del hormigón a la intemperie y la pérdida brusca de humedad. Cuando el curado se realice por medio de tejidos, papel alquitranado o películas de plástico, deben solaparse las tiras por lo menos 10 cm. En el caso necesario de retirar estos materiales, su reposición deberá ser efectuada máximo dentro los 30 min.

4.6.10 Sello de juntas

El material de sello sólo podrá ser aplicado cuando las ranuras de las juntas estuviesen limpias y secas, empleándose para ello herramientas con punta que puedan penetrar en la ranura de las juntas sin ser dañadas o mediante cepillos de cerdas duras o aire comprimido.

El material de sello debe ser cuidadosamente colocado en el interior de los reservorios sin salpicaduras en la superficie y en cantidad suficiente para llenar la junta sin rebabas. Cualquier exceso deberá ser rápidamente removido quedando la superficie limpia de todo material salpicado.

La profundidad de penetración del material de sello deberá ser aquella definida en el proyecto.

5. Manejo ambiental

Las precauciones que deben tomarse en la conservación del medio ambiente en el curso de las operaciones de ejecución de pavimento de hormigón son:

5.1 En la exploración de bancos de préstamo

Se debe dar cumplimiento a las recomendaciones emitidas en la norma DNER-ES-281 y DNER-ISA-07.

En el caso de material pétreo (agregado grueso) deberán ser tomados los siguientes cuidados en la exploración de los bancos de préstamo de estos materiales:

- a. El material solamente será aceptado después de que el ejecutante presente la licencia ambiental de operación de la cantera, debe ser archivada la copia de la licencia junto al libro de órdenes de obra.
- b. Evitar la localización de la cantera y de las instalaciones de triturado en áreas de preservación ambiental.
- c. Planificar adecuadamente la exploración de la cantera de modo de minimizar los daños inevitables durante la exploración y posibilitar la recuperación ambiental después de retirarse todos los materiales y el equipamiento.
- d. No provocar quemas como forma de desbroce o limpieza del lugar.
- e. Las vías de acceso deberán seguir las recomendaciones descritas en las especificaciones técnicas del proyecto.
- f. Deberán ser construidas junto a las instalaciones de triturado, fosas de sedimentación para la retención de polvo de piedra eventualmente producido como excedente por el lavado de los áridos, evitando así, su descarga a cursos de agua.
- g. El caso de que sea suministrado por terceros se debe exigir la documentación certificada por un órgano competente que acredite el cumplimiento de la regulación de las instalaciones, como también de su operación.
- h. Si el licitador optase por la implantación de canteras o bancos de arena (incluidos o no en el proyecto), serán su responsabilidad los costos para obtener la licencia ambiental con los órganos competentes. En este caso se debe mantener tal como se indican, las especificaciones técnicas de estos agregados y los incrementos financieros no serán admitidos en los costos licitados.

5.2 Durante la ejecución

Los cuidados para la preservación ambiental, se refieren al cumplimiento de las rutas de tráfico y el almacenamiento de equipos.

Debe prohibirse el tráfico desordenado de los equipos en los caminos de servicio para evitar daños al medio ambiente.

6. Inspección

6.1 Control de insumos

Para el control de recepción de materiales, deberán adoptarse los procedimientos recomendados en el numeral 5.1 de esta Norma.

6.2 Control de la producción (ejecución)

Deben realizarse en el hormigón los ensayos mencionados en los numerales 7.2.1 y 7.2.2.

6.2.1 Determinación del revenimiento del hormigón

Deberá realizarse según lo establecido en la norma ASTM C 143, en cada muestra colectada de cada amasada (u hormigonado).

6.2.2 Determinación de la resistencia del hormigón

6.2.2.1 Resistencia de control

En la inspección del hormigón se determinará la resistencia a la tracción por flexión a la edad de control establecida en el proyecto, o la resistencia a la compresión axial, estableciendo a través de pruebas una correlación fiable entre la resistencia a compresión y la resistencia a la tracción por flexión.

6.2.2.2 Vaciado o fundido de las probetas

Deberán obtenerse aleatoriamente y de diferentes amasadas, probetas cada 2500m² de pavimentado con hormigón, por lo menos seis probetas constituidas, por lo menos de 2 probetas prismáticas o cilíndricas de una misma amasada, cuyas dimensiones, preparación y curado se harán en conformidad con las normas ASTM C 31.

La identificación de las muestras deberá contener la fecha del vaciado o fundido, clase de hormigón, referencias del lugar de identificación donde fue colocado el hormigón (véase el párrafo 5.3.7 de esta Norma) y otra información que se considere necesaria.

6.2.2.3 Ensayos

Las muestras se someterán a sus respectivas pruebas, a la edad de control establecidas en el proyecto, y la resistencia a la tracción por flexión se determinará de las probetas prismáticas, de acuerdo con norma la ASTM C 78, y la resistencia a la compresión axial en probetas cilíndricas, de acuerdo con la norma ASTM C 39.

De los resultados obtenidos se escogerá el mayor, que se considerará como la resistencia de la muestra.

6.3 Control del producto

6.3.1 Control geométrico

Para la inspección durante la ejecución de cada tramo de pavimento, se procederá a reubicar y nivelar el eje y los bordes, mediante puntos de control espaciados cada 20m a lo largo del eje, para verificar si el ancho y espesor del pavimento están de acuerdo con el proyecto.

Para la verificación del espesor, esta reubicación y nivelación deberá ser realizada en los mismos puntos, tanto en la parte superior de la sub-base (antes del hormigonado) como en la parte superior del hormigón (después de su ejecución).

El tramo de pavimento será aceptado cuando:

- a. La variación del ancho de la losa fuese inferior a $\pm 10\%$, en relación a la definida en el proyecto.
- b. El espesor medio del pavimento fuese igual o mayor que el espesor de diseño y la diferencia entre el valor máximo y mínimo del espesor medio obtenido sea máximo de 1 cm.
- c. En caso que el espesor medio del pavimento sea inferior al del proyecto, deberá ser realizada la revisión de este, adoptando para este tramo el espesor medio determinado y la resistencia característica estimada para el hormigón.
- d. En el caso que el tramo no fuese aceptado, las partes interesadas podrán tomar una de las decisiones citadas en el numeral 7.4.

6.3.2 Control de la irregularidad longitudinal

El equipo indicado para la determinación de la irregularidad longitudinal es el Perfilógrafo de “California”, que permite el registro del perfil longitudinal del pavimento y el cálculo del Índice de Perfil (IP), conforme a lo descrito en el Anexo 1. El pavimento será aceptado cuando la irregularidad longitudinal con referencia al IP sea igual o inferior a 240mm/Km.

Opcionalmente, el acabado longitudinal de la superficie podrá ser verificado por aparatos medidores de irregularidad tipo respuesta. En este caso, el Cociente de Irregularidad (QI) debe presentar un valor inferior o igual a 35 conteos por kilómetro ($IRI \leq 2,7$ m/Km).

Otro dispositivo equivalente para esta finalidad podrá ser empleado, previamente aprobado por el IPR.

6.3.3 Control de las condiciones de seguridad

Las condiciones de seguridad del revestimiento de acabado del hormigón se determina utilizando métodos y equipos para la medida de la textura y para la evaluación de la resistencia al deslizamiento.

Para la evaluación de esta resistencia debe ser utilizado el ensayo de Mancha de Arena, de acuerdo con el método de la Norma ASTM E 965-96(2006), a cada 100 m. Los valores a ser observados son:

- Macrotextura

Altura de la mancha de arena (HS): $0,6 \text{ mm} \leq HS \leq 1,2 \text{ mm}$.

6.4 Condiciones de conformidad y no conformidad.

6.4.1 Resistencia del hormigón

6.4.1.1 Determinación de la Resistencia característica.

En el tramo inspeccionado, la resistencia característica estimada del hormigón a tracción por flexión o a compresión axial se determinará a partir de las siguientes expresiones:

$$f_{ctM,est} = f_{ctM28} - k s$$

ó

$$f_{ck,est} = f_{c28} - k s$$

Donde:

$f_{ctM,es}$	=	Valor estimado de la resistencia característica del hormigón a tracción por flexión.
f_{ctM28}	=	Resistencia media del hormigón a tracción por flexión, a la edad de 28 días.
$f_{ck,est}$	=	Valor estimado de la Resistencia característica del hormigón a compresión axial.
f_{c28}	=	Resistencia media del Hormigón a compresión axial a la edad de 28 días.
s	=	Desviación estándar de los resultados
k	=	Coefficiente de distribución de Student
n	=	Número de ejemplares

El valor del coeficiente k es función de la cantidad de ejemplares del lote y se obtiene de la tabla 1.

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,863	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

6.4.1.2 Aceptación automática

El pavimento será aceptado automáticamente cuando la resistencia del hormigón cumpla con las siguientes condiciones:

$$f_{ctM, est} \geq f_{ctM,k}$$

ó

$$f_{ck, est} \geq f_{ck}$$

6.4.1.3 Verificaciones suplementarias

- Quando no hubiese la aceptación automática, deberán ser extraídos en el tramo, en puntos uniformemente espaciados, un mínimo de 6 probetas de 15 cm de

diámetro, o probetas prismáticas conforme a la norma ASTM C 42, las cuales serán ensayadas respectivamente a compresión axial (norma ASTM C 39) y a tracción por flexión (norma ASTM C 78). Estas probetas deben ser extraídas de las losas que presentasen las menores resistencias de control.

- b. Con los resultados obtenidos en estas probetas será determinada la resistencia característica conforme al procedimiento indicado en el numeral 7.4.1.1. El tramo será aceptado si se cumple con la condición exigida en el numeral 7.4.1.2. En el caso que esta condición no fuese cumplida, deberá ser revisado el proyecto, adoptando para la resistencia del hormigón la resistencia característica estimada y el espesor promedio determinado en el control geométrico.
- c. Si el tramo aún no fuese aceptado, deberá ser adoptado de acuerdo con el parecer de la Fiscalización y sin costo para el contratista una de las siguientes decisiones:
 - Aprovechamiento del pavimento, con restricciones a la carga o al uso.
 - El pavimento será reforzado.
 - Demolición y reconstrucción del pavimento.

6.4.1.4 Registros.

Los resultados de los controles serán analizados y registrados en informes periódicos anexos, de acuerdo con lo descrito en la norma **INEN GUÍA PRÁCTICA. CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGÓN. BASES DE FISCALIZACIÓN**, que establece los procedimientos para el tratamiento de no conformidades de los insumos o de la producción de un producto.

7. Criterios de medición

Los servicios conformes serán medidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- El pavimento será medido en metros cúbicos de hormigón, conforme a la sección transversal del proyecto. No serán motivos de medición la mano de obra, materiales, equipamiento, transportes, colocado de la mezcla, compactación, acabado, curado e impuestos.
- En el cálculo de los volúmenes, serán considerados los anchos medios obtenidos en el control geométrico.
- No serán consideradas las cantidades ejecutadas superiores a las indicadas en el proyecto.

ANEXO 1

Metodología para la determinación de la irregularidad longitudinal de pavimentos rígidos mediante el empleo del Perfilógrafo “California”

La irregularidad del pavimento será determinada mediante un perfilógrafo, en cada faja de tráfico, como se expone a continuación:

El índice de Perfil será determinado utilizando un perfilógrafo del tipo “California”. La fuerza motriz podrá ser manual o de unidad propulsora acoplada al conjunto. El perfilógrafo será movido longitudinalmente a lo largo del pavimento a una velocidad inferior a los 5 Km/h.

El levantamiento del perfil deberá ser interrumpido a 4,5 m de cada losa de puente o pavimento existente.

Los perfiles del pavimento, serán obtenidos a 90 cm de cada borde del pavimento y paralelamente a ellos, para pavimentos construidos con 3,65 m de ancho o menos.

Para pavimentos que fuesen construidos con anchos mayores a 3,65 m, el perfil será obtenido a 90 cm de cada borde o junta longitudinal planeada y paralelamente a ellas. Perfiles adicionales de verificación serán obtenidos a criterio de la Fiscalización.

En el inicio de la pavimentación, la superficie del pavimento deberá ser evaluada con un perfilógrafo tan pronto como el hormigón este curado lo suficiente como para permitir la operación del equipo. La membrana de curado damnificada deberá ser reparada por el Contratista, conforme a la orientación de la fiscalización.

La evaluación inicial será usada para ayudar al Contratista y a la Fiscalización a verificar la adecuación de los métodos y de los equipos utilizados.

Un Índice de Perfil medido diariamente será determinado para cada día de pavimentación. Un día de pavimentación es definido con un mínimo de 100 m de pavimento construido, en su ancho total, en un día. Si fuesen menos de 100 m de pavimento, la producción del día será acumulada con la producción del día siguiente. Si la media del Índice de Perfil excede de 240 mm/Km en una operación diaria de pavimentación, deberán ser suspendidas todas las actividades de hormigonado hasta que las acciones correctivas sean hechas por el Contratista.

Para la determinación de las secciones del pavimento donde los trabajos correctivos sean necesarios, el pavimento deberá ser evaluado en secciones de 100 m usando el Perfilógrafo. Dentro de cada sección de 100m de extensión, todas las áreas representadas por puntos altos conteniendo desvíos en exceso a 10mm en 7,62 m o menos deberán ser corregidas por el contratista.

Esos puntos son detectados automáticamente por el Perfilógrafo. En aquellas secciones donde las correcciones fuesen hechas, el pavimento deberá ser evaluado para verificar si esas correcciones producirán un Índice de Perfil de 240 mm/Km o menos.

Las correcciones deberán ser realizadas utilizando aparatos de corte aprobados por la Fiscalización. Martinetes u otros equipos de impacto no son permitidos. Los trabajos de corrección deberán ser efectuados por cuenta del contratista.

Donde las correcciones fuesen hechas, el Contratista deberá restablecer la textura de la superficie de modo de proporcionar una textura uniforme equivalente a la del pavimento vecino no corregido. Este trabajo debe ser hecho a cuenta del Contratista.

NORMA

Pavimento rígido – Cemento Portland - Especificación del material

Resumen

Este documento define la metodología a ser adoptada en la recepción del cemento Portland destinado a la preparación de hormigón para su uso en pavimentos rígidos en carreteras. Son también presentados los requisitos concernientes a las condiciones generales y específicas, inspección y muestreo y los criterios para la aceptación y rechazo de los materiales.

1. Objetivo

Establecer los requisitos mínimos exigibles en la recepción del cemento Portland destinado a la preparación del hormigón para su uso en pavimentos rígidos de carreteras.

2. Referencias normativas

Los documentos relacionados en este numeral sirvieron de base en la elaboración de esta Norma y contienen disposiciones que al ser citadas, forman parte integrante de esta norma.

Las ediciones presentadas son las que estaban en vigencia en la fecha de publicación del presente documento, se recomienda que siempre sean consideradas las ediciones más recientes si existiesen.

- a. **NTE INEN 152:2012** Cemento portland. Requisitos
- b. **NTE INEN 490:2011** Cementos hidráulicos compuestos. Requisitos.

3. Definiciones

3.1. Cemento Portland Común

Aglomerante hidráulico, obtenido por la molienda de clinker Portland, al que se añade durante la operación la cantidad requerida de una o más formas de sulfato de calcio, y pueden ser añadidos durante la molienda materiales carbonáticos, según el contenido especificado en la Tabla 1 (Anexo A).

3.2. Cemento Portland Compuesto

Aglomerante hidráulico obtenido por la molienda de clinker Portland, al que se añade durante la operación, la cantidad requerida de una o más formas de sulfato de calcio. Está permitida durante la molienda la adición de materiales puzolánicos, escoria de alto horno granulada y / o materiales carbonáticos, según los niveles especificados en la Tabla 1 (anexo A).

3.3. Cemento Portland de Alta resistencia Inicial

Aglomerante hidráulico obtenido por la molienda de clinker Portland, sin cualquier adición durante su molido, a no ser una o más formas de sulfato de calcio y materiales carbonáticos.

NOTA: El uso de este cemento en obras de pavimentación sólo debe realizarse para la reparación de pequeñas áreas, cuando se necesita una liberación al tráfico.

3.4. Cemento Portland de Alto Horno

Aglomerante hidráulico obtenido por la mezcla homogénea de clinker de cemento Portland con la adición durante la molienda de una o más formas de sulfato de calcio, escoria de alto horno granulada y materiales carbonáticos, molidos en conjunto o por separado.

3.5. Cemento Portland Puzolánico

Aglomerante hidráulico obtenido por la mezcla homogénea de clinker de cemento Portland con la adición durante la molienda de una o más formas de sulfato de calcio, materiales puzolánicos, y materiales carbonáticos, molidos juntos o por separado.

3.6. Otras definiciones

- Clinker Portland.- Producto constituido en su mayor parte por silicatos de calcio con propiedades hidráulicas.
- Materiales Carbonatados.- Materiales finamente divididos, constituidos en su mayor parte de carbonato de calcio (cantidad mínima $\text{CaCO}_3 = 85\%$).
- Escoria Granulada de Alto Horno.- Subproducto de la producción de arrabio en acero de alto horno, que se obtiene en forma granular por enfriamiento brusco, constituido en su mayor parte por silicatos y aluminosilicatos de calcio; su composición química debe obedecer la relación:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2} > 1$$

- Materiales puzolánicos.- Materiales silicios ó silicio aluminosos que por su poca o ninguna propiedad aglomerante, más que cuando finamente divididos en la presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente, para formar compuestos con propiedades cementicias. Son considerados materiales puzolánicos: las puzolanas naturales y artificiales, arcillas calcinadas, cenizas volantes y otros materiales.

4. Condiciones Generales

4.1. Embalaje

El cemento puede ser entregado en sacos, “container” o a granel y debe atender las siguientes condiciones.

4.1.1. Cemento en sacos

Los sacos de cemento deben tener impresos de forma totalmente visible en cada extremo, la sigla y clase correspondiente, con un mínimo de 60 cm de altura y no en el centro, la denominación normalizada, el nombre y la marca del fabricante, además de la fecha de fabricación.

Los sacos deben contener una masa neta de 50 Kg de cemento y no deben presentar ningún defecto al momento de la inspección y recepción (numeral 7).

4.1.2. Cemento en “Container” o a granel

La documentación que acompaña la entrega debe contener la sigla y clase correspondiente, la denominación normalizada, el nombre del fabricante, la masa neta de cemento entregado y la fecha de fabricación.

4.2. Etiquetado

Las siglas deben corresponder a cada denominación normalizada de los tipo de cemento:

- a. Cemento Portland Común
- b. Cemento Portland Compuesto
- c. Cemento Portland de Alta Resistencia
- d. Cemento Portland de Alto Horno
- e. Cemento Portland Puzolánico

4.3. Almacenamiento

Los sacos de cemento deben ser almacenados en lugares adecuados, secos y protegidos, para la preservación de la calidad, de forma que permitan el fácil acceso a la inspección y a la identificación de cada lote.

Las pilas deben ser colocadas sobre palets secos, no deben ser colocados más de 10 sacos y deben quedar distantes del suelo y de las paredes por lo menos a 30 cm .

Los silos para el almacenamiento del cemento deben ser herméticos, poseer filtros adecuados y un sistema que permita el fácil retiro del material.

La cantidad de silos debe ser dimensionada en función a las necesidades de cada servicio y de tal manera que permita en almacenamiento en separado de cementos de tipos diferentes.

5. Condiciones específicas

El cemento Portland, conforme a su tipo y clase, debe atender las exigencias indicadas en la Tabla 2 (Anexo B) y en la Tabla 3 (Anexo C).

6. Inspección y muestreo

- a. El comprador debe garantizar todas las facilidades y condiciones para una cuidadosa inspección y muestreo adecuado.
- b. Este muestreo se debe proceder de acuerdo con la ASTM C 183 - "El cemento Portland - Extracción y Preparación de muestra", salvo lo dispuesto en los incisos c, d, e.
- c. Cada lote deberá corresponder a un máximo de 30 t de cemento del mismo tipo, clase y marca, entregado el mismo día y manteniendo las mismas condiciones de almacenamiento.
- d. Cada lote debe coincidir con una muestra que consta de dos ejemplares de aproximadamente 25 kg cada uno, pre-mezclados. Cada uno de los ejemplares debe almacenarse en un recipiente hermético, cuyo material no cree reacción con el cemento, debidamente señalados. Una de las muestras debe ser enviada para la prueba y la otra debe mantenerse como testigo en un lugar seco y protegido, como evidencia ante posibles discrepancias de los resultados.
- e. La muestra debe ser identificada con la marca, tipo y clase de cemento, así como la fecha de recepción, fecha de fabricación y las condiciones de almacenamiento.
- f. Se deben obedecer los siguientes plazos, contados a partir de la fecha de toma de muestras:
 - Llegada de la muestra al laboratorio: 10 días
 - Presentación de los resultados de resistencia a compresión:

Edad de ensayo	Plazo máximo
1 día	11 días
3 días	13 días
7 días	17 días
28 días	38 días
91 días	101 días

7. Aceptación y rechazo

- a. El lote será aceptado automáticamente cuando se cumplan todos los requisitos de esta norma.
- b. Debe ser rechazado el cemento entregado en sacos rotos, mojados o dañados, así como el que se transporte a granel o en "contenedor" que muestre signos de contaminación.

- c. Cuando los resultados de las pruebas no cumplan con las condiciones especificadas en la presente Norma, el impasse debe ser resuelto mediante el uso de ejemplares reservados para una nueva prueba, que debe hacerse en un laboratorio elegido por consenso entre las partes.
- d. El cemento almacenado a granel o en "contenedor" de más de seis meses, o bolsas de más de tres meses, debe ser reensayado y debe ser rechazado si no se cumple con los requisitos de esta Norma.
- e. Se debe desechar los sacos que presenten variaciones de más del 2% en relación a los 50 Kg netos.
- f. Deben ser rechazados los lotes, cualquiera que sea su tamaño, si la masa promedio de los sacos, obtenidas a través del pesaje de 30 unidades, tomadas al azar, es inferior a 50 kg.

NORMA

Pavimento rígido – Pavimento de Hormigón de cemento Portland, compactado con rodillo– Especificación de Servicio

Resumen

Este documento define la metodología a ser adoptada en la construcción de pavimentos de hormigón de cemento Portland compactado con rodillo (hormigón arrodillado) para la construcción de pavimentos rígidos para carreteras. También se presentan los requisitos relativos a las condiciones específicas de ejecución, inspección, gestión ambiental y los criterios aceptación y rechazo.

1. Objetivo

Esta norma fija las condiciones generales y el método constructivo para la ejecución del pavimento de hormigón de cemento Portland, compactado con rodillo (HCR), para carreteras.

2. Referencias normativas

Los documentos mencionados en esta sección han servido de base para el desarrollo de esta norma y contienen disposiciones que, mediante su referencia en el texto, se convierten en parte integrante de la presente Norma. Los temas presentados son los que estaban en vigencia en la fecha de esta publicación, se recomienda que siempre sean consideradas las últimas ediciones, en su caso.

- a. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 309: liquid membrane-forming compounds for curing concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978.
- b. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 42-77: obtaining and testing drilled cores and sawed beams of concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- c. _____. ASTM C 260-77: air-entraining admixture for concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- d. _____. . ASTM C 309-74: liquid membrane-forming compounds for curing concrete. In: _____. 1978 Annual book of ASTM standards. Philadelphia, Pa., 1978. v. 14.
- e. NTE INEN 694:2010 Hormigón y áridos para elaborar hormigón. terminología.
- f. NTE INEN 862:2011 Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.

- g. NTE INEN 1 573:2010 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico.
- h. NTE INEN 1 576:2011 Hormigón de cemento hidráulico. Elaboración y curado en obra de especímenes para ensayo.
- i. NTE INEN 1 578:2010 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación del asentamiento.
- j. INEN 1 762:1990-06 Hormigones. Definiciones y terminología
- k. NTE INEN 1 763:2010 Hormigón de cemento hidráulico. Muestreo.
- l. NTE INEN 1 855-1:2001 Hormigones. hormigón premezclado. Requisitos
- m. NTE INEN 1 855-2:2002 Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos.
- n. NTE INEN 2 504:2009 Mortero y hormigón. Determinación del cambio de longitud del mortero y del hormigón endurecidos.
- o. NTE INEN 2 528:2010 Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuartos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos.
- p. NTE INEN 2 535:2010 Cemento hidráulico, mortero y hormigón. uso del aparato para la determinación del cambio de longitud en especímenes endurecidos.
- q. NTE INEN 2554:2011 Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios).
- r. INEN 973:1983-03 Agua potable. Determinación del pH.
- s. INEN 974:1983-03 Agua potable. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA.
- t. INEN 976 Agua potable. Determinación de cloruros
- u. NTE INEN 695:2010 Áridos. Muestreo
- v. NTE INEN 696:2011 Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- w. INEN 870:1982 Áridos para hormigón examen petrográfico
- x. NTE INEN 699:2011 Áridos. Determinación de partículas livianas.
- y. NTE INEN 855:2010 Áridos. Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino para hormigón.

3. Definiciones

3.1. Sub-base

Las losas de hormigón deben estar vaciadas sobre un material de sub-base, ejecutado con un material y espesor definido en el proyecto, que no deberá presentar expansión ni ser bombeable, asegurando un apoyo uniforme de las losas en todo instante.

3.2. Hormigón compactado con rodillo

Hormigón simple para el empleo del pavimento, como revestimiento y base, de consistencia bastante seca (cero slump), permitiendo la compactación con rodillos compactadores o equipos similares.

4. Condiciones generales

4.1. Hormigón para pavimento

El hormigón fresco para pavimento es un hormigón de consistencia seca, compactado por medio de rodillos compactadores (hormigón compactado con rodillo), no armado, que desempeña simultáneamente las funciones de base y de revestimiento. Su composición debe ser determinada por el método racional, de modo de obtener con los materiales disponibles, una mezcla fresca, de trabajabilidad adecuada, para ser compactada con rodillo vibrador liso, obteniendo un producto endurecido con grado de compactación y resistencia a compresión exigidos en esta Norma.

4.2. Aceptación del material

La recepción y el almacenamiento en la obra del cemento Portland, áridos y aditivos, se debe hacer según lo recomendado en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITOS**, **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**, **NTE INEN 872:2011 ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS** y **INEN 504:1987-07 CEMENTOS HIDRAULICOS. ADITIVOS DE PROCESO. REQUISITOS**.

5. Condiciones específicas

5.1. Material

5.1.1. Cemento Portland

Los tipos de cemento Portland que se consideran apropiados para la pavimentación con hormigón en masa son los descritos en las normas **NTE INEN 152:2012 CEMENTO PORTLAND. REQUISITO** y **NTE INEN 490:2011 CEMENTOS HIDRÁULICOS COMPUESTOS. REQUISITOS**

5.1.2. Agregados

Los agregados fino y grueso deberán cumplir respectivamente las exigencias de la norma **NTE INEN 872:2011 ÁRIDOS PARA HORMIGÓN. REQUISITOS** y **INEN 870:1982 ARIDOS PARA HORMIGIÓN EXAMEN PETROGRAFICO**. Se debe dar especial atención al material muy fino en los agregados (material que pasa el tamiz No. 200), cuya cantidad deberá estar dentro los límites establecidos en la granulometría de la mezcla de

agregados, indicada en el inciso “e” del numeral 5.1.9. Por tanto será conveniente para este hormigón el empleo de arena artificial (polvo de piedra).

5.1.3. Agua

El agua deberá estar exenta de materia orgánica u otras sustancias perjudiciales a la hidratación del cemento, debiendo cumplir con los límites indicados a continuación.

pH	Entre 5 y 8
Materia orgánica, expresado en oxígeno consumido	3 mg/l
Residuo sólido	5000 mg/l
Sulfatos, expresado en iones SO ₄	600 mg/l
Cloruros, expresado en iones C ₁	1000 mg/l
Azúcar	5 mg/l

5.1.4. Aditivo

En el hormigón compactado con rodillo podrán ser empleados en caso necesario, aditivos retardadores de fraguado, que deberán cumplir con la norma ASTM C 1017.

La dosificación del aditivo deberá, en principio, ser aquella recomendada por el fabricante, en función de la temperatura ambiente, se puede alterar la cantidad en más o menos, dependiendo de los resultados obtenidos, el tipo de cemento empleado y de otras condiciones. Fijada la cantidad del aditivo en el inicio del hormigonado, esta no debe ser alterada, a menos que existan cambios significativos en las características de los materiales.

5.1.5. Materiales para el curado del hormigón.

Los materiales para el curado del hormigón pueden ser agua, tejido de yute, cáñamo o algodón, láminas de plástico, láminas de papel alquitranado o asfaltado y compuestos químicos líquidos capaces de formar películas plásticas. Las láminas de plástico y de papel alquitranado deberán tener las mismas características requeridas para su uso como material aislante, tal como se define en la sección 5.1.8. Los productos químicos líquidos deben ser en base de PVA o polipropileno, tener una pigmentación blanca o clara y cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 309. Los tejidos deben estar limpios, ser absorbentes, sin agujeros, y cuando se sequen, pesar un mínimo de 200 g/m².

5.1.6. Película aislante e impermeabilizante.

Como impermeabilización y película aislante entre la losa de pavimento y la sub-base se puede utilizar:

- a. Una membrana de plástico, flexible, con un espesor entre 0,2 mm y 0,3 mm;
- b. Papel del tipo "kraft" cubierto de alquitrán con gramaje mínimo de 200 g/m², que contenga una cantidad de hormigón asfáltico de petróleo o alquitrán no menor a 60 g/m²;
- c. Pintura bituminosa, fabricada con emulsiones asfálticas catiónicas de ruptura media, con una tasa de aplicación entre los límites de 0,8 l/m² y 1,6 l/m².

5.1.7. Material para sello de juntas.

El material para sello de juntas podrá ser moldeado en calor, frío o premoldeado y deberá ser de producción industrial.

5.1.8. Material para el relleno de juntas de expansión.

Se pueden emplear fibras trabajadas, corcho, goma esponjosa o poliestireno, debidamente impermeabilizado, como material de relleno en la parte inferior de las juntas de dilatación.

5.1.9. Hormigón

El hormigón compactado con rodillo deberá tener su composición estudiada en laboratorio, con los materiales disponibles en obra, determinando la humedad que permita obtener el grado de compactación y la resistencia a compresión exigidas en esta Norma, con el equipo de compactación que será utilizado en la ejecución del pavimento.

El hormigón deberá presentar las siguientes características:

- a. Resistencia característica a la compresión (f_{ck}) a los 28 días definidos en el proyecto, obtenida de probetas moldeadas de la manera indicada en el numeral 7.2.3
- b. La cantidad de cemento deberá ser el necesario para cumplir con la resistencia característica del proyecto, más no debe ser menor a 200 Kg/m³.
- c. Índice VeBe, determinado conforme a la norma ASTM C1170 entre 25 segundos y 35 segundos.
- d. La dimensión máxima característica del agregado en el hormigón no deberá exceder el menor valor entre: 1/3 del espesor del pavimento o 50 mm.
- e. La granulometría de la mezcla de agregados deberá cumplir con la siguiente faja

$$y = \left(\frac{d}{D_{max}} \right)^{\frac{1}{3}} * 100$$

Donde:

- y: Porcentaje que pasa.
d: Abertura del tamiz, en mm.
D_{max}: Tamaño máximo característico del agregado en el hormigón, en mm.

Para el agregado de tamaño máximo de 38 mm, la faja granulométrica de la mezcla debe ser la siguiente:

Abertura del tamiz (mm)	Porcentaje que pasa (%)
38	100
25	92 – 82
19	84 – 74
12,5	74 – 64
9,5	68 – 58
6,3	60 – 50
4,8	55 – 45
2,4	45 – 35
1,2	37 – 27
0,6	30 – 20
0,3	25 – 15
0,15	21 – 11
0,075	18 – 8

f. El grado de compactación en relación a densidad teórica del HCR deberá ser:

- $GC \geq 98\%$.

Nota: La densidad máxima teórica (DMT) del HCR es la suma de los pesos de los materiales, incluyendo agua y aditivos, para la obtención de 1 m³ de este hormigón. En este cálculo se debe considerar como nulo el índice de vacíos en el HCR, después del compactado.

5.2. Equipamiento

Además del equipo necesario para la explotación de canteras y para la extracción y trituración del material, son indicados los siguientes:

- Planta central de dosificación, humidificación y mezclado del material, que podrá ser continua o intermitente.
- Equipo mecánico para esparcir el hormigón; pudiendo ser empleado un tractor tipo D4 o moto niveladora, en cuya hoja o superficie de compactación del hormigón deberá colocarse en sus extremos aletas laterales, para evitar la segregación del hormigón durante el esparcido.
- Rodillos compactadores autopropulsados del tipo liso vibratorio.
- Plancha vibratoria o sapo mecánico.
- Camión Volqueta.
- Placas de acero o moldes para la ejecución de las juntas transversales y longitudinales de construcción.

- g. Dispositivos (placas de metal) para la ejecución de juntas transversales de contracción del tipo inducidas.
- h. Pequeñas herramientas complementarias como palas, azadones y reglas.
- i. Martinete neumático para la eventual ejecución de juntas transversales y longitudinales de construcción.
- j. Máquina para aserrar juntas con disco diamantado, con diámetro y espesor apropiados, que permitan hacer la ranura y el reservorio del sellador con las dimensiones especificadas en el proyecto.

5.3. Ejecución

5.3.1. Mezclado

La capacidad y el tipo de equipamiento de producción del hormigón serán determinados en función al volumen del hormigón para la obra y de la disponibilidad de la maquinaria y mano de obra.

Los agregados empleados en el hormigón, normalmente poseen tres gradaciones de dimensiones máximas distintas y deberán ser almacenados convenientemente, de modo que cada una ocupe un silo de la planta, no siendo permitido el mezclado previo de los materiales. Cuando se establezca la dosificación, cada una de las fracciones deberá presentar homogeneidad granulométrica.

Las fracciones serán combinadas encuadrando la mezcla final en la faja granulométrica, determinada en el estudio de las cantidades de los componentes del hormigón y establecidas en el inciso "e" del numeral 5.1.9. Los silos deberán contener dispositivos que protejan a los materiales de la lluvia. La humedad de los agregados, principalmente del agregado fino, deberá ser medida cada 2 horas.

5.3.2. Transporte

El transporte del hormigón deberá ser efectuado por medio de equipamiento que no provoque su segregación.

Los materiales mezclados deberán ser protegidos con lonas, para evitar la pérdida de humedad durante el transporte al lugar de colocado.

5.3.3. Esparcido

Podrá ser ejecutado manualmente o mecánicamente, empleándose en este último, distribuidores comunes de agregados o tractores de plancha frontal o moto niveladoras que permitan obtener una mejor nivelación y acabado superficial de la capa. El espesor suelto de la capa deberá ser tal que, después de su compactado, sea alcanzado el espesor definido en el proyecto del pavimento.

Inmediatamente antes del esparcido, la superficie de la sub-base deberá ser cubierta con una película aislante e impermeable definida en el numeral 5.1.6.

5.3.4. Compactación

La compactación deberá ser efectuada preferencialmente por medio de rodillos vibratorios, siendo utilizadas planchas vibratoras en la compactación de esquinas y bordes. El tiempo transcurrido entre la adición de agua para mezclado y el terminado del compactado, deberá ser de no más de dos horas.

El compactado deberá ser iniciado en los bordes del pavimento, debiendo el rodillo en las pasadas siguientes, recubrir por lo menos el 25 % del ancho de la faja anteriormente compactada.

El espesor de la capa compactada nunca deberá ser inferior a tres veces la dimensión máxima del agregado en el hormigón, pudiendo admitirse un espesor hasta 30 cm desde que los ensayos de densidad demuestren la homogeneidad de todo el espesor de la capa.

La humedad del HCR, deberá ser tal que se obtenga en el Índice de VeBe 25 ± 5 segundos en el ensayo ASTM C1170.

El grado de compactación del hormigón, medido en la losa deberá ser igual o superior al 98% de la densidad máxima teórica del HCR.

5.3.5. Juntas de construcción y retracción

Al final de cada jornada de trabajo será ejecutada una junta transversal de construcción, en el lugar recién compactado, con cara vertical.

Deberá ser efectuado un plano para la abertura de juntas por medio de aserrado, procediéndose al corte en un plazo máximo de 6 a 48 horas, luego de la finalización del hormigonado.

En el caso que sea necesario, las juntas longitudinales y eventualmente las juntas transversales, serán construidas por medio de la colocación de chapas metálicas revestidas con laminas de plástico y serán retiradas después de concluir con el vibrado y alisado del HCR, dejando la lamina de plástico inmerso en el hormigón. La cara de la junta transversal de construcción deberá ser humedecida antes del colocado de la capa adyacente.

5.3.6. Curado

La superficie del hormigón compactado con rodillo deberá ser protegida contra la evaporación inmediatamente después de terminada la compactación mediante la aspersion continua de agua o la colocación de mantas de curado.

Durante el periodo de curado deberá ser evitado el tráfico o la presencia de cualquier equipo, hasta que el pavimento tenga la resistencia compatible con la solicitud de carga.

5.3.7. Sellado de juntas

El sellado de juntas deberá ser efectuado en lugares determinados en el proyecto, debiendo ser cumplidas las especificaciones en cuanto al material y la forma de compartimiento para el sellado. El material de sello solo podrá ser aplicado cuando las juntas estén limpias y secas.

Para esta limpieza deberán ser utilizadas herramientas con puntas que penetren en la ranura sin dañarla, también cepillos de alambre duro y chorro de aire comprimido.

El material de sello, a ser colocado, debe rellenar la junta en la cantidad suficiente de modo que no rebalse y no se desparrame sobre la superficie. Cualquier exceso deberá ser rápidamente removido y la superficie limpia de todo material desparramado.

6. Manejo ambiental

Los cuidados a ser considerados, verificando la preservación del medio ambiente, en el transcurso de las operaciones destinadas a la ejecución del pavimento rígido están especificados en los siguientes incisos:

- a. En la exploración de los bancos de préstamo
- b. Cumplimiento a las recomendaciones enunciadas en la presente especificación
- c. Para el caso del material pétreo (agregado grueso), deberán ser verificados los cuidados en la exploración de acuerdo con las disposiciones siguientes:
 - El material solamente será aceptado después de que el ejecutante presente la licencia ambiental de operación de la cantera para ser archivada la copia de la licencia junto al libro de órdenes de la obra.
 - Evitar la localización de la cantera y de las instalaciones de chancado en áreas de preservación ambiental.
 - Planear adecuadamente la exploración de la cantera de modo de minimizar los daños inevitables durante la explotación y posibilitar la recuperación ambiental después de retirarse todos los materiales y equipamientos.
 - No provocar la quema como forma de desbroce o limpieza del lugar.
 - Las vías de acceso deberán seguir las recomendaciones de las especificaciones técnicas del proyecto
 - Deberán ser construidas junto a las instalaciones de chancado, fosas de sedimentación para la retención de polvo de piedra eventualmente

producido en exceso por el lavado de los áridos, evitando su descarga a cursos de agua.

- En caso de que sea suministrado por terceros se debe exigir la documentación que acredite el cumplimiento de la regulación de las instalaciones, si como su operación, junto a un órgano competente.

d. Durante la ejecución

- Debe prohibirse el tráfico desordenado de los equipos en los caminos de servicio para evitar daños al medio ambiente.
- Deben ser localizadas las áreas destinadas al estacionamiento y de los servicios de mantenimiento de los equipos, de manera que, los residuos de lubricantes y/o combustibles no sean arrastrados por cursos o corrientes de agua.

7. Inspección

La inspección del trecho (lote) del pavimento consistirá en los siguientes controles:

7.1. Control del material

En el control de recepción de los materiales deberán ser adoptados los procedimientos descritos en el numeral 5.1 de la presente Norma.

7.2. Control de ejecución

Realizar en el control del pavimento los siguientes ensayos:

7.2.1. Cantidad de humedad del hormigón fresco

El control de humedad del HCR en obra podrá ser efectuado mediante la determinación del Índice VeBe, o en todo caso por la determinación de la cantidad de humedad del HCR.

La determinación del Índice VeBe deberá ser hecha cada vez que fuesen moldeadas probetas de ensayo para resistencia a compresión.

El Índice VeBe deberá estar comprendido entre 25 segundos y 35 segundos, a menos que en los estudios de cantidades de los componentes sean fijados otros valores.

La determinación de la cantidad de humedad del HCR deberá ser efectuada en cada 100 m³ de hormigón producido, debiendo ser colectada una muestra inmediatamente antes de la compactación.

La variación de la cantidad de humedad, en relación a la humedad definida en el estudio de las cantidades, no deberá ser mayor al 1%.

7.2.2. Granulometría de la mezcla de agregados

Deberá ser realizada cada 2500 m² de hormigón, con un mínimo de una determinación por día, de acuerdo al los enunciados de la norma ASTM C 136.

7.2.3. Resistencia a compresión

A cada intervalo o trecho de 2500 m² de hormigón deberán ser colectadas aleatoriamente y de amasadas diferentes, mínimo 6 muestras de hormigón para fundirlas o vaciarlas en moldes convirtiéndose en probetas de ensayo.

Las probetas tendrán 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, se colocará en la parte superior del molde un anillo de 15 cm de altura. Las probetas serán moldeadas en tres capas con espesores aproximadamente iguales, siendo cada capa compactada por medio de un compactador tipo “Hilti” o similar.

El tiempo de compactación de cada capa dependerá de cada tipo de equipo empleado en la compactación, pudiendo variar entre 30 segundos a 1 minuto. Después de terminar el moldeo deberá ser retirado el anillo encima del molde y remover el hormigón encima del borde superior del molde, teniendo cuidado de no dañar la compactación realizada en el extremo superior de la probeta.

Posterior al moldeo, las probetas deberán ser cubiertas por un paño húmedo por un tiempo mínimo de 24 horas; después serán desmoldadas y llevadas para su curado a una cámara húmeda o sumergidas en un tanque de agua saturada con cal, hasta la edad del ensayo a compresión. Este ensayo será realizado de acuerdo con la norma ASTM C 39.

7.2.4. Grado de compactación

La determinación del grado de compactación deberá ser efectuada cada 10 metros de pista e inmediatamente después de la compactación del hormigón, determinando la masa específica en esos puntos, cumpliendo siempre el siguiente orden: borde derecho, eje, borde izquierdo, borde derecho, etc. La determinación en los bordes debe ser efectuado a 60 cm de ellos.

Para la determinación del grado de compactación deberán estas masas específicas ser comparadas con la masa específica teórica de dosificación del hormigón aplicado en el trecho o segmento, definida en el inciso “F” del numeral 5.1.9.

Los valores obtenidos en campo para la masa específica aparente, deberán ser multiplicados por 0,97 para considerar variaciones del método.

7.2.5. Control geométrico

Para la inspección durante la ejecución de cada trecho o segmento de pavimento definido, se procederá a reubicar y nivelar el eje y los bordes, mediante puntos de control con un espaciamiento cada 20m a lo largo del eje, para verificar si el ancho y el espesor del pavimento están de acuerdo con el proyecto.

La verificación del espesor del pavimento podrá ser efectuada en los mismos huecos que se dejaron al extraer las muestras para el control de la compactación (ver numeral 7.2.) o de medidas topográficas altimétricas por nivelación del eje y bordes cada 20 m, antes y después de las operaciones de esparcido y compactado.

7.2.6. Control del acabado superficial

Después de la conclusión de la inspección de cada tramo y de la autorización para liberarlo al tráfico, se deberá evaluar su comodidad y suavidad al rodaje, conforme a la norma de Evaluación Subjetiva de Pavimentos Rígidos

En el informe de esta evaluación se deberá atribuir al tramo inspeccionado, un concepto sobre la condición general de la estructura, el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad de la superficie, resistencia al deslizamiento, el potencial de hidroplaneo y otros.

Según estos conceptos se calificará al pavimento con una nota entre 0 y 100, siendo aprobados según estos aspectos, solamente los tramos o segmentos que hayan obtenido una nota igual o superior a 40.

En el caso que el tramo no se haya aceptado, la superficie del pavimento deberá ser reparada, en el caso de no ser posible esto, los tramos considerados pésimos en su acabado deberán ser demolidos y reconstruidos.

7.3. Aceptación y rechazo

7.3.1. Resistencia del hormigón

La resistencia característica estimada del hormigón en el trecho inspeccionado a tracción por flexión o a compresión axial se determinará a partir de las expresiones:

$$f_{ck,est} = f_{c28} - k s$$

Donde:

- $f_{ck,est}$ = Valor estimado de la Resistencia característica del hormigón a compresión axial.
 f_{c28} = Resistencia media del Hormigón a compresión axial a la edad de 28 días.
 s = Desviación estándar de los resultados

k = Coeficiente de distribución de Student
 n = Número de ejemplares

El valor del coeficiente k es función de la cantidad de ejemplares del lote y se obtiene de la tabla 1.

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,863	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

El pavimento será aceptado automáticamente cuando la resistencia del hormigón cumpla con las siguientes condiciones:

$$f_{ck, est} \geq f_{ck}$$

Cuando no hubiese aceptación automática, deberán ser extraídos en el trecho o segmento, en puntos uniformemente espaciados, un mínimo de 6 probetas de 15 cm de diámetro, de acuerdo a la norma ASTM C 42, las cuales serán ensayadas respectivamente a compresión axial (ASTM C 42), determinándose la resistencia característica estimada $f_{ck, est}$.

En el caso que en el reensayo se tenga $f_{ck, est} \geq f_{ck}$ el trecho será aceptado, desde que el menor valor obtenido sea superior a $0,85 f_{ck}$.

Caso contrario en común acuerdo entre las partes interesadas, puede ser tomada una de las siguientes decisiones:

- El trecho será demolido y reconstruido, o entonces
- El trecho será reforzado

7.3.2. Grado de compactación

El valor característico estimado del grado de compactación del pavimento, en el trecho inspeccionado, será dado por:

$$GC_{est} = \overline{GC} - ks$$

Donde:

GC_{est} = Valor estimado del grado de compactación característico
 GC = Grado medio de compactación
 s = Desviación estándar
 k = Valor en función del número de determinaciones en el trecho inspeccionado, conforme a la tabla 2.

Tabla 2. Muestreo variable														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01

El trecho será automáticamente aceptado cuando:

$$GC_{est} \geq 98\%$$

Y no se tenga ningún valor individual inferior a 98%.

Cuando no hubiese aceptación automática, deberá ser realizado en el trecho no aceptado, un mínimo de seis determinaciones del grado de compactación, en lugares distintos y bien distanciados entre sí, determinando el valor característico GC_{est} .

En el caso que en el reensayo se obtenga $GC_{est} \geq 98\%$, el trecho será aceptado, si el menor valor obtenido es superior a 98%.

Caso contrario, el trecho deberá ser rechazado hasta que se consigan las condiciones de aceptación anteriormente citadas.

7.3.3. Control geométrico

Para la inspección durante la ejecución de cada tramo de pavimento, se procederá a reubicar y nivelar el eje y los bordes, mediante puntos de control espaciados cada 20m a lo largo del eje, para verificar si el ancho y espesor del pavimento están de acuerdo con el proyecto.

Para la verificación del espesor, esta reubicación y nivelación deberá ser realizada en los mismos puntos, tanto en la parte superior de la sub-base (antes del hormigonado) como en la parte superior del hormigón (después de su ejecución).

El tramo o segmento de pavimento será aceptado cuando:

- La variación del ancho de la losa fuese inferior a $\pm 10\%$, en relación a la definida en el proyecto.
- El espesor medio del pavimento fuese igual o mayor que el espesor de diseño y la diferencia entre el valor máximo y mínimo del espesor medio obtenido sea máximo de 1 cm.
- En caso que el espesor medio del pavimento sea inferior al del proyecto, deberá ser realizada la revisión de este, adoptando para este tramo el espesor medio determinado y la resistencia característica estimada para el hormigón.
- En el caso que el tramo no fuese aceptado, las partes interesadas podrán tomar una de las decisiones citadas en el numeral 7.4.

7.3.4. Control del acabado superficial

Después de la conclusión de la inspección de cada tramo y de la autorización para liberarlo al tráfico, se deberá evaluar su comodidad y suavidad al rodaje, conforme a la norma Evaluación Subjetiva de Pavimentos Rígidos.

En el informe de esta evaluación se deberá atribuir al tramo inspeccionado, un concepto sobre la condición general de la estructura, el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad de la superficie, resistencia al deslizamiento, el potencial de hidroplaneo y otros.

El informe de esta evaluación deberá calificar al tramo inspeccionado, por medio de un concepto sobre la condición general de la estructura y el comportamiento del pavimento, la evaluación de los aspectos de integridad, capacidad y regularidad superficial, resistencia al derrape, y el potencial al derrape en la vía con agua y otros.

Según estos conceptos se calificará al pavimento con una nota entre 0 y 100, siendo aprobados según estos aspectos, solamente los tramos o segmentos que hayan obtenido una nota igual o superior a 40.

En el caso que el tramo no se haya aceptado, la superficie del pavimento deberá ser reparada, en el caso de no ser posible esto, los tramos considerados pésimos en su acabado deberán ser demolidos y reconstruidos.

8. Criterios de medición

Los servicios conformes serán medidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. El pavimento será medido en metros cúbicos de hormigón, conforme a la sección transversal del proyecto. No serán motivos de medición la mano de obra, materiales, equipamiento, transportes, colocado de la mezcla, compactación, acabado, curado e impuestos.
- b. No serán consideradas las cantidades ejecutadas superiores a las indicadas en el proyecto.

NORMA

Pavimento Rígido – Inspección Visual – Procedimiento

Resumen

Este documento define la metodología a ser adoptada en la realización de la inspección visual en pavimentos rígidos de hormigón de cemento portland con el propósito de evaluar las características de la pista de rodado.

1. Objetivo.

Esta norma tiene por objetivo establecer los procedimientos y criterios para la inspección visual de pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland, de tal manera de permitir su evaluación.

2. Referencias normativas y bibliográficas

Los documentos relacionados en este numeral sirvieron de base para la elaboración de la presente Norma la que contiene las disposiciones respectivas. Las ediciones mostradas son las que estaban en vigencia en la fecha de publicación, se recomienda que siempre sean consideradas las ediciones más recientes, si existiesen.

2.1. Referencia bibliográfica

SHAHIN, M. Y., KOHN. S.D. Development of a pavement condition rating procedure for roads, street, and parking lots. Champaign, III: CERL, 1979. 2v.

3. Definiciones

3.1. Grado de severidad del defecto.

Clasificación del defecto de un pavimento, de acuerdo con su dimensión, condición o con su influencia en el confort, seguridad y circulación del tráfico.

3.2. Índice de condición del pavimento (ICP)

Medida de condición estructural del pavimento, capaz de proveer al Ingeniero de pavimentos, informaciones para la verificación de las condiciones de la carretera y para el establecer políticas de mantenimiento, prevención y recuperación.

4. Condiciones generales

Los datos obtenidos en una rigurosa inspección, después serán evaluados y estudiados con las informaciones contenidas en el registro documental de una carretera, posibilitando la determinación de la condición estructural y del comportamiento del pavimento rígido, también para el establecimiento de prioridades y para establecer criterios para su mantenimiento y recuperación.

Las siguientes fases de inspección de pavimento rígido constan de:

- a. Definición de las sectores de la carretera
- b. Determinación del tipo de inspección
- c. Levantamiento de los defectos visibles
- d. Catalogación de los datos recolectados en la inspección

5. Condiciones específicas

5.1. Definición de los sectores de la carretera

5.1.1. Atribución

La definición de los sectores de la carretera a ser inspeccionados es de competencia del Ingeniero responsable para la inspección.

5.1.2. Criterios

La elección de los sectores deberá estar basada en:

- a. Datos básicos de campo
- b. Informaciones de gabinete o del registro documental
- c. Indicios que demuestren la necesidad de inspección en determinados sectores

5.1.3. Preparación del sector para inspección

Un sector elegido para la inspección deberá ser dividido en partes denominadas muestras.

5.2. Determinación del tipo de inspección

- a. Inspección en todo el sector.
- b. Inspección por muestreo.

5.2.1. Inspección en todo el sector.

Es la inspección realizada en todas las muestras de un sector. Por ser muy costosas en términos de personal y de tiempo, este tipo de inspección solo deberá ser ejecutado en caso de una carretera de pequeña extensión o cuando se trate del establecer contratos de mantenimiento o de reparación, pues, existe la necesidad, en este último caso, del levantamiento exacto de la cantidad, de los tipos y de la extensión de los defectos existentes en el sector.

5.2.2. Inspección por muestreo

Es la inspección en apenas un determinado número de muestras de un sector; presenta mayor economía de personal y recursos, por tanto, se realiza con mayor rapidez.

5.2.3. Determinación del número mínimo de muestras

Para que el Ingeniero responsable de la inspección obtenga un elevado grado de confianza en el resultado de la inspección por muestreo, es necesario establecer un número mínimo de muestras a ser inspeccionadas.

Estadísticamente, se determina a este número (n) por medio de la ecuación que se presenta abajo. En función del número total de muestras (N) del sector con un error admisible ($\pm e$) y de la desviación estándar (S) de la media de los resultados individuales del índice de condición del pavimento:

$$n = \frac{NS^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + S^2}$$

Esa ecuación garantiza el 95% de confianza de no cometer errores en la evaluación basada en los datos recolectados en la inspección y estará dentro de la banda admisible ($\pm e$).

En el anexo A son presentadas las curvas que permiten la obtención inmediata de (n) para un error admisible (e) de ± 5 conociendo previamente los valores (N) y (S).

Se recomienda para una buena estimación, adoptar inicialmente valores de (S) entre 8 y 14 considerando a S=10.

Es aconsejable también que sea efectuado el cálculo de la desviación estándar (S) para las primeras muestras inspeccionadas, con el objetivo de verificar el valor inicialmente adoptado.

El número mínimo de las muestras (n) a ser inspeccionados en un sector nunca deberá ser menor que 5 (cinco).

5.2.4. Selección de las muestras

La selección de las muestras para inspección debe ser aleatoria. El Ingeniero responsable debe determinar el método que garantice esa aleatoriedad.

Para obtener una mayor representatividad de la muestra escogida aleatoriamente, se recomienda que, cuando el número (N) de muestras de un sector fuese igual o mayor que 10, sea utilizado el método de “muestreo sistemático” descrito en el anexo B.

5.3. Levantamiento de defectos visibles

5.3.1. Actividades Preliminares

Antes de proceder al levantamiento de los defectos, deben ser tomadas las siguientes medidas:

- a. Realización de un reconocimiento in situ, de modo de identificar el sector y las muestras seleccionadas para la inspección.
- b. Planificación de la ejecución de inspección, debiendo constar el cronograma de trabajo, el número necesario de equipos para la inspección y la distribución de muestras a los equipos.
- c. Contactos con las autoridades responsables de la operación de la carretera, para que será garantizada la seguridad de los equipos de inspección y la menor interferencia posible con el flujo de tráfico.
- d. Inspección del material necesario para el manejo de los servicios

5.3.2. Ejecución

Las muestras que componen el sector seleccionado, serán identificadas y demarcadas con tinta, deben ser cuidadosamente inspeccionadas, de modo que se permita obtener las siguientes informaciones.

- a. Tipos de Defectos. Cada defecto debe ser identificado y descrito y documentos bibliográficos referenciados en el numeral 2.2.
- b. Grado de Severidad. Cada defecto debe ser clasificado de acuerdo con su grado de severidad conforme al anexo E.
- c. Número de losas afectadas por un determinado tipo de defecto en la muestra. Los criterios para el conteo también se encuentran en el anexo C.

Para que estos datos sean precisos es necesario que antes de evaluar un defecto, el área que lo contiene quede completamente limpia. De ese modo, serán más confiables las medidas y las evaluaciones que se hicieren necesarias. Para la identificación de las losas que presentan el defecto definido como “losa suelta o placa bailarina” es necesario observarlas

bajo la acción del tráfico, siendo que la evaluación de este tipo de defecto solamente deberá ser efectuada en estas condiciones.

En el caso que no haya disponibilidad de tiempo al término de la inspección de cada muestra, el equipo hará que un vehículo simulador de tráfico recorra toda la muestra aplicando carga directamente sobre cada una de las losas.

5.3.3. Levantamiento de los defectos atípicos

Se considera un defecto atípico cuando aquel fuese poco común en el sector y ocurre generalmente en los pasos de nivel, canales de drenaje, cajas de inspección, alcantarillas o en cualquier otra interrupción del pavimento.

Cuando el defecto atípico ocurre en una muestra seleccionada ésta pasará a ser clasificada como “adicional”.

Para cada muestra adicional será escogida en el sector, aleatoriamente, una nueva muestra para ser inspeccionada.

Si fuesen detectados defectos atípicos en las muestras no seleccionadas, esos defectos serán levantados y las muestras que los convierten serán clasificadas como adicionales.

5.4. Catalogación de los datos colectados en la inspección.

Los datos recolectados en la inspección deberán ser puestos en consideración del jefe del equipo de la inspección en la “ficha de inspección”, conforme al anexo G.

6. Medios Necesarios

6.1. Personal

Para cada sector a ser inspeccionado es necesario formar un grupo de inspección que deberá ser liderado por un ingeniero.

Cada grupo de inspección será compuesto por equipos, que estarán bajo la supervisión de un auxiliar directo del ingeniero, designado como “auxiliar de grupo”.

Cuando sea necesario existirá en el grupo controladores de tráfico.

Cada equipo de inspección deberá tener un jefe y dos auxiliares.

Los auxiliares de grupo y los jefes de equipo deberán estar familiarizados con los procedimientos y criterios definidos en esta norma, también deben estar capacitados para identificar y clasificar los diversos tipos de defectos.

El jefe de equipo de inspección deberá estar apto para conducir la inspección de la muestras, levantando y registrando en los modelos propios todos los datos necesarios para la evaluación

6.2. Materiales

Cada equipo deberá disponer de:

- a. Material de limpieza: escoba de acero, cepillos, solventes, etc.
- b. Material de identificación: tinta, tiza, crayón, etc.
- c. Instrumentos de medida: regla, escuadra milimétrica, nivel, cinta métrica.

Cuando haya controladores de tráfico, el grupo deberá disponer de equipos apropiados de señalización y de bloqueo o desvío de tráfico.

Cada grupo deberá disponer de un automóvil y de máquinas fotográficas, pues los defectos que merezcan una evaluación más precisa a ser hecha en gabinete, deben ser fotografiados.

Los defectos que fuesen fotografiados deben ser marcados y realzados con la utilización de colorantes para mejor definición de sus características.

6.3. Registro documental.

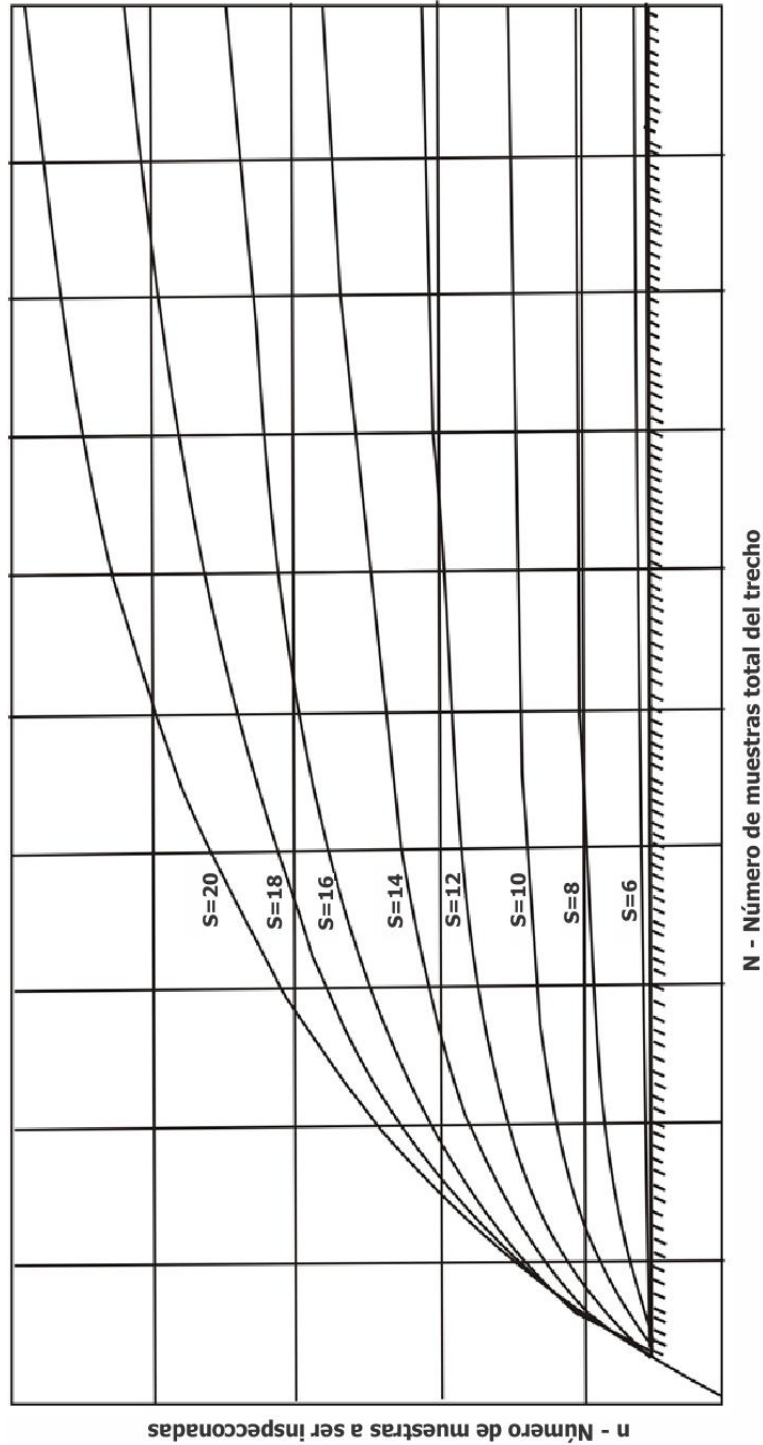
Siempre que fuese posible se debe observar lo dispuesto en el registro documental del sector en inspección (ver Anexo H).

7. Disposiciones Finales.

Las inspecciones deberán ser ejecutadas durante el período diurno, para aprovechar la luz solar.

El control y la seguridad del tráfico y del personal deberán ser efectuados por los órganos responsables de la operación de la carretera en el momento del reconocimiento del sector, deberán ser consideradas eventuales informaciones dadas por la población local o por conductores que conozcan la carretera.

Anexo A (normativo)
Determinación del número mínimo de muestras (n)
 (e=±) (Ref – CERL)



Anexo B (Normativo)

Método Sistemático de Muestreo

En el Método Sistemático de Muestreo, las muestras son seleccionadas con un espaciamiento constante, siendo que apenas la primera muestra (muestra inicial) es determinada aleatoriamente.

El valor del espaciamiento (i) es obtenida por la relación “ N/n ”, se redondea el resultado al número entero inmediatamente inferior, donde:

N = total de muestras contenidas en el sector

n = número de muestras a ser inspeccionadas.

La muestra inicial es determinada aleatoriamente en el intervalo $[1:i]$; las demás muestras son obtenidas con la adición sucesiva del valor “ i ”.

Ejemplo práctico:

Se considera un sector con 25 muestras numeradas

[1][2][3][4][5][6][7][8][9][10][11][12][13][14][15][16][17][18][19][20][21][22][23][24][25]

Al entrar en el tráfico del anexo A, con $N=25$ y considerando una desviación estándar de $S=10$, se encuentra en valor de “ n ” igual a 10

El procedimiento subsecuente es el siguiente:

- a. Inicialmente se determina el valor del espaciamiento (i) entre las muestras. El valor de (i) es igual al número entero inmediatamente inferior al resultado obtenido N/n . Obteniéndose:

$$\frac{N}{n} = \frac{25}{10} = 2,5 \quad \therefore \quad i = 2$$



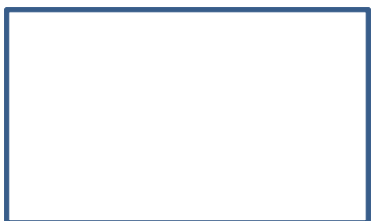
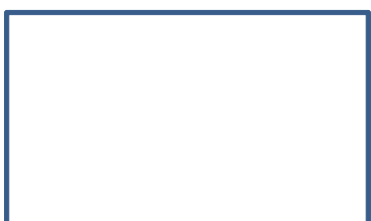
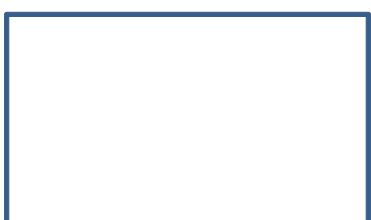
- b. Se obtiene aleatoriamente, en el intervalo $[1:i]$, la muestra inicial.

En el sector considerado, se escoge aleatoriamente la muestra No. 2 del intervalo $[1,2]$.


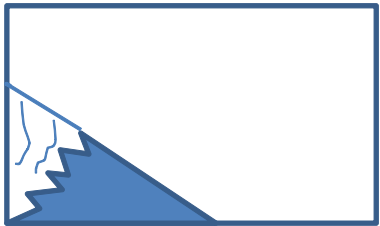
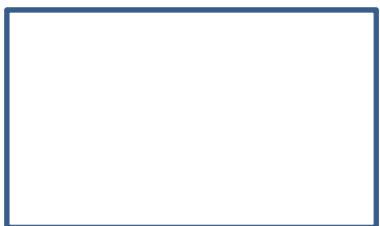
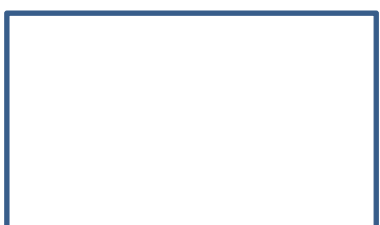
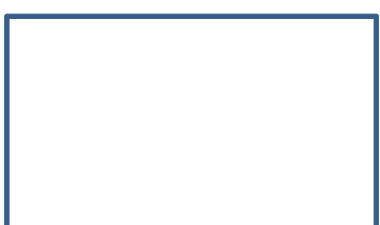
Por último, partiendo de la muestra inicial (No. 2) se obtienen las demás, adicionándose sucesivamente el valor de $i=2$.

De esta forma seleccione un número de muestras superior a 10, distribuidas a lo largo de todo el sector a ser inspeccionado o que garantice la representatividad del muestreo.

Anexo C (normativo)
Informaciones complementarias – Modelo circular de inspección

ANEXO C (Normativo)	
Información complementaria - Modelo circular de inspección	
CROQUIS	DESCRIPCIÓN / DETALLADO / OBSERVACIONES
	LOSA (,) - DEFECTO: _____
	LOSA (,) - DEFECTO: _____
	LOSA (,) - DEFECTO: _____
	LOSA (,) - DEFECTO: _____
	LOSA (,) - DEFECTO: _____

Anexo D (normativo)
Informaciones complementarias

ANEXO C (Normativo)	
Información complementaria - Modelo circular de inspección	
CROQUIS	DESCRIPCIÓN / DETALLADO / OBSERVACIONES
	<p>LOSA (3 , 2) - DEFECTO: <u> HUECO </u></p> <p>Probablemente causado por la fisura de esquina. El área entre la fisura y las juntas, que no está ahuecada, se encuentra totalmente fisurada</p>
	<p>LOSA (6 , 2) - DEFECTO: <u> HUECO </u></p> <p>La misma observación de la losa (3,2)</p>
	<p>LOSA (1 , 2) - DEFECTO: <u> PLACA BAILARINA </u></p> <p>Desnivel vertical de aproximadamente mm. Probablemente causado por alguna falla del soporte de fundación y la acción del tráfico</p>
	<p>LOSA (4 , 2) - DEFECTO: <u> FISURA DE BORDE </u></p> <p>Tanto en esta placa como en la (5.2), el defecto presenta un grado de severidad bajo. Es poco probable que se produzca la aparición de huecos como en las losas (3,2) y (6,2)</p>
	<p>LOSA (1 , 2) - DEFECTO: <u> FISURA DE RETRACCIÓN PLÁSTICA </u></p> <p>Tanto en esta placa como en la (2,3), las fisuras presentan un largo que no sobrepasan los 20 cm</p>

Anexo E (normativo)
Grado de severidad y criterios para conteo de los defectos.

1. Defecto: Elevación de losa (Blow-up)

a. Grado de severidad

- Bajo (B): Defecto a causa de una baja incomodidad o malestar en el rodado
- Medio (M): Defecto a causa de una media incomodidad o malestar en el rodado
- Alto (A): Defecto que compromete la seguridad de rodamiento y provoca interrupciones en la circulación del tráfico, debiendo ser inmediatamente reparado.

b. Cómputo

- Cuando la parte levantada ocurre en una fisura, ella será registrada como ocurrencia en una losa.
- Cuando se localiza en una junta comprometiendo a dos losas, ambas deberán ser contadas

2. Defecto: Fisuras de borde

a. Grado de severidad

- Bajo (B): El área comprendida entre la fisura de borde y las juntas no está fisurada.
- Medio (M): El área comprendida entre la fisura de borde y las juntas presenta a lo mucho dos fisuras.
- Alto (A): El área comprendida entre la fisura de borde y las juntas presentan más de dos fisuras

b. Cómputo

Se cuenta como losa defectuosa cuando esta posee:

- Una única fisura de borde
- Más de una fisura de borde con el mismo grado e severidad (en ese caso apenas el grado de severidad más elevado es registrado)

3. Defecto: Losa dividida

a. Grado de severidad

Severidad de la mayoría de las fisuras	Número de pedazos en que una losa esta dividida		
	4 a 5	6 a 8	Más de 8
B	B	B	M
M	M	M	A
A	M	A	A

b. Cómputo

Si la losa tiene un grado de severidad medio o alto, ningún otro defecto deberá ser registrado

4. Defecto: Escalonamiento

a. Grado de severidad

Definido por el valor de desnivel de la junta

Grado de severidad	Desnivel (mm)
B	3 a 10
M	> 10 a 20
A	20

b. Cómputo

Solo una placa es contada cuando el defecto ocurre en una junta

NOTA: El desnivel en una fisura no es considerado como defecto aislado, más es tomado en cuenta para definir el grado de severidad de esa fisura

5. Defecto: Defecto en el sellador de juntas

a. Grado de severidad

- Bajo (B): El sellador presenta buen estado y desempeño en todo el sector, con un mínimo de defectos en áreas localizadas.
- Medio (M): El sellador presenta condiciones razonables en todo el sector, con uno o más tipos de defectos en grado moderado.

- Alto (A): el sellante es malas condiciones, presentando uno o más tipos de defectos en grados elevados, necesiándose de su sustitución inmediata.

b. Cómputo

La cantidad de defectos se basa en la relación de las condiciones generales del sellador y el área global considerada

6. Defecto: Desnivel Pavimento – Berma

a. Grado de severidad

Grado de severidad	Desnivel (mm)
B	25 a 50
M	> 50 a 100
A	> 100

Nota: A partir del grado de severidad M se recomienda que la reparación sea efectuada inmediatamente, para evitar comprometer la seguridad de rodado.

b. Cómputo

El desnivel esta caracterizado por la media entre el menor y el mayor valor observado en una misma losa; cada losa es registrada por separado con el respectivo grado de severidad.

7. Defecto: Fisuras lineales

a. Grado de severidad

- Bajo (B): Fisuras sin tratamiento (sellado), con menos de 12 mm de ancho, o fisuras con cualquier abertura, con tratamiento en buenas condiciones. No se presenta escalonamiento.
- Medio (M): Cuando ocurre una de las condiciones siguientes:
 - Fisuras sin tratamiento, con abertura entre 12 mm y 50 mm, medida en la parte superior de la losa de hormigón.
 - Fisuras sin tratamiento, con abertura hasta 50 mm y escalonamiento con menos de 10 mm, medida en la parte superior de la losa de hormigón.
 - Fisuras con tratamiento, con cualquier abertura y con escalonamiento menor a 10 mm, medida en la parte superior de la losa de hormigón.

- Alto (A): Cuando se observa una de las siguientes condiciones:
 - Fisuras no tratadas con abertura superior a 50 mm, medida en la parte superior de la losa de hormigón.
 - Fisuras que presentan degradación con más de 10 mm, tratadas o no.

Nota: Fisuras capilares, cortas y que no comprometen a todo el espesor de la losa son consideradas como “fisuras de retracción plástica”

- Las fisuras de medio y alto grado de severidad son normalmente consideradas como defectos estructurales

b. Cómputo

El número de defectos en una losa dependerá del grado de severidad de este defecto. Si se presentan dos fisuras con grado medio de severidad, la losa es registrada, se considera como una fisura de alto grado de severidad.

8. Defecto: Grandes reparaciones (área > 0.45m²)

a. Grado de severidad

- Bajo (B): Reparación que presenta buen desempeño, con poca o ningún deterioro
- Medio (M): Reparación parcialmente deteriorada o con desportillamiento en los bordes; el material de reparación puede ser removido con algún esfuerzo
- Alto (A): Reparación deteriorada, siendo necesaria su sustitución inmediata

b. Cómputo

- Si una losa tuviese más de una reparación, será considerada apenas el de mayor grado de severidad
- Si los grados de severidad de las reparaciones fuesen iguales, se considera apenas una reparación.

NOTA: Si la causa de la reparación fuese más grave, apenas el defecto original es registrado.

9. Defecto: Pequeños reparos (área $\leq 0,45 \text{ m}^2$)**a. Grado de severidad**

- Bajo (B): Reparación con buen desempeño, con poco o ningún deterioro
- Medio (M): Reparación parcialmente deteriorada puede ser removida con algún esfuerzo
- Alto (A): Reparación deteriorada, siendo necesaria su sustitución inmediata

b. Cómputo

- Si una losa tuviese más de una reparación, será considerada apenas o de mayor grado de severidad.
- Si los grados de severidad de las reparaciones fuesen iguales, se considera apenas una reparación.

NOTA: Si la causa de la reparación fuese más grave, apenas el defecto original es registrado.

10. Defecto: Desgaste Superficial**a. Grado de severidad**

No existe una definición de grados de severidad, es suficiente que se indique su ocurrencia.

b. Cómputo

Se realiza el registro de cada una de las losas que presente desgaste superficial

11. Defecto: Bombeo de finos**a. Grado de severidad**

No existe una definición de grados de severidad, es suficiente con que se registre su ocurrencia.

b. Cómputo

- Si el bombeo ocurre en la junta entre dos losas, ambas serán registradas
- En el caso que las demás juntas de una de las losas presente bombeo, las losas contiguas a aquella junta deberán también ser registradas

12. Defecto: Roturas localizadas (Punch Out)**a. Grado de severidad**

Severidad de la mayoría de las fisuras	Número de pedazos en que una losa esta separada		
	2 a 3	4 a 5	Más de 5
B	B	B	M
M	B	M	A
A	M	A	A

b. Cómputo

Si una losa tuviese más de una de esas áreas, será contada como presentando la de mayor grado de severidad

13. Defecto: Alteración del nivel**a. Grado de severidad**

- Bajo (B): La alteración del nivel ocasiona una baja incomodidad en la circulación
- Medio (M): La alteración del nivel ocasiona una razonable incomodidad en la circulación, sin comprometer la seguridad del tráfico
- Alto (A): La alteración del nivel ocasiona incomodidad en la circulación y compromete la seguridad de circulación del tráfico

b. Cómputo

Se computa el número de losas atravesadas por la alteración de nivel

14. Defecto: Fisuras superficiales (cuarteado).**a. Grado de severidad**

- Bajo (B): Existen fisuras superficiales en gran parte de la losa, su superficie esta en buenas condiciones con un mínimo de cuarteado
- Medio (M): Existe cuarteado en menos del 15% del área de la losa
- Alto (A): Existe cuarteado en más del 15% del área de la losa

b. Cómputo

Cada losa con escamado es anotada. Este defecto presenta un bajo grado de severidad, solo se registra si el escamado fuese inminente.

15. Defecto: Fisuras de retracción plástica**a. Grado de severidad**

No existe grado de severidad definido, basta apenas describir su ocurrencia

b. Cómputo

Son contadas las losas que muestran fisuras en el momento del curado

16. Defecto: Desportillado**a. Grado de severidad**

Profundidad de fisura	Dimensiones de los lados de la fisura (cm)	
	13 x 13 a 30 x 30	Mas que 30 x 30
≤ 25	B	B
>25 a 50	B	M
>50	M	A

b. Cómputo

- En el caso que ocurra una o más desportillamientos con el mismo grado de severidad en una misma losa, se cuenta a esta losa como “una losa con rotura en la esquina”
- En el caso que se tenga diferentes niveles de severidad, se considera únicamente el más elevado

NOTA: Roturas cuyos lados tengan menos de 13 cm o que posean un área inferior a 65 cm² son despreciadas.

17. Defecto: Desportillado de juntas**a. Grado de severidad**

Partes desportilladas	Ancho del desportillado (mm)	Largo del desportillado (m)	
		< 0,6	> 0,6
Firmes – No pueden ser removidos fácilmente (pueden tener algunos pedazos faltantes)	< 100	B	B
	> 100	B	B
Sueltas – Pueden ser removidas y faltan algunos pedazos; la mayor parte o todos los pedazos faltan y el desportillado es raso (< 25 mm)	< 100	B	M
	> 100	B	M
Ausentes – Gran parte o todos los pedazos fueron removidos	< 100	B	M
	> 100	M	A

b. Cómputo

- Si ocurre en el borde de un determinado sector, se considera una losa con desportillado en la junta
- Si el desportillado ocurre en más de una junta de una misma losa, el grado de severidad más elevado es registrado como una sola losa afectada
- En el caso que el desportillado ocurra entre dos losas, cada una de ellas deberá ser registrada conteniendo una junta desportillada.

18. Defecto: Losa suelta o “losa bailarina”**a. Grado de severidad**

Grado de severidad	Desnivel (mm)
B	3 a 10
M	> 10 a 20
A	> 20

b. Cómputo

Se contabiliza cada losa que presente desniveles verticales

19. Defecto: Asentamiento**a. Grado de severidad**

- Bajo (B): Asentamiento suave, no reduce las condiciones de comodidad de circulación
- Medio (M): Asentamiento visible, que aún proporciona buenas condiciones de circulación, compromete la seguridad del tráfico, hay necesidad de señales de advertencia
- Alto (A): Asentamiento abrupto, no ofrece buenas condiciones al tráfico ni de seguridad, hay necesidad de intervención inmediata para recuperación del sector

b. Cómputo

- Es un tipo de evaluación extremadamente subjetiva y que generalmente induce a la aparición de otros defectos en el área afectada.
- Para el cálculo del ICP, serán considerados apenas aquellos otros ocurridos en el área sujeta al asentamiento.

20. Defecto: Huecos**a. Grado de severidad y cómputo**

Como está directamente relacionado al progreso de otros defectos, deberá ser evaluado y contabilizado conforme al defecto que le de origen.

Anexo F (normativo)

Instrucciones para el llenado de la ficha de inspección

1. Disposiciones iniciales

Teniendo en cuenta que la evaluación de la condición estructural de un pavimento se basa en datos levantados en la inspección, es necesario que estos datos sean claros, precisos, correctamente catalogados y que reúnan la mayor cantidad de información posible.

El modelo de la Ficha de Inspección permite al jefe de cada equipo de inspección procesar cualquier tipo de información (observaciones, croquis, fotos, etc.) que facilite la evaluación.

2. Ficha de inspección.

2.1 Modelo de ficha de inspección

Esta ficha posee 3 partes.

La primera está destinada a evidenciar los defectos de las losas de una muestra.

La segunda es para el registro específico de los datos referentes a los defectos atípicos y a los siguientes defectos tales como:

- Asentamientos
- Huecos
- Defectos en el sellado de juntas
- Desgaste superficial

La tercera se destina para poner en marcha la obtención de informaciones complementarias.

2.2 Llenado de la ficha

A no ser que se refiera el “defecto en el sellado de juntas”, solo deberán ser registrados en la página 1 los grados de severidad.

Para los defectos “desgaste superficial”, “bombeo” y “fisuras por retracción plástica”, solo serán registrados el número de losas afectadas.

2.3 Número de páginas

Deberán componer la Ficha de Inspección, tantos ejemplares de páginas de modelos como fuesen necesarios.

2.4 Anexos

Siempre que el jefe del equipo de inspección juzgue conveniente, deberán ser anexadas a la ficha de inspección, fotografías y pequeñas muestras de material. Cuando hubiese más de un anexo, ellos deberán ser enumerados.

2.5 Campos para evaluación

Los campos mostrados en la página 1, señalados con un asterisco, serán utilizados por los evaluadores, no debiendo por lo tanto, ser llenados.

3. Disposiciones finales

3.1. Identificación de la muestra

Para el llenado de la ficha de inspección, las losas de la muestra inspeccionada serán identificadas por coordenadas, mostradas en la página 1.

3.2. Cuidados en llenado de las fichas

Las fichas deben ser llenadas de modo legible y mantenidas en buen estado de conservación.

4. Apéndices

I – Modelos de la Ficha de Inspección

II – Ficha de Inspección llenada (ejemplo)

Anexo G (normativo)

Ficha de inspección

HOJA: _____ / _____					
BR: _____ TRECHO: _____ FECHA: _____					
MUESTRA ADICIONAL: (SI) (NO) MUESTRA No _____ DIMENSIONES / LOSA (M): _____					
No. PÁGINAS: _____ No DE ANEXOS: _____ JEFE DE EQUIPO: _____					
FIRMA DEL INGENIERO RESPONSABLE: _____					
TIPOS DE DEFECTOS					
10	1. Alzado de losas		10. Desgaste superficial		
	2. Fisura de esquina		11. Bombeo		
	3. Losa dividida		12. Fisuras localizadas		
9	4. Degradación de la junta		13. Paso de nivel		
	5. Defecto en el sellado de juntas		14. Cuarteado y escamado		
	6. Desnivel entre pavimento y losa		15. Fisuras de retracción plástica		
	7. Fisuras lineales		16. Rotura de borde		
8	8. Grandes reparaciones		17. Desportillado de juntas		
	9. Pequeñas reparaciones		18. Losa bailarina		
	TIPOS DE DEFECTOS	GRADO DE SEVERIDAD	No DE PLACAS AFECTADAS	% DE PLACAS AFECTADAS	VALOR DEDUCIBLE
7					
6					
5					
4					
3					
2	VALOR TOTAL DEDUCIBLE				
1	VALOR DEDUCIBLE CORREGIDO (VDC)				
	IPC = 100 - VDC = _____ CONCEPTO _____				

Anexo H (normativo)

Ficha de inspección llenada (ejemplo)

1. Defectos en el sellado de las juntas (5)

Si fuesen atribuidos grados de severidad Medio (M) o Alto (A), indicar:

- a) Que tipo(s) de averías? Señalar con una X:
- Rompimiento ()
 - Extrusión del material ()
 - Crecimiento de la vegetación ()
 - Falta de adherencia ()
 - Falta de material (X)
 - Endurecimiento ()
- b) Cual(es) la(s) causa probable(s) de los daños? Señalar con una X:
- Material sellante inadecuado ()
 - Ejecución inadecuada de las juntas (X)
- c) Fueron adjuntadas muestras del material sellante? Si X ; No _____

2. Desgaste superficial (10)

Si fuesen observados desgastes superficiales en el pavimento, indicar:

- a. Cual(es) causa(s) probable(s) del daño?. Señalar con una X:
- Solicitación intensa de tráfico (X)
 - Hormigón de baja calidad ()
 - Agregados sucios ()
- b. Fueron adjuntadas muestras del material sellante? Si X ; No _____

3. Asentamiento (19)

Si fuesen observados asentamientos, indicar:

- a. Cual el grado de severidad: Bajo (X) Medio () Alto ()
- b. Hay la posibilidad que el asentamiento sea la causa de algunos defectos registrados? SI () No (X). En caso afirmativo:
- Que defectos? _____
 - En que losas? _____

4. Huecos (20)

Si fuesen observados huecos, indicar:

- a. En que losa
- b. Probablemente, tuviesen origen en cuales tipos de defectos?
- c. Hay indicios de uso de hormigón de baja calidad

5. Defectos atípicos

Si la muestra fuese clasificada como adicional, indicar:

- a. Que tipos de defectos atípicos fueron detectados en el sector y en cuales losas?
- b. Cuales las probables causas?
- c. Los defectos comprometen a las condiciones de confort y de seguridad de rodado?
- d. Fueron anexadas fotografías?

ANEXO J (normativo)
Formulario de inspección - Ejemplo

HOJA: 1 / 3

PAVIMENTO: CARRETERA SP-4 TRECHO: 1(Km 20 - Km 22) FECHA: 10/10/08

MUESTRA ADICIONAL: (SI) (NO) MUESTRA No _____ DIMENSIONES / LOSA (M): 3,80 X 6,0

No. PÁGINAS: 3 No DE ANEXOS: 4 JEFE DE EQUIPO: FAUSTO

FIRMA DEL INGENIERO RESPONSABLE: J.C.F.

				TIPOS DE DEFECTOS				
10	10	15		1. Alzado de losas 2. Fisura de esquina 3. Losa dividida 4. Degradación de la junta 5. Defecto en el sellado de juntas 6. Desnivel entre pavimento y losa 7. Fisuras lineales 8. Grandes reparaciones 9. Pequeñas reparaciones 10. Desgaste superficial 11. Bombeo 12. Fisuras localizadas 13. Paso de nivel 14. Cuarteado y escamado 15. Fisuras de retracción plástica 16. Rotura de borde 17. Desportillado de juntas 18. Losa bailarina				
9	10			TIPOS DE DEFECTOS	GRADO DE SEVERIDAD	No DE PLACAS AFECTADAS	% DE PLACAS AFECTADAS	VALOR DEDUCIBLE
8	10			5	M	10	10	
7	1B 13M 10	1B 13M		10		10		
6	1B 13M 2A 10	1B 13M		11		2		
5	11 2B 10			15		2		
4	2B 10			1	B	4		
3	2A 10			2	B	2		
2	10			2	A	2		
1	18B			13	M	4		
				18	B	1		
				VALOR TOTAL DEDUCIBLE				
				VALOR DEDUCIBLE CORREGIDO (VDC)				
				IPC = 100 - VDC = _____ CONCEPTO _____				

1 2 3 4

NORMA

Pavimento rígido – Defectos – Terminología

Resumen

Este documento define los términos técnicos empleados para caracterizar los defectos que suceden en los pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland y sirven para uniformizar el lenguaje adoptado en la elaboración de normas, manuales, proyectos y otros textos relativos a los pavimentos rígidos’.

1. Objetivo

Esta norma tiene por objetivo establecer una nomenclatura estandarizada para los diversos tipos de defectos que generalmente ocurren en pavimentos rígidos de hormigón de cemento Portland utilizado en la construcción de carreteras.

2. Definición

Defecto: anomalía observada en el pavimento debida a problemas en la fundación, por mala ejecución o por mal uso del pavimento

3. Tipos de defectos

3.1. Levantamiento de losas

Desnivel producido en las juntas o en las fisuras transversales de las losas y eventualmente, en la proximidad de canales de drenaje o de intervenciones hechas en el pavimento

3.2. Fisuras de esquina

Es una fisura que intercepta las juntas a una distancia menor o igual a la mitad del largo de los bordes o juntas del pavimento (longitudinal y transversal). Se mide a partir de su borde. Esta fisura generalmente compromete a todo el espesor de la losa.

3.3. Losa dividida

Es la losa que presenta fisuras dividiéndola en cuatro o mas partes

3.4. Escalonamiento o grada en las juntas

Se caracteriza por la aparición de desplazamientos verticales diferenciados y permanentes entre una losa y su adyacente, en coincidencia con la junta transversal.

3.5. Falla del sellante en juntas

Es cualquier avería en el material sellante que posibilite la acumulación de material incompresible en la junta o que permita la infiltración de agua. Las principales fallas observadas al material sellante son:

- Rompimiento, por tracción o compresión
- Extrusión del material
- Crecimiento de vegetación
- Endurecimiento (oxidación) del material
- Pérdida de adherencia a las losas de hormigón
- Cantidad deficiente del sellante de juntas

3.6. Desnivel del pavimento – berma (espaldón)

Es escalonamiento formado entre la berma y el borde del pavimento, generalmente acompañado de una separación de estos bordes

3.7. Fisuras lineales

Son fisuras que comprometen todo el espesor de la losa de hormigón, dividiéndose en dos o tres partes. Cuando las fisuras dividen la losa en cuatro o más partes el defecto se conoce como de losa dividida

Las fisuras lineales son:

- Fisuras transversales que aparecen en dirección del ancho de la losa, perpendiculares al eje longitudinal en el pavimento.
- Fisuras longitudinales que ocurren en la dirección del largo de la losa, paralelo al eje longitudinal del pavimento
- Fisuras diagonales con dirección inclinada que interceptan las juntas del pavimento a una distancia mayor que la mitad del largo de esas juntas o bordes.

3.8. Grandes reparaciones

Se entiende como “Gran reparación” un área de pavimento original mayor a $0,45 \text{ m}^2$, que fue removida y posteriormente intervenida con material de relleno.

3.9. Pequeñas reparaciones

Se entiende como “Pequeña reparación” a un área de pavimento original menor o igual a $0,45 \text{ m}^2$, que fue removido y posteriormente intervenido con material de relleno.

3.10. Desgaste superficial

Se caracteriza por la remoción del mortero superficial, haciendo que los agregados afloren en la superficie del pavimento, y con el transcurso del tiempo queden con superficie pulida

3.11. Bombeo de finos

Consiste en la expulsión de finos plásticos existentes en el suelo de fundación del pavimento, a través de las juntas, bordes o fisuras, cuando se produce el paso de las cargas solicitantes. Los finos bombeados se depositan sobre la superficie como barro fluido, siendo identificados por la presencia de manchas terrosas a lo largo de las juntas, bordes o fisuras.

3.12. Roturas localizadas

Son áreas de las losas que se muestran fisuradas y partidas en pequeños pedazos, teniendo formas variadas, se sitúan generalmente entre una fisura y una junta o entre dos fisuras próximas entre sí (alrededor de 1,5 m)

3.13. Defectos en pasos a nivel

Estos son defectos que se producen en los pasos a nivel que consisten en depresiones o elevaciones cerca de las huellas.

3.14. Fisuras superficiales (cuarteado) y escamado

Las fisuras superficiales (cuarteado) son fisuras capilares que ocurren apenas en la superficie de la losa, tienden a interceptarse, formando ángulos de 120°.

El escamado se caracteriza por la remoción de la capa superficial fisurada, pudiendo deberse a otros defectos, tal como el desgaste superficial.

3.15. Fisuras de retracción plástica

Son fisuras poco profundas (superficiales), de pequeña abertura (inferior a 0,5 mm) y de largo limitado. Su incidencia tiende a ser aleatoria y ellas se desarrollan formando ángulos de 45° a 60° con el eje longitudinal de la losa.

3.16. Desportillado o rotura de canto

Son roturas que aparecen en los bordes de las losas, teniendo forma de cuña que ocurre a una distancia no superior a 60 cm del borde.

Este defecto difiere de la fisura de canto, porque intercepta la junta en un determinado ángulo (rotura en cuña), en cambio la fisura de canto ocurre verticalmente en todo el espesor de la losa.

3.17. Desportillado de juntas

El desportillado de juntas se caracteriza por la quiebra de los bordes de la losa de hormigón (rotura de junta) en las juntas, con el largo máximo de 60 cm, no compromete el espesor de la losa

3.18. Losa suelta o “losa bailarina”

Es la losa cuyo movimiento vertical es visible bajo la acción del tráfico, principalmente en la región de las juntas

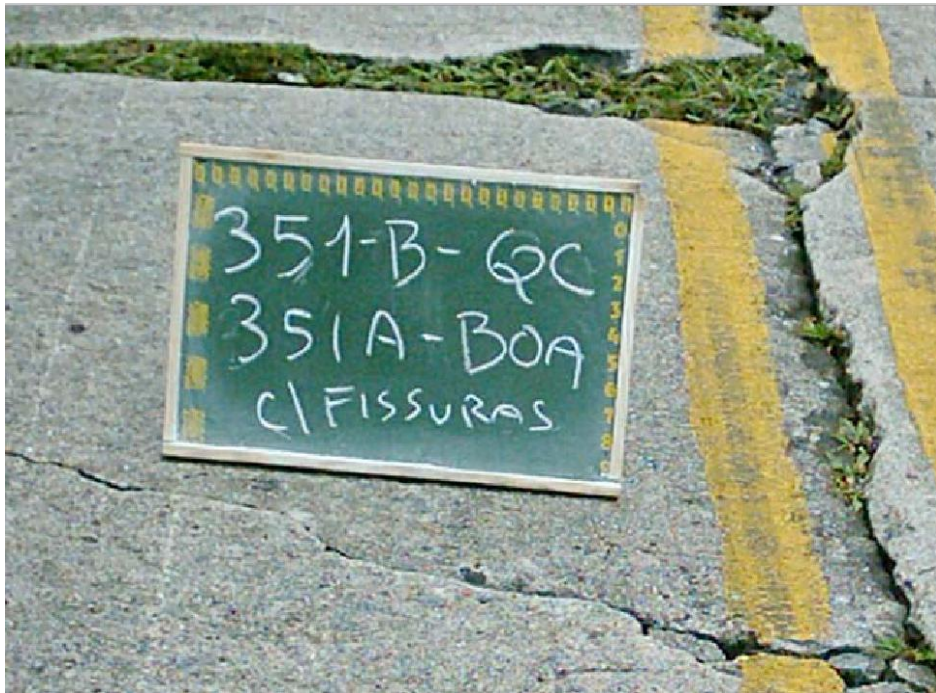
3.19. Asentamiento

Se caracteriza por el hundimiento del pavimento, creando ondulaciones superficiales de gran extensión, pudiendo ocurrir que el pavimento permanezca íntegro.

3.20. Huecos o agujeros

Son huecos cóncavos, observados en la superficie de la losa causada por la pérdida de hormigón en el lugar, presentando área y profundidad bien definida.

Anexo A (informativo)
Representación fotográfica – Defectos en los pavimentos rígidos



Fotografía 01: Levantamiento de losas



Fotografía 02: Fisuras de esquina



Fotografía 03: Losa dividida



Fotografía 04: Falla en el sellado de las juntas



Fotografía 05: Fisuras Transversales



Fotografía 06: Fisuras longitudinales



Fotografía 07: Fisuras diagonales



Fotografía 08: Grandes reparaciones



Fotografía 09: Pequeñas reparaciones



Fotografía 10: Desgaste superficial



Fotografía 11: Fisuras superficiales



Fotografía 12: Roturas localizadas



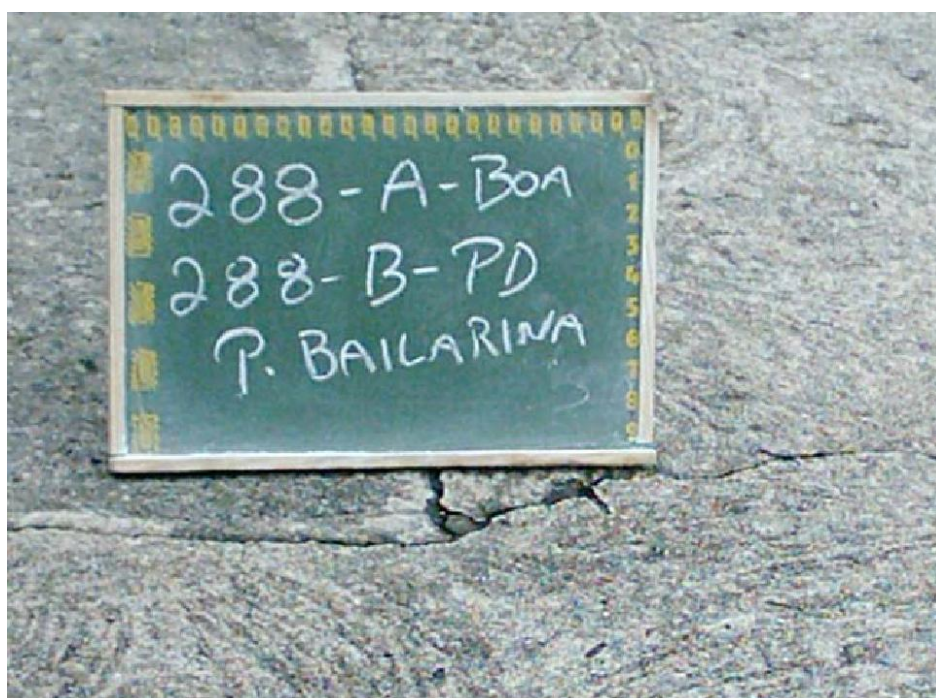
Fotografía 13: Fisura de retracción plástica



Fotografía 14: Rotura de canto



Fotografía 15: Desportillado de juntas



Fotografía 16: Losa suelta o “losa bailarina”



Fotografía 17: Asentamiento



Fotografía 18: Huecos

NORMA

Pavimento rígido – Evaluación objetiva – Procedimiento

Resumen

Esta Norma define y fija los procedimientos que deben ser adoptados para la evaluación objetiva de pavimentos rígidos, en cuanto a confort y suavidad de circulación. Describe las condiciones generales y específicas para la evaluación, para el cálculo del Índice de Condición del pavimento ICP y para la forma de atribución de los conceptos de pavimentos.

1. Objetivo

Esta norma tiene por objeto establecer los procedimientos y criterios para la evaluación objetiva de pavimentos rígidos (hormigón y cemento), de acuerdo con la metodología desarrollada por la U.S. Army Construcción Engineering Research Laboratory (CERL).

2. Referencias normativas y bibliográficas

Los documentos relacionados en este numeral sirvieron de base y elaboración de la presente norma y contienen disposiciones que, al ser citadas en el texto forman parte integrante de esta norma. Las ediciones presentadas son las que estaban en vigor en fecha de esta publicación, se recomienda que sean siempre consideradas las ediciones más recientes, si existen.

2.1. Referencias bibliográficas

SHAHIN, M. Y., KOHN, S.D. Development of a pavement condition rating procedure for roads, street, and parking lots. Champaign, III: CERL 1979. 2v.

3. Definiciones

3.1. Evaluación objetiva

Consiste en la evaluación de la condición estructural del pavimento basado en la determinación del ICP “Índice de Condición del Pavimento”.

3.2. Índice de Condición del Pavimento (ICP)

Medida de la condición estructural del pavimento, capaz de proporcionar al ingeniero de pavimentos información para la verificación de las condiciones de la calzada y para la formulación de políticas de mantenimiento, prevención y de recuperación.

4. Condiciones generales

La evaluación de los datos obtenidos en tramos de una carretera, relacionados con el análisis de las informaciones registradas y documentadas, posibilita que se determine la condición estructural y del comportamiento del pavimento rígido, como también con las probables causas de sus defectos.

Las fases que comprenden la evaluación objetiva de pavimentos rígidos son las siguientes.

- a. Análisis de los datos obtenidos
- b. Cálculo del Índice de Condición del Pavimento (ICP)
- c. Atribución de conceptos
- d. Análisis de de la documentación y registros
- e. Emisión de informe

5. Condiciones específicas

Las fases para la evaluación objetiva de pavimentos rígidos son:

5.1. Análisis de los datos obtenidos en la inspección

El ingeniero responsable de la evaluación, analizará los datos presentes en la Ficha de Inspección, referentes a cada una de las muestras inspeccionadas. Se debe dar especial atención al material anexado a las fichas (fotografías, muestras de material, etc.).

5.2. Cálculo de Índice de Condición del Pavimento

En esta fase, el evaluador deberá

- a. Calcular el ICP de cada muestra inspeccionada (Ver anexo A).
- b. Calcular el ICP del tramo considerado (Ver anexo A).

5.3. Atribución de conceptos

El evaluador atribuirá a cada una de las muestras y al tramo una característica, que será función del ICP calculado (Ver anexo B).

5.4. Análisis del registro documentado

En esta fase, el evaluador procederá al levantamiento histórico de la carretera, de modo de obtener el mayor número de informaciones posibles sobre:

- a. Datos del proyecto
- b. Datos de construcción

- c. Datos de operación
- d. Datos de reparación y refuerzo

5.5. Emisión del informe

Al ingresar en esta fase, además de la característica atribuida en función del ICP, el evaluador deberá tener formulado un diagnóstico del tramo, referido a la condición estructural y al comportamiento del pavimento.

Este diagnóstico es elaborado en función de los análisis precedentes en las fases 5.1 y 5.4 de evaluación, debiendo constar en el informe:

- a. Opinión sobre la condición general de la estructura y del comportamiento del pavimento evaluado (integridad, capacidad y regularidad superficial; resistencia al derrape; potencial de hidroplaneo, etc.)
- b. Características atribuidas al pavimento.
- c. Informaciones específicas sobre:
 - Estado general de las juntas y del material sellante.
 - Defectos atípicos detectados.
 - Eventuales desgastes superficiales, asentamientos y huecos.
- d. Sugerencias, cuando fuese el caso, para la modificación de la característica atribuida por el cálculo; considerando los hechos registrados en las fases 5.1 al 5.4 de la evaluación del pavimento.
- e. Probables causas de los defectos observados en el tramo.
- f. Descripción del estado de las muestras que merecen atención especial, por asignar un concepto bajo ($ICP \leq 40$).
- g. Las fichas de inspección como anexos.
- h. La firma del evaluador y fecha.

6. Disposiciones finales

El evaluador deberá llenar todos los campos de las fichas asignados con asteriscos y atribuir sus características.

Deberá ser determinada la desviación estándar (S) de los valores de los Índices de Condición del Pavimento (ICP), recalculando el número mínimo necesario de muestras inspeccionadas (n), para evaluar la necesidad de nuevas muestras para la inspección, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$n = \frac{N S^2}{\frac{e^2}{4} (N - 1) + S^2}$$

Donde:

N = Número total de muestras contenidas en el tramo.

S = Desviación estándar.

e = Error admitido en la inspección.

Un ejemplar del informe pasará a conformar el registro documental de la carretera.

Anexo A (normativo)

Instrucciones para el cálculo del ICP

1. Disposiciones iniciales

Para calcular el ICP de una muestra, se resta de 100 (que es el valor del ICP, cuando no existe ningún defecto visible en la muestra) una sumatoria de “valores deducibles” (VDC), que está en función de los tipos de grados de severidad del densidad de los defectos de las losas defectuosas visibles registradas en la Ficha de Inspección de la muestra, conforme al numeral 5 de este Anexo.

Antes de la resta, debe ser corregida la sumatoria (VDC), de acuerdo con el número de valore deducibles y su influencia en la condición estructural del pavimento.

De esta forma, se tiene la siguiente expresión matemática:

$$ICP = 100 - \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij}) F(t, q)$$

Donde:

ICP =	Índice de condición del pavimento
A =	Valor deducible, en función del tipo de defecto (T_i), del grado de severidad (S_j) y del densidad de defectos (D_{ij}).
i =	Contador para los tipos de defectos.
j =	Contador para los grados de severidad.
p =	número total de losas defectuosas.
m_i =	Número de grados de severidad para el tipo de defecto.
$F(t,q)$ =	Una función de ajuste para defectos múltiples que varía con el valor deducible sumado (t) y el número de deducciones (q).

2. Cálculo práctico del ICP de una muestra

- a. Obtener los valores deducibles de las curvas mostradas en este Anexo.
- b. Sumar los valores deducibles obtenidos en las curvas.
- c. Corregir la sumatoria de los valores deducibles obteniendo el VDC. Para eso, el evaluador deberá utilizar el gráfico del numeral 7 de este anexo.
- d. Por último, obtener el valor del ICP, por medio de la siguiente resta: 100-VDC.

3. Cálculo del ICP de un tramo

Si el tipo de inspección utilizado fuese la “Inspección en todo el tramo”, el valor del ICP del tramo será la media aritmética de los ICP obtenidos para las muestras.

- a. Si no existen muestras adicionales. En este caso, el valor del ICP del tramo será la media aritmética de los ICP obtenidos para las muestras.
- b. Con la existencia de muestras adicionales inspeccionadas. El ICP del tramo será obtenido mediante la siguiente fórmula.

$$ICP_t = \frac{N - A}{N} ICP_1 + \frac{A}{N} ICP_2$$

Donde:

- ICP_t = ICP del tramo.
ICP₁ = ICP media de las muestras aleatorias.
ICP₂ = ICP media de las muestras adicionales.
N = Número total de muestras del tramo.
A = Número de muestras adicionales inspeccionadas.

4. Disposiciones finales

El cálculo del ICP es copiado de las informaciones contenidas en la Ficha de Inspección. El evaluador, después de analizar todas las informaciones obtenidas de la inspección visual y por el registro documental de la carretera, podrá estar en desacuerdo con la característica atribuida al tramo en función al ICP calculado. Por ser una evaluación objetiva, prevalecerá la característica como base de cálculo. En ese caso el evaluador hará constar en el informe de la evaluación, sugerencias para la alteración de la característica, debidamente respaldada.

5. Ficha de inspección – ejemplo

				HOJA: <u>1</u> / <u>3</u>				
PAVIMENTO: <u>CARRETERA SP-4</u>				TRAMO: <u>1(Km 20 - Km 22)</u>		FECHA: <u>10/10/08</u>		
MUESTRA ADICIONAL: (SI) (NO) MUESTRA No _____				DIMENSIONES / LOSA (M): <u>3,80 X 6,0</u>				
No. PÁGINAS: <u>3</u>		No DE ANEXOS: <u>4</u>		JEFE DE EQUIPO: <u>FAUSTO</u>				
FIRMA DEL INGENIERO RESPONSABLE: _____				J.C.F.				
				TIPOS DE DEFECTOS				
10	10	15		1. Alzado de losas 2. Fisura de esquina 3. Losa dividida 4. Degradación de la junta 5. Defecto en el sellado de juntas 6. Desnivel entre pavimento y losa 7. Fisuras lineales 8. Grandes reparaciones 9. Pequeñas reparaciones 10. Desgaste superficial 11. Bombeo 12. Fisuras localizadas 13. Paso de nivel 14. Cuarteado y escamado 15. Fisuras de retracción plástica 16. Rotura de borde 17. Desportillado de juntas 18. Losa balarina				
9	10							
8	10							
7	1B 13M 10	1B 13M		TIPOS DE DEFECTOS	GRADO DE SEVERIDAD	No DE PLACAS AFECTADAS	% DE PLACAS AFECTADAS	VALOR DEDUCIBLE
				5	M	10	 	
				10		10		
				11		2		
				15		2		
				1	B	4		
				2	B	2		
				2	A	2		
				13	M	4		
				18	B	1		
				VALOR TOTAL DEDUCIBLE				
				VALOR DEDUCIBLE CORREGIDO (VDC)				
				IPC = 100 - VDC = _____				CONCEPTO _____
1	18B							

1 2 3 4

5.1. Informaciones complementarias a la ficha de inspección

5.1.1. Defectos en el sellado de las juntas (5)

Si fuesen atribuidos grados de severidad Medio (M) o Alto (A), indicar:

- d) Que tipo(s) de averías? Señalar con una X:
- Rotura ()
 - Extrusión del material ()
 - Crecimiento de la vegetación ()
 - Falta de adherencia ()
 - Falta de material (X)
 - Endurecimiento ()
- e) Cual(es) la(s) causa(s) probable(s) de los daños? Señalar con una X:
- Material sellante inadecuado ()
 - Ejecución inadecuada de las juntas (X)
- f) Fueron adjuntadas muestras del material sellante? Si X ; No _____

5.1.2. Desgaste superficial (10)

Si fuesen observados desgastes superficiales en el pavimento, indicar:

- c. Cual(es) causa(s) probable(s) del daño? Señalar con una X:
- Solicitación intensa de tráfico (X)
 - Hormigón de baja calidad ()
 - Agregados sucios ()
- d. Fueron adjuntadas muestras del material sellante? Si X ; No _____

5.1.3. Defectos no deducibles (ver DNIT 061/2004 –TER)

5.1.3.1. Asentamiento (19)

- a. Cual el grado de severidad? Bajo (B)
- b. Existe la posibilidad de que el asentamiento sea la causa de los defectos detectados? No . En el caso afirmativo, que defectos? --- En que losas? ---

5.1.3.2. Huecos (20)

Si fuesen observados huecos, indicar:


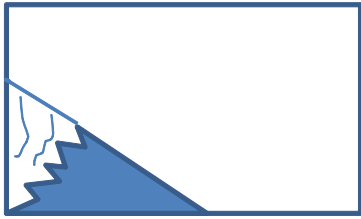

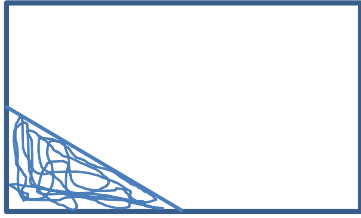
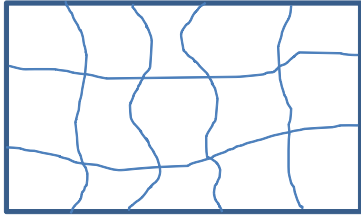
- a. En que losas? (3,2) y (6,2)
- b. Probablemente, tuviesen origen en qué tipo de defectos? Fisuras de esquina
- c. Existe indicios del uso de hormigón de baja calidad? No

5.1.3.3. Defectos atípicos

Si la muestra ha sido clasificada como adicional indique:

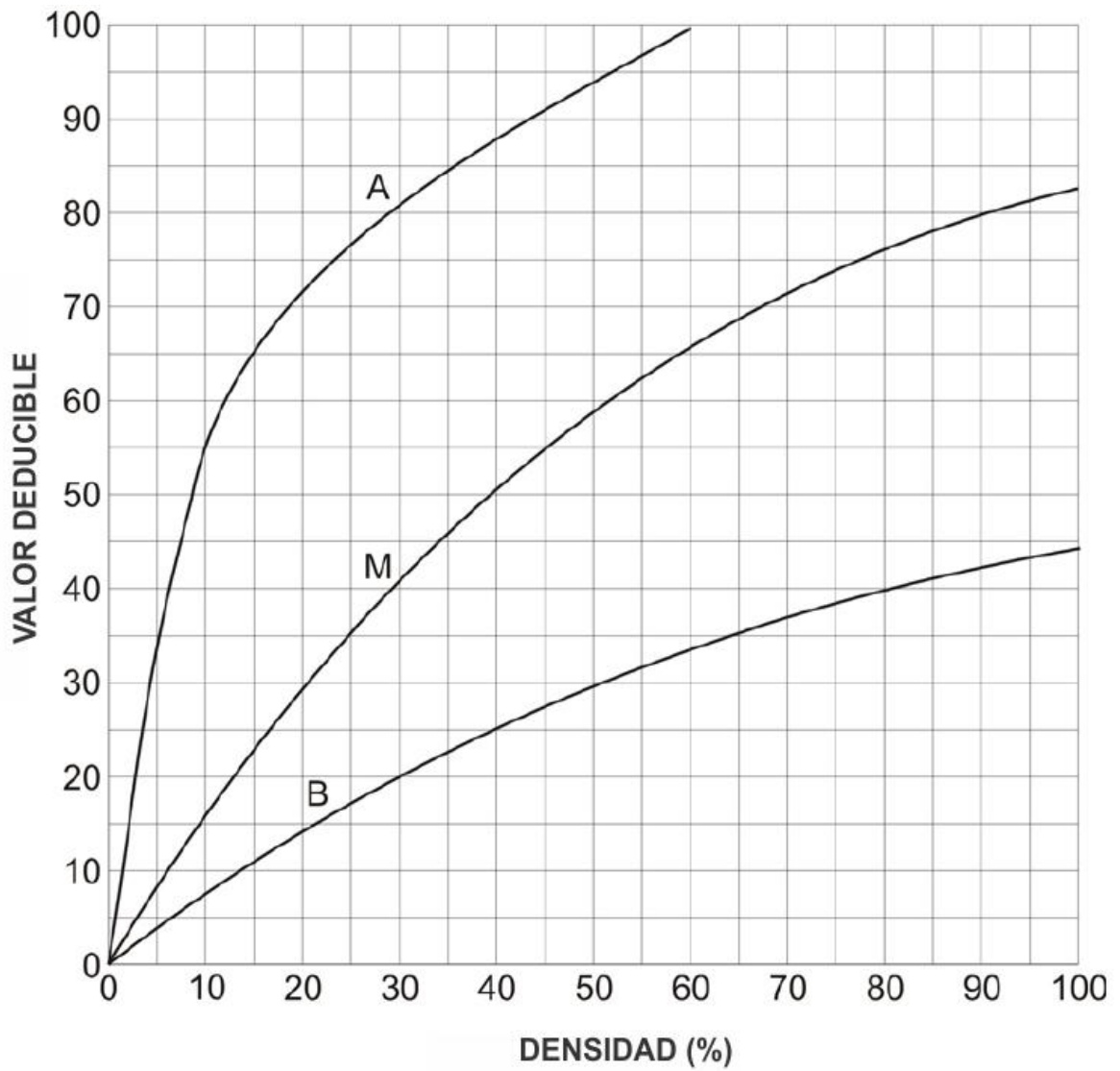
- a. Que tipos de defectos fueron detectados en el tramo? En que losas?
Levantamiento de losas y diferencia de nivel entre losas (6,2), (6,3), (7,2), (7,3)
- b. Cuáles son las probables causas? Encuentro con estructura de puente y rieles de ferrovía que cortan al elemento
- c. Los defectos comprometen las condiciones de confort y de seguridad de circulación? No
- d. Fueron anexadas fotografías? Si, dos

5.2. Información complementaria – Ejemplo

CROQUIS	DESCRIPCIÓN / DETALLADO / OBSERVACIONES
	<p>LOSA (3 , 2) - DEFECTO: <u>HUECO</u></p> <p>Probablemente causado por la fisura de esquina. El área entre la fisura y las juntas, que no está ahuecada, se encuentra totalmente fisurada</p>
	<p>LOSA (6 , 2) - DEFECTO: <u>HUECO</u></p> <p>La misma observación de la losa (3,2)</p>
	<p>LOSA (1 , 2) - DEFECTO: <u>PLACA BAILARINA</u></p> <p>Desnivel vertical de aproximadamente mm. Probablemente causado por alguna falla del soporte de fundación y la acción del tráfico</p>
	<p>LOSA (4 , 2) - DEFECTO: <u>FISURA DE BORDE</u></p> <p>Tanto en esta placa como en la (5.2), el defecto presenta un grado de severidad bajo. Es poco probable que se produzca la aparición de huecos como en las losas (3,2) y (6,2)</p>
	<p>LOSA (1 , 2) - DEFECTO: <u>FISURA DE RETRACCIÓN PLÁSTICA</u></p> <p>Tanto en esta placa como en la (2,3), las fisuras presentan un largo que no sobrepasan los 20 cm</p>

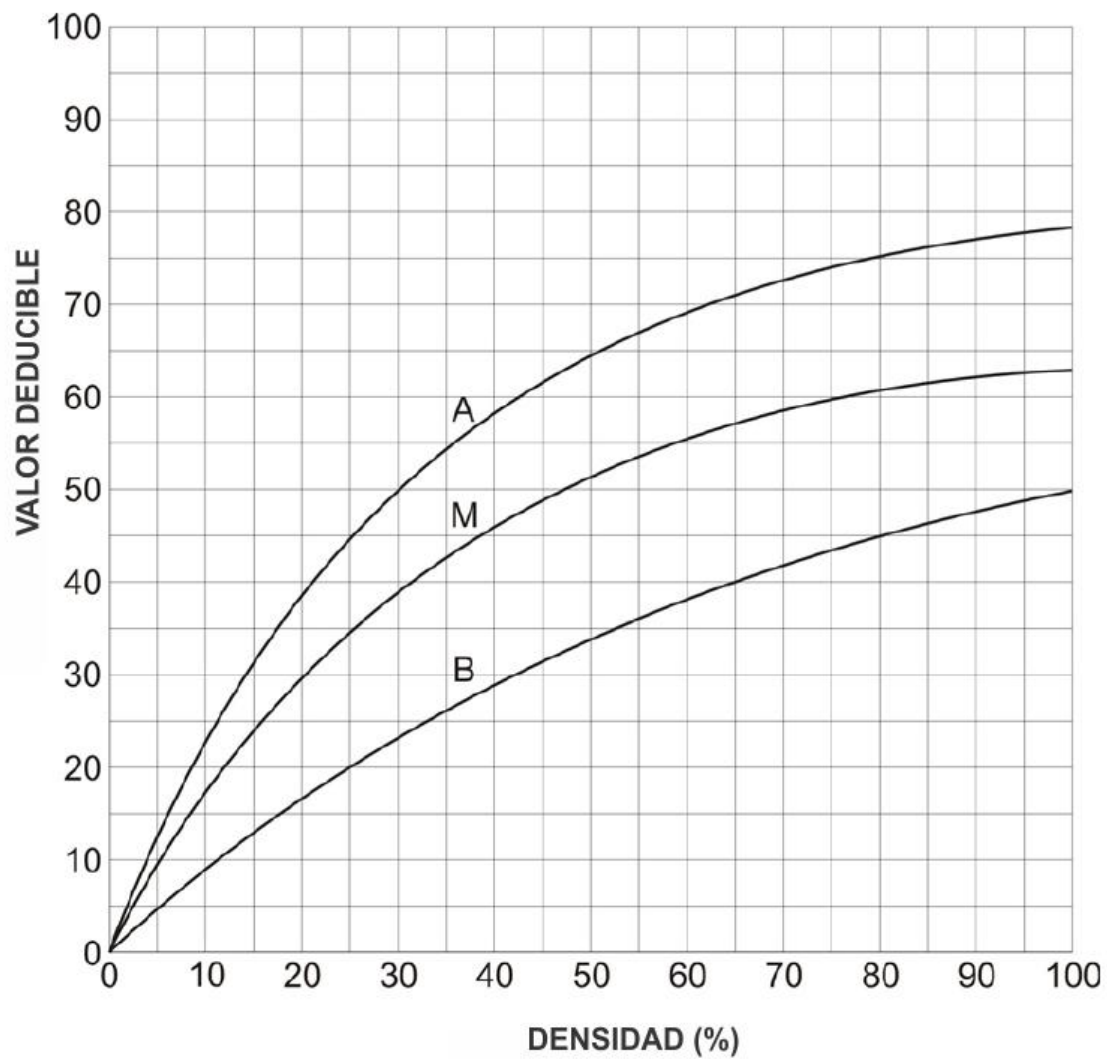
6. Curvas para la determinación de valores deducibles de los defectos

6.1. Alzamiento de losas



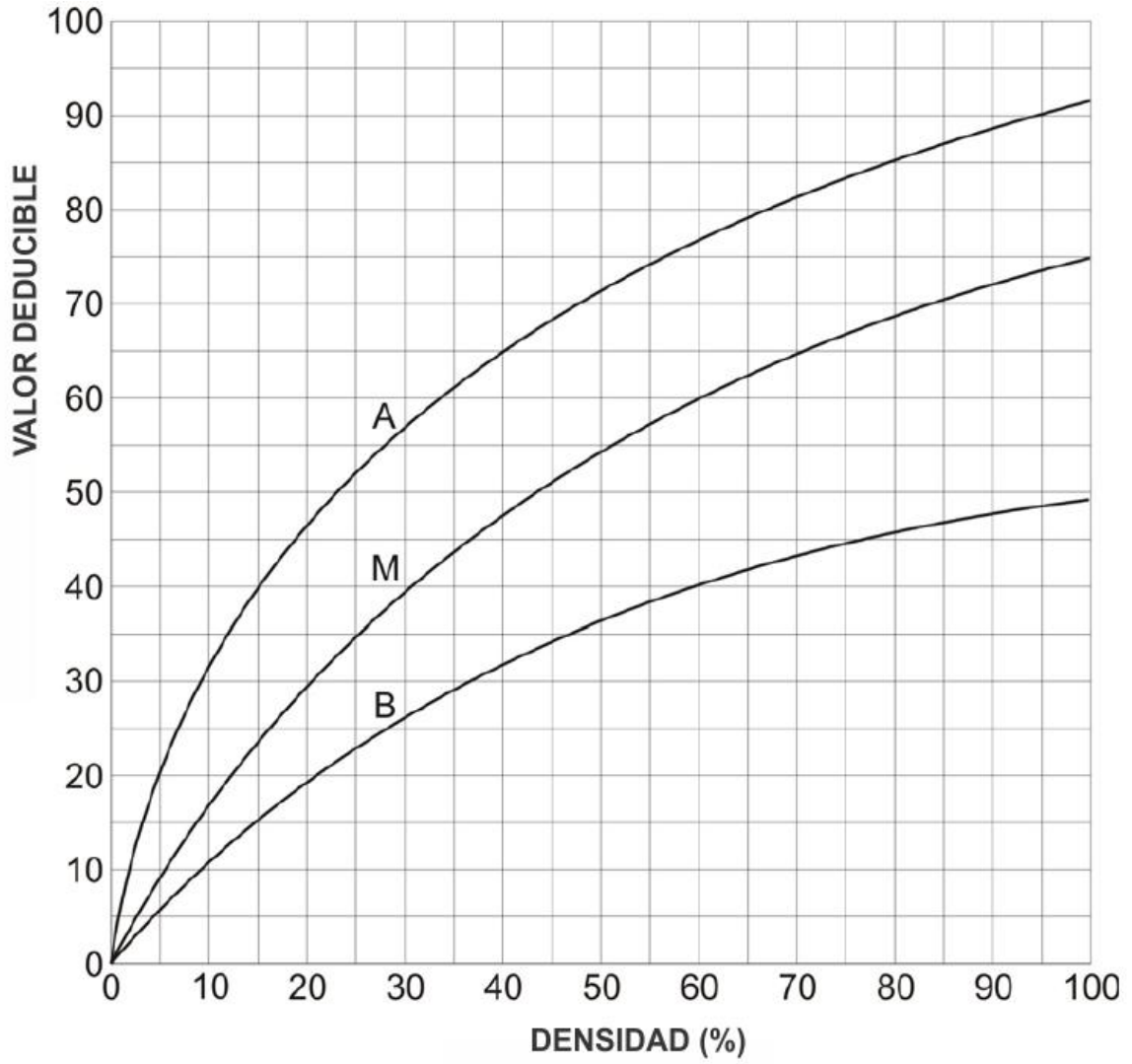
Fuente: CERL (1979)

6.2. Fisuras de esquina



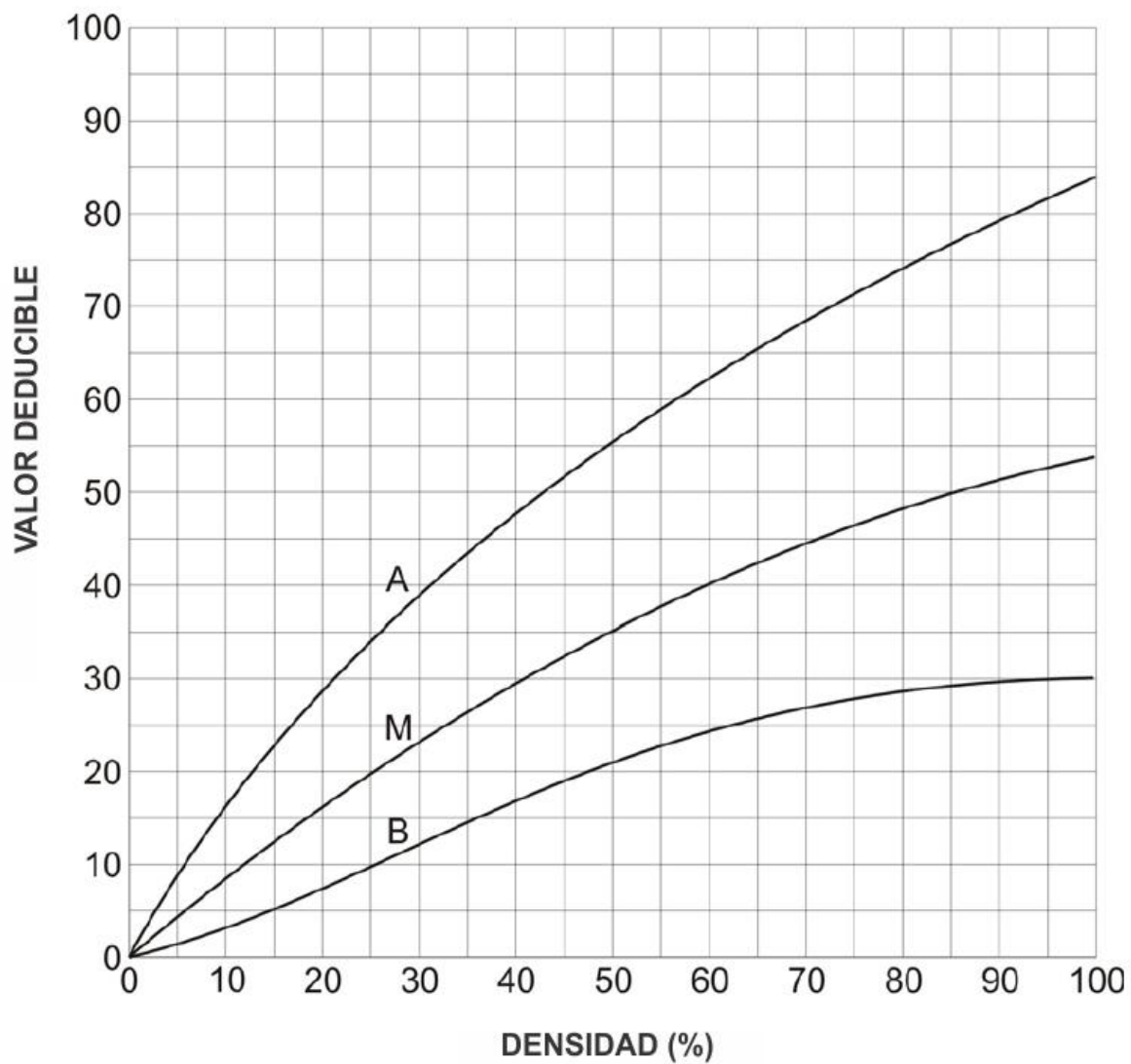
Fuente: CERL (1979)

6.3. Losa dividida (fracturada)



Fuente: CERL (1979)

6.4. Escalonamiento o desnivel



Fuente: CERL (1979)

6.5. Defecto en el sellado de juntas

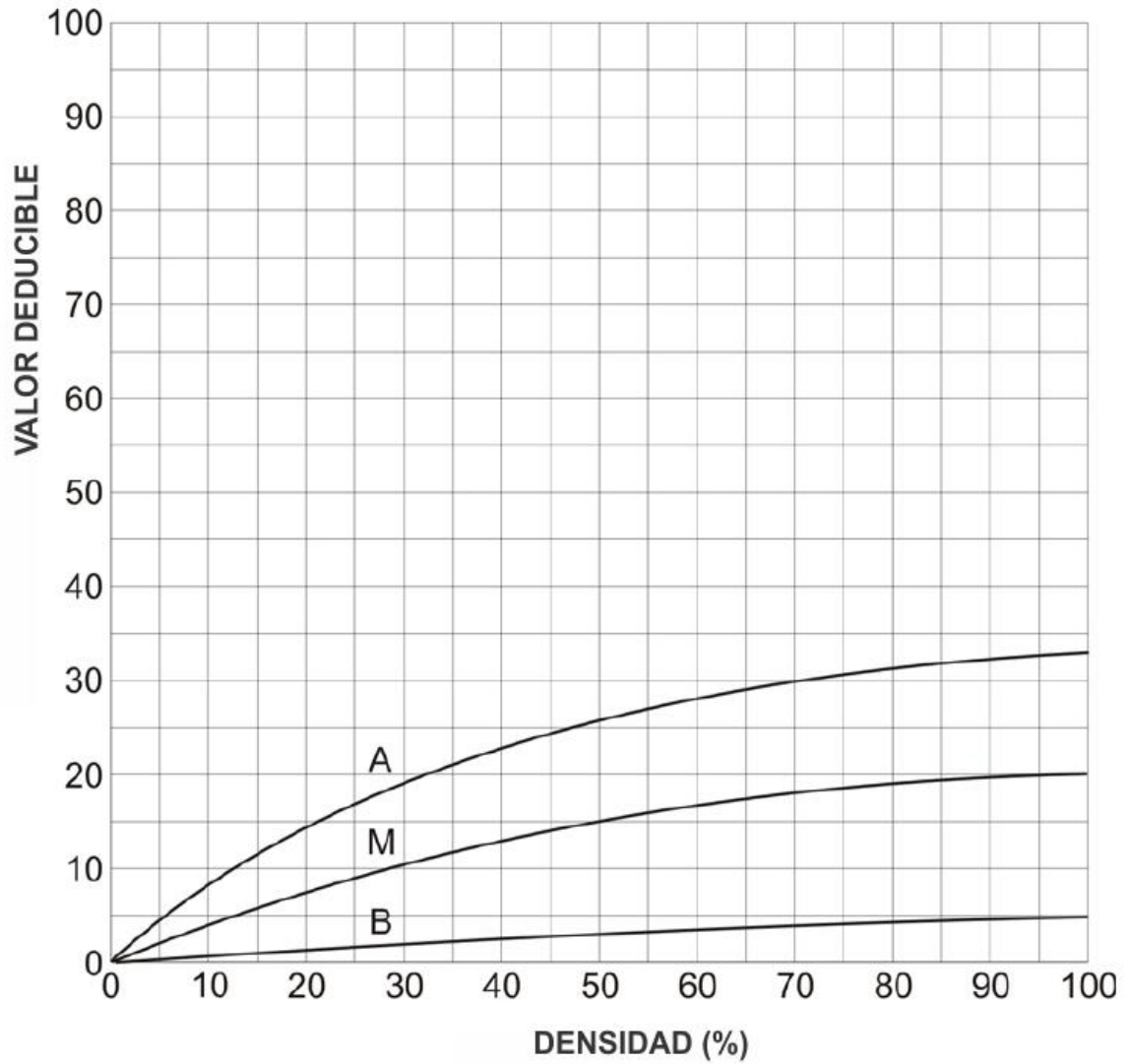
Los defectos existentes en el material sellante no son evaluados por la densidad (cantidad), mas están en función de la condición de los sistemas de sellado como un todo en la muestra inspeccionada.

Se admiten tres grados de severidad, con sus respectivos valores deducibles.

Grado de severidad	Valores deducibles
Bajo	2 puntos
Medio	4 puntos
Alto	8 puntos

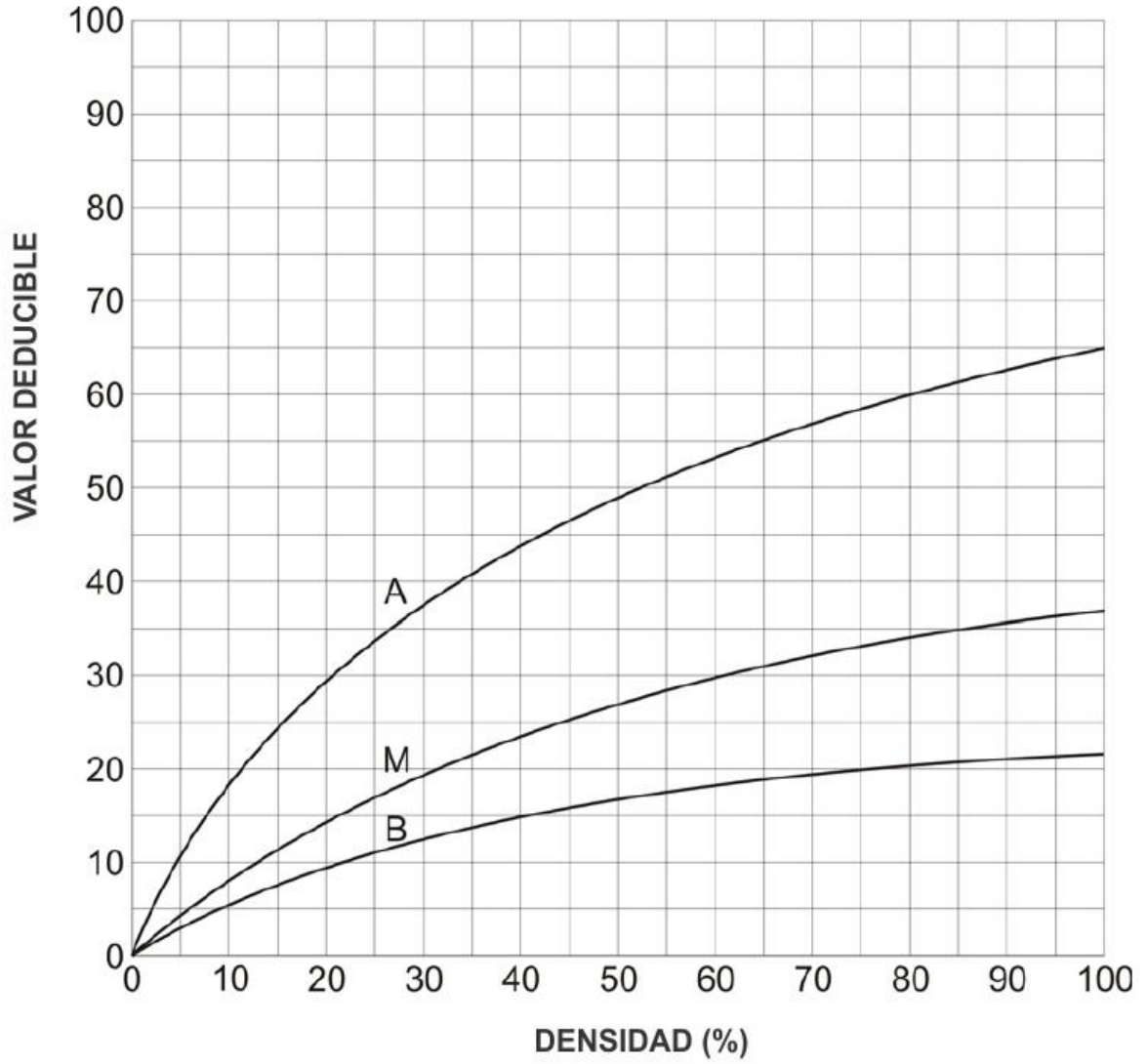
Fuente: CERL (1979)

6.6. Desnivel del pavimento – Bermas (espaldones)



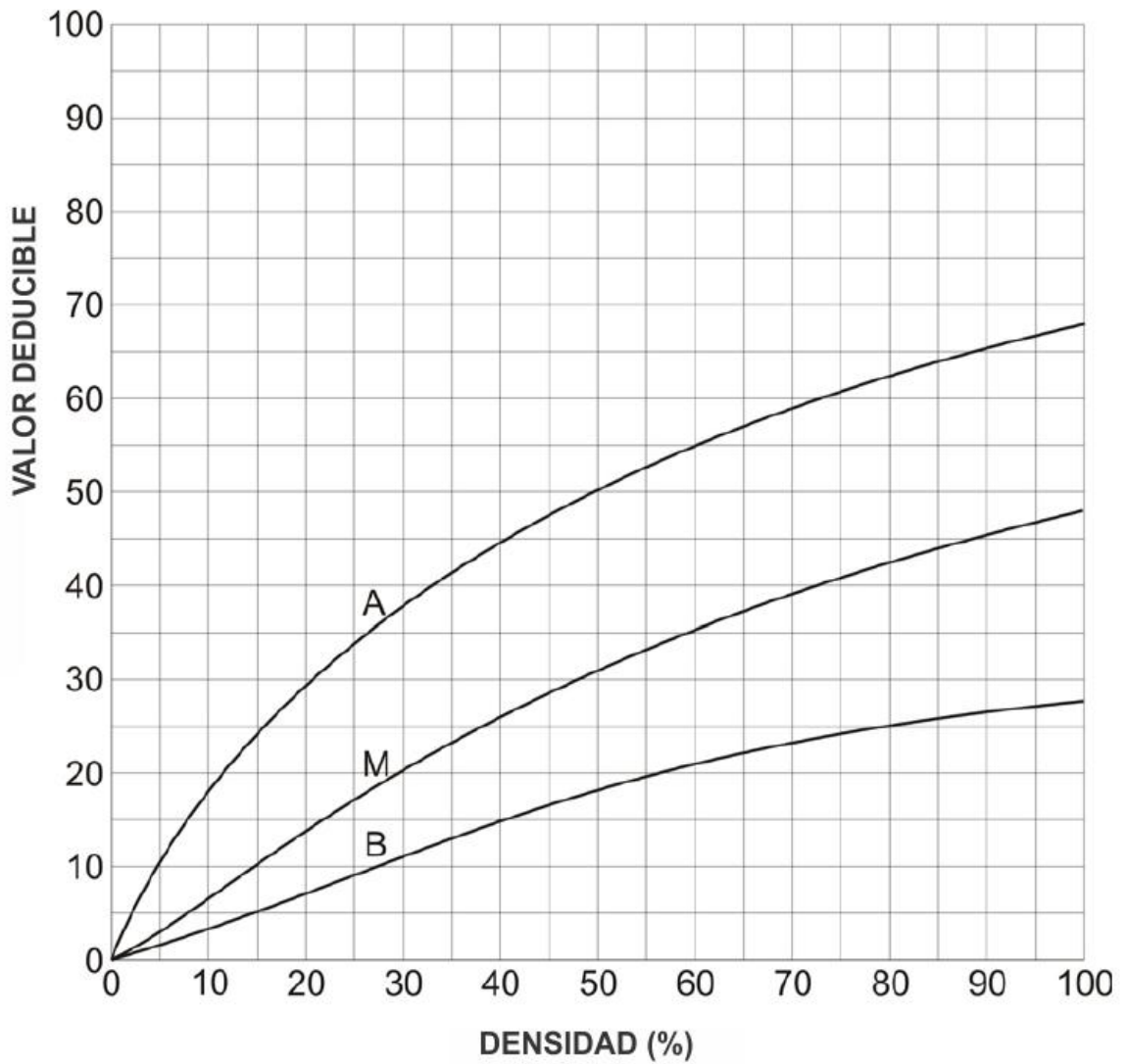
Fuente: CERL (1979)

6.7. Fisuras lineales



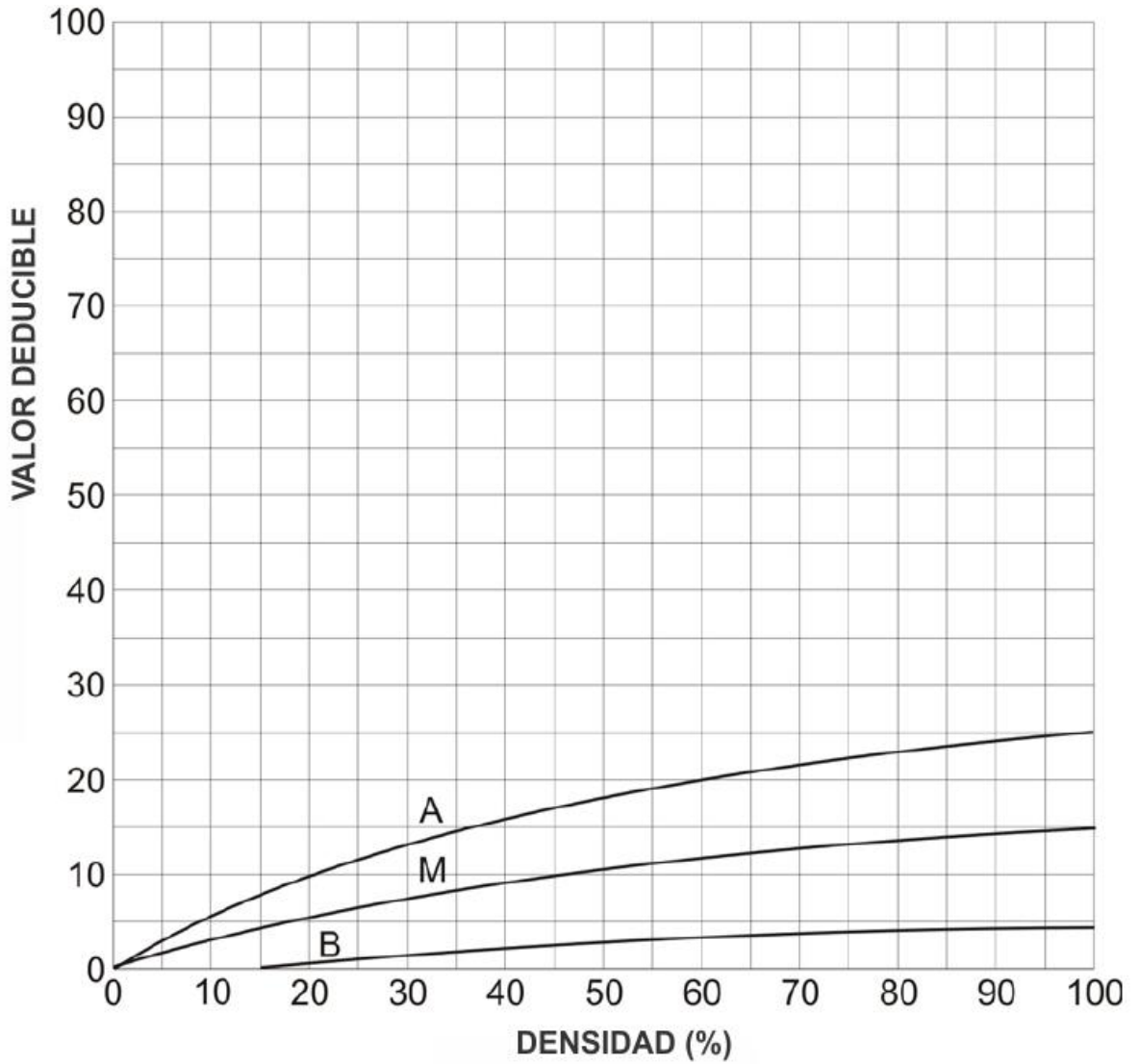
Fuente: CERL (1979)

6.8. Grandes reparaciones existentes (> 0,45 m²)



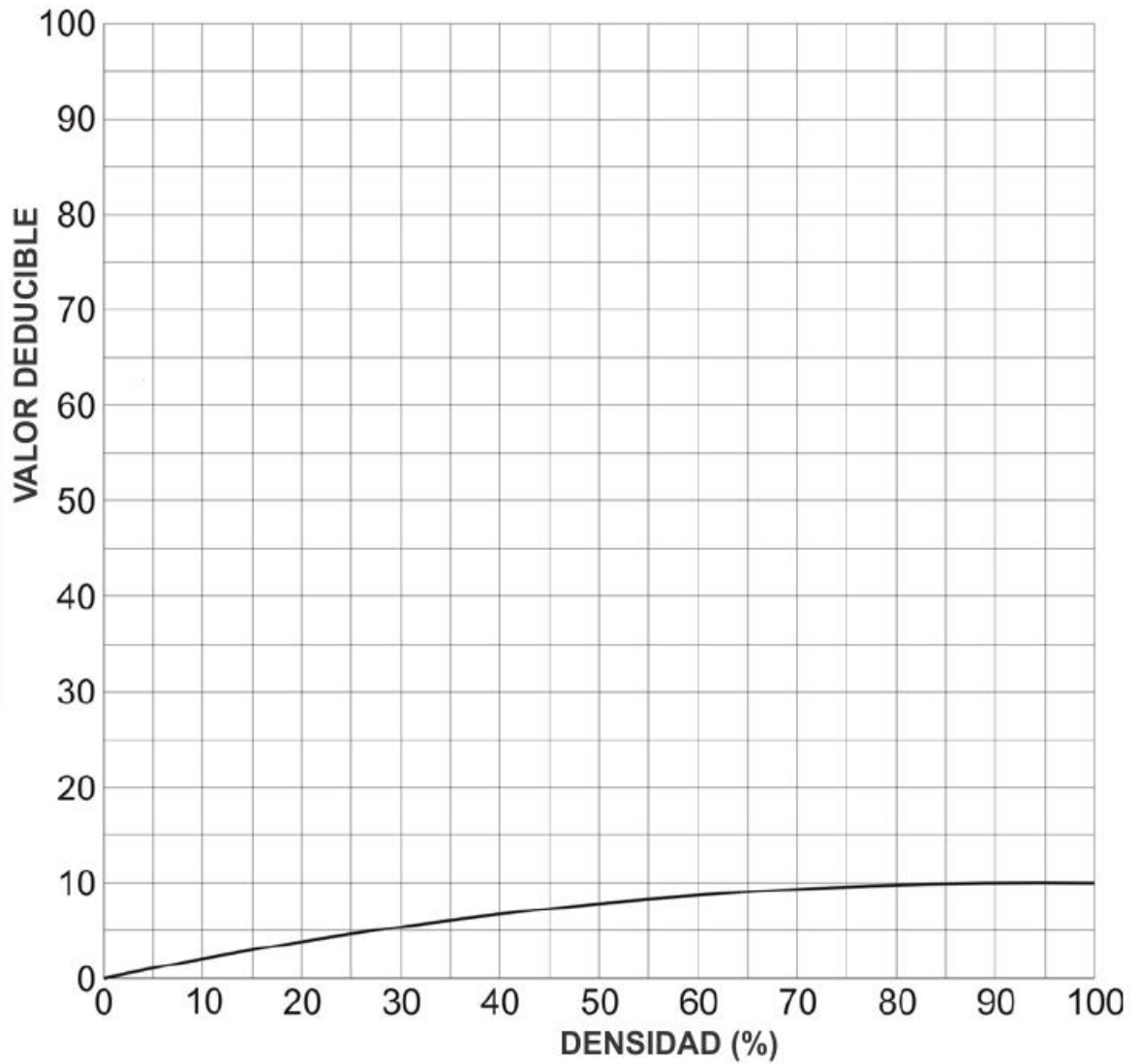
Fuente: CERL (1979)

6.9. Pequeñas reparaciones existentes ($\leq 0,45 \text{ m}^2$)



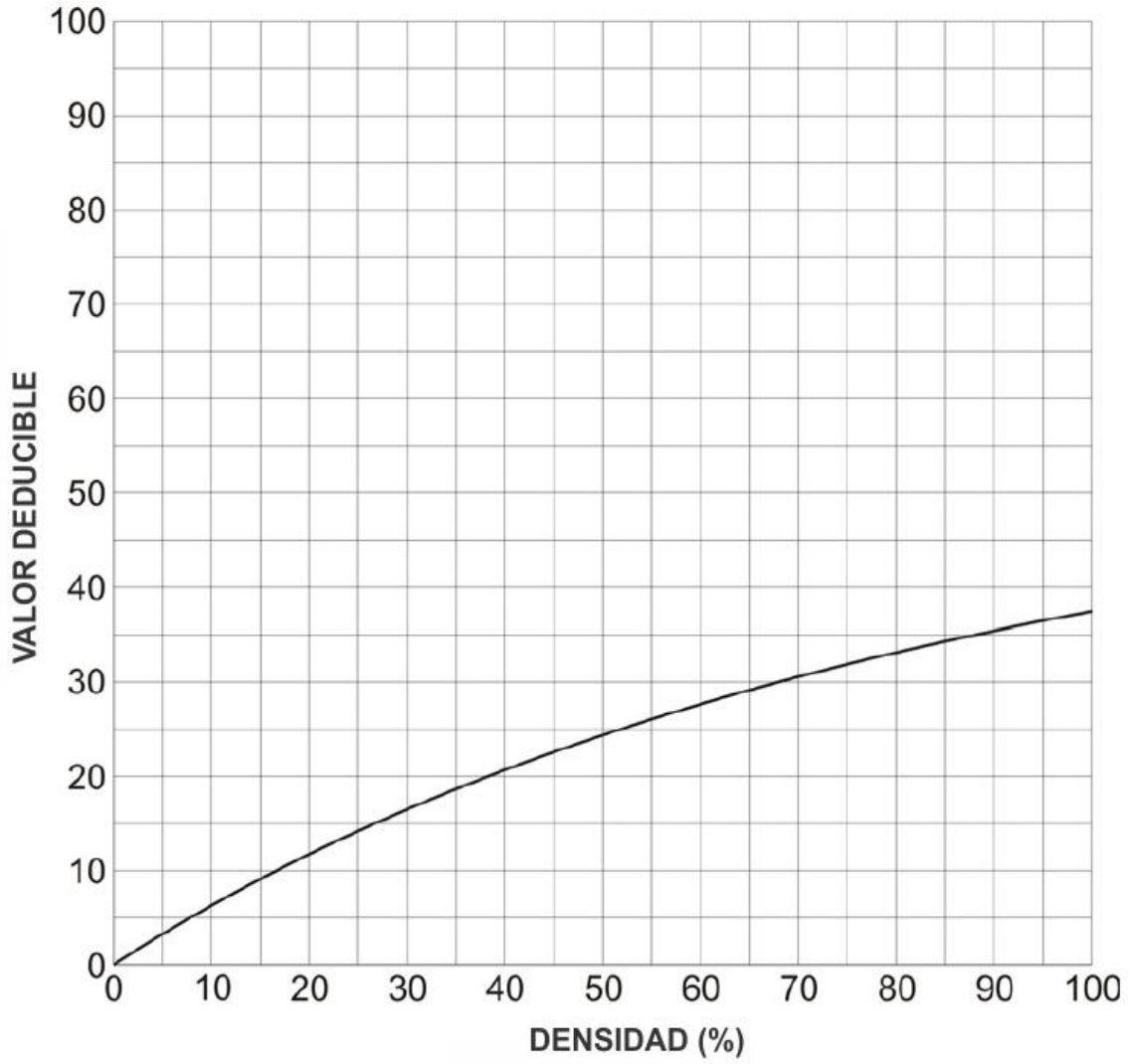
Fuente: CERL (1979)

6.10. Desgaste superficial



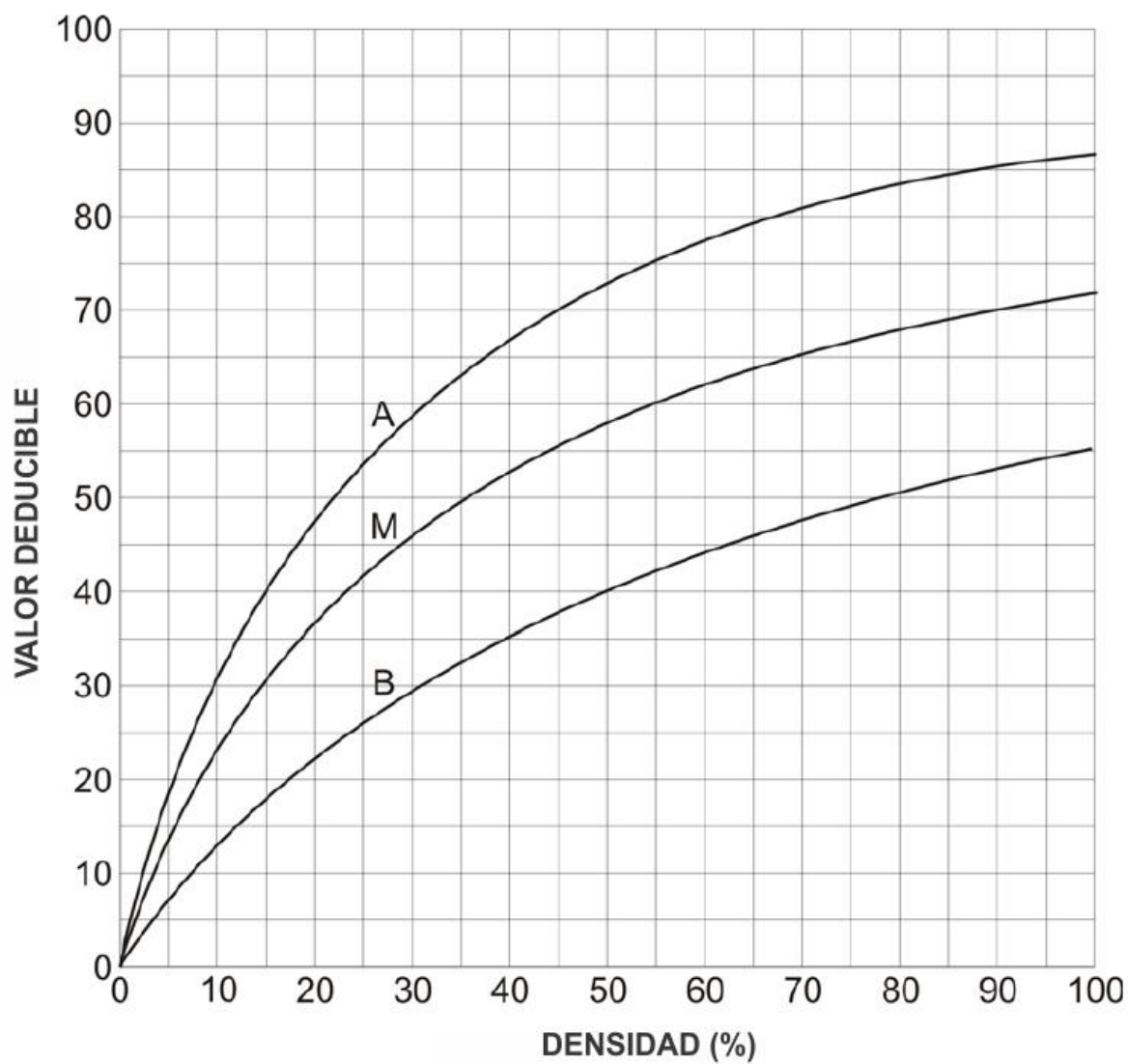
Fuente: CERL (1979)

6.11. Bombeo



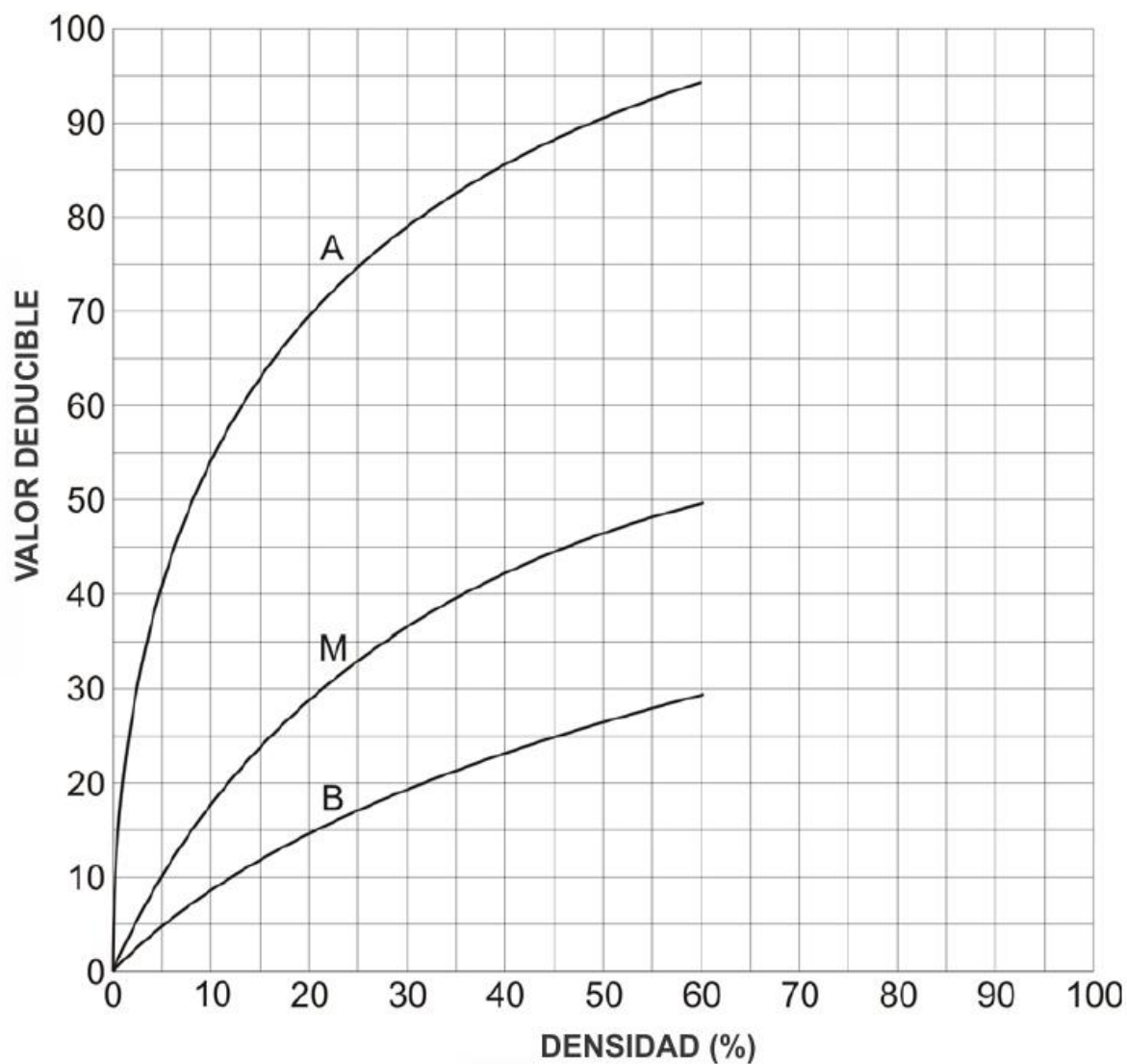
Fuente: CERL (1979)

6.12. Roturas localizadas



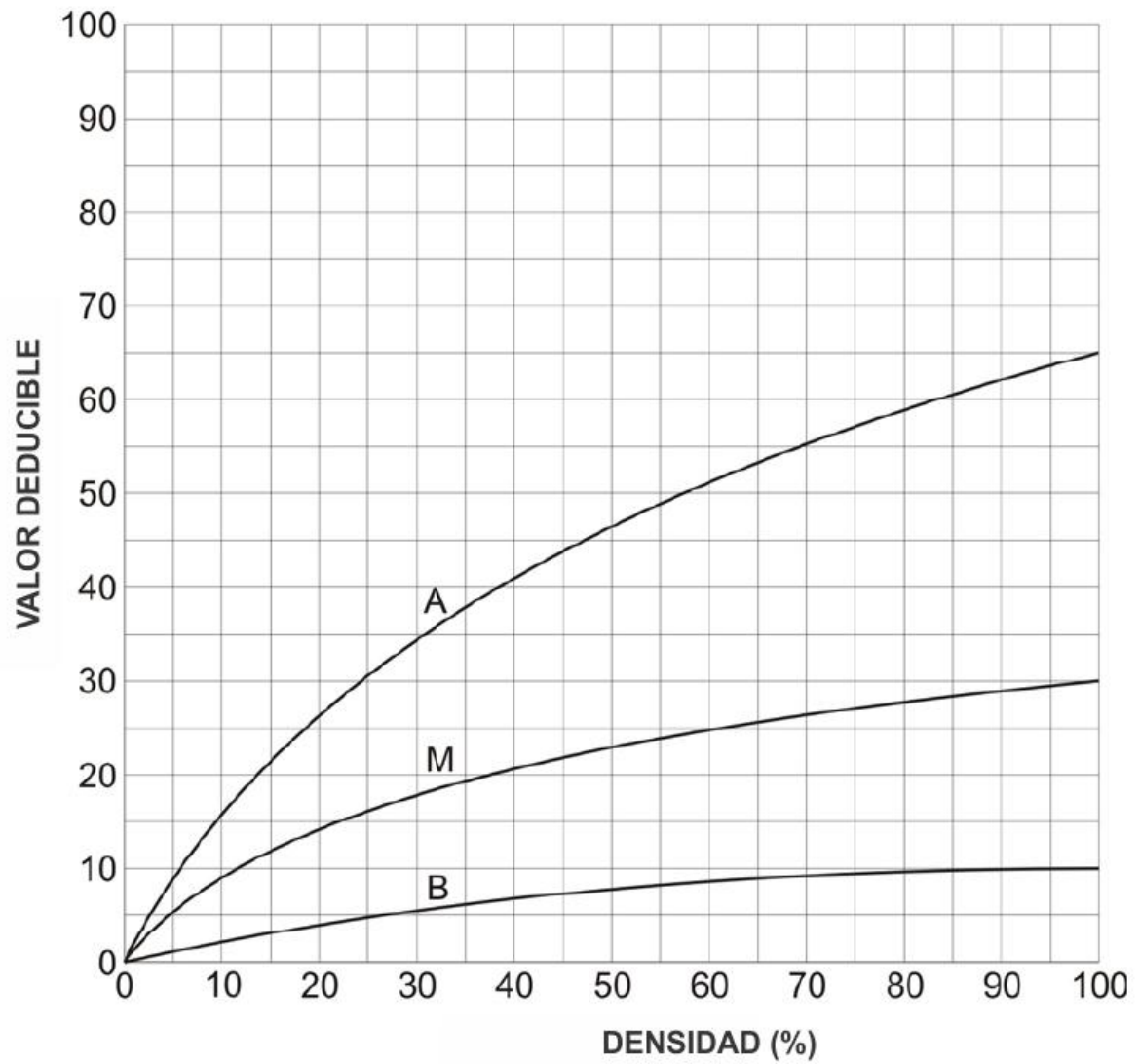
Fuente: CERL (1979)

6.13. Paso de nivel



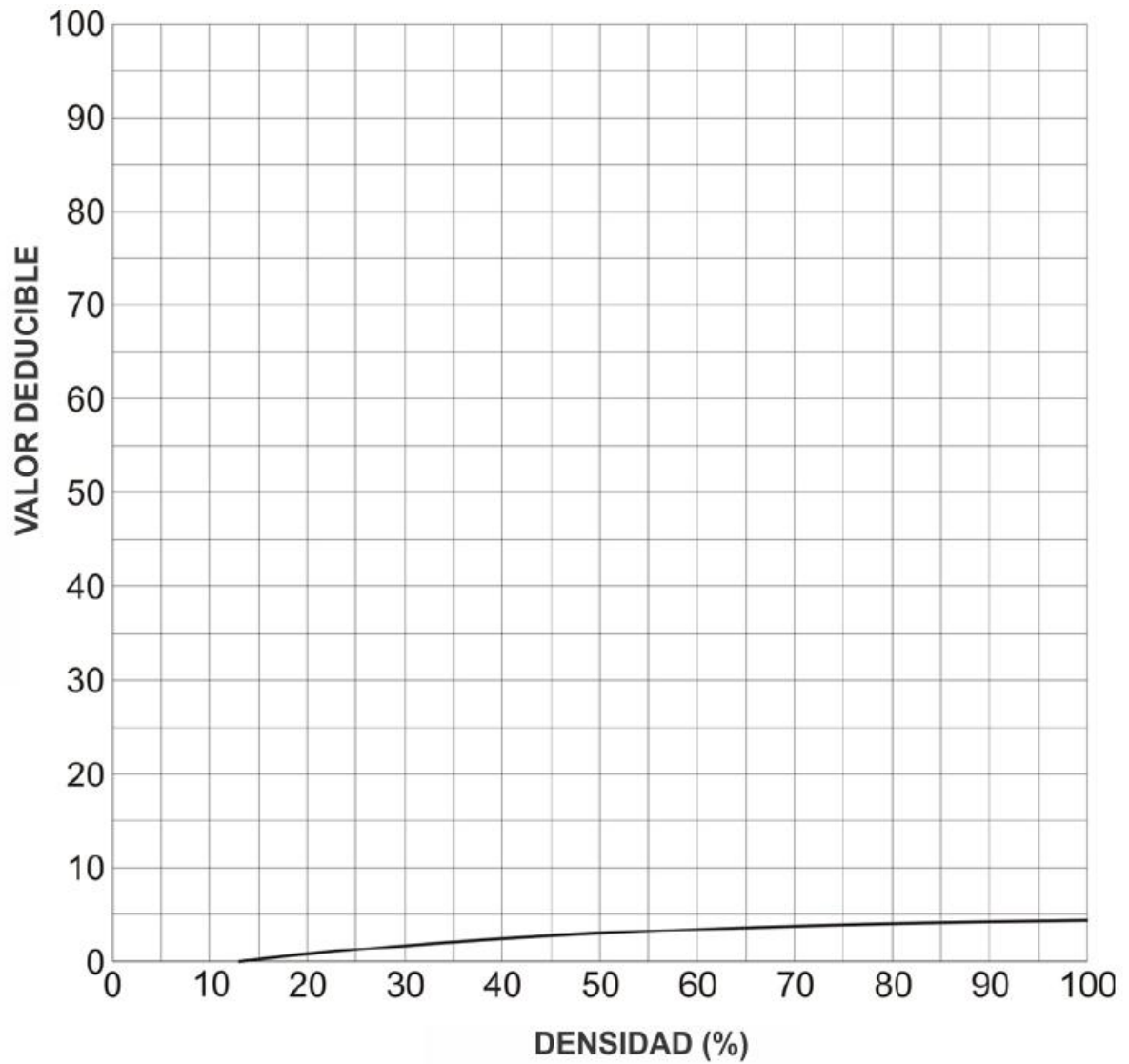
Fuente: CERL (1979)

6.14. Fisuras superficiales (cuarteado) y escamado del hormigón



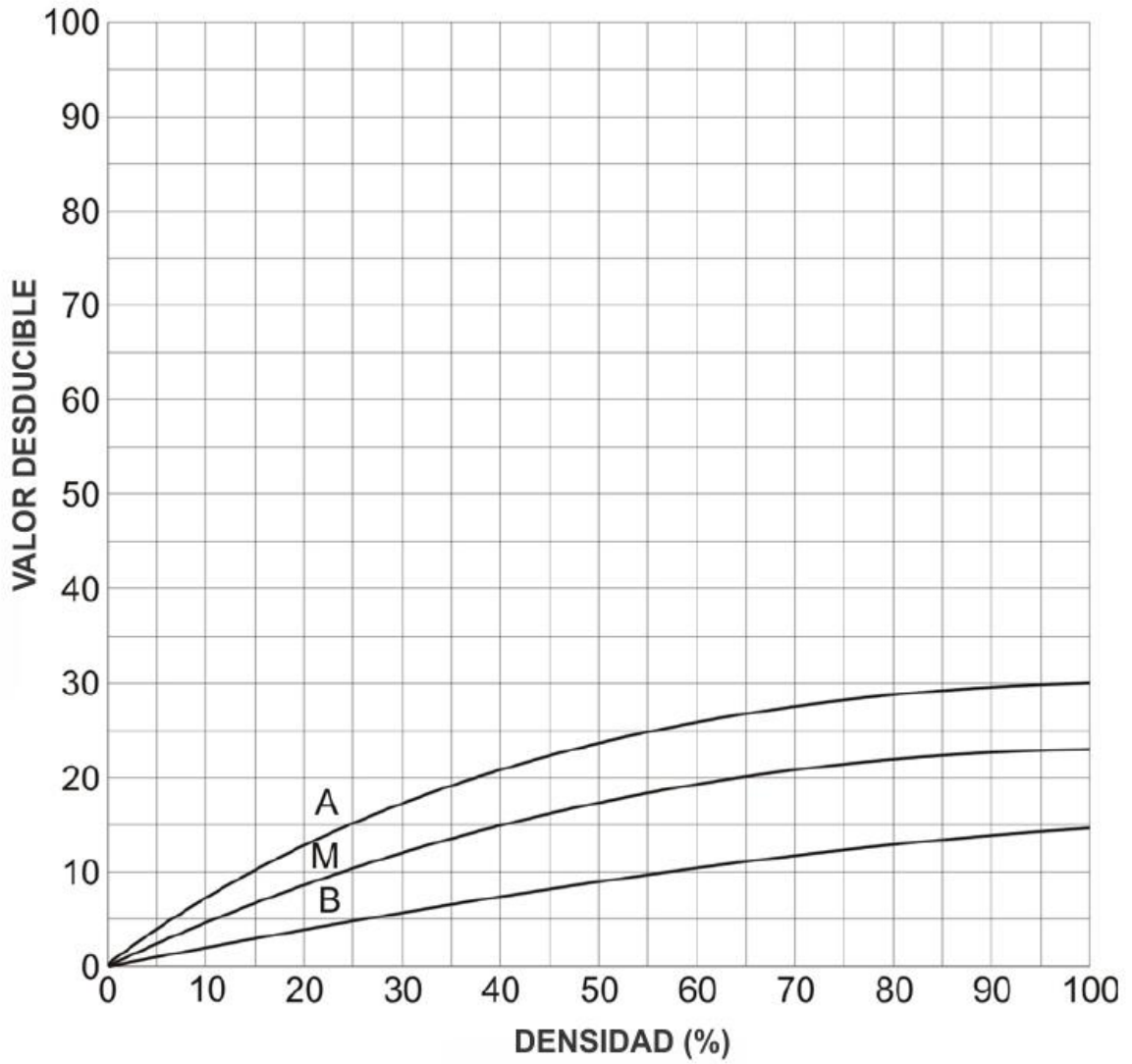
Fuente: CERL (1979)

6.15. Fisuras de retracción plástica



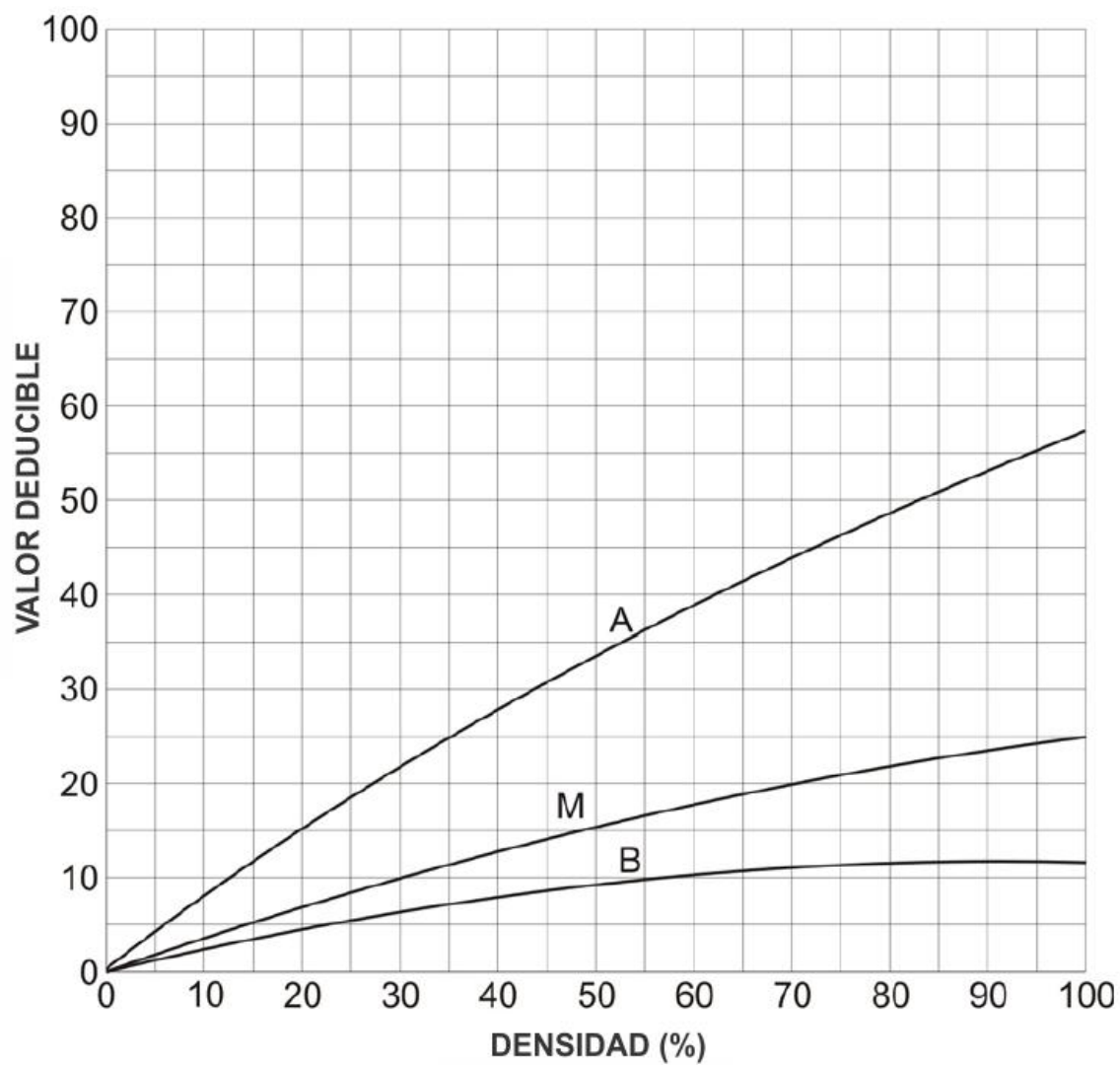
Fuente: CERL (1979)

6.16. Desportillado y quiebre de canto



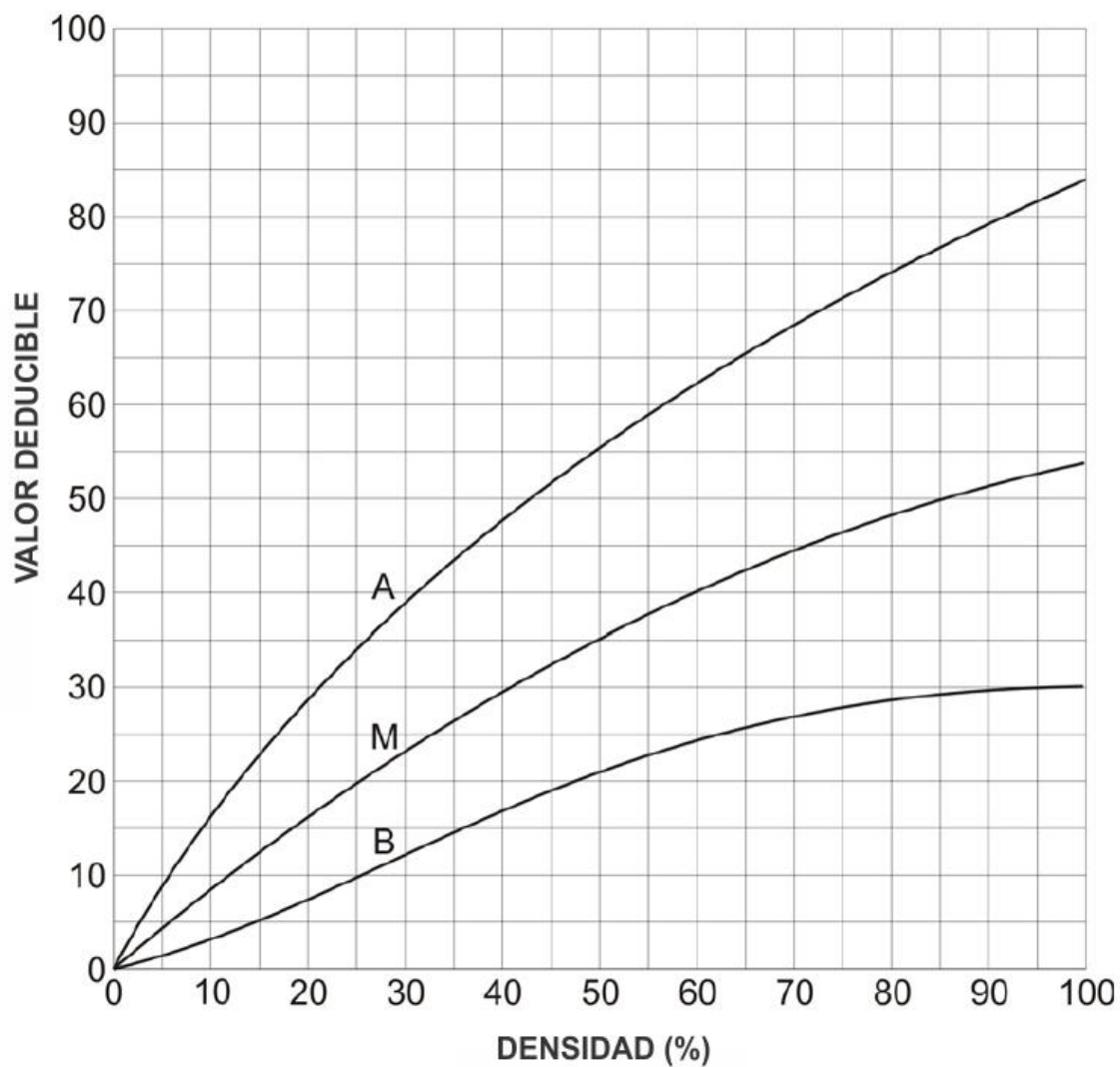
Fuente: CERL (1979)

6.17. Desportillado de juntas



Fuente: CERL (1979)

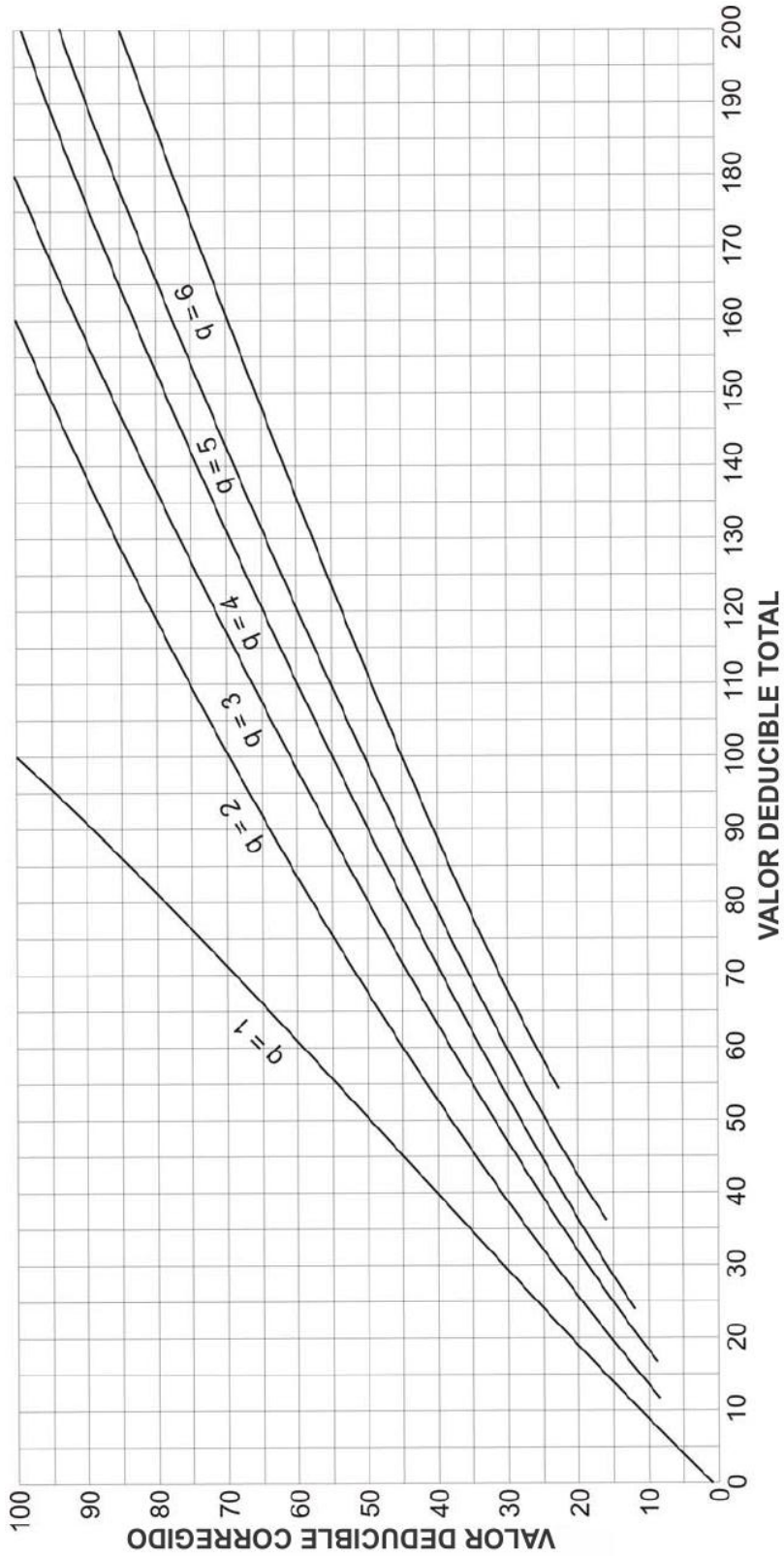
6.18. Losa suelta o “losa bailarina”



Fuente: CERL (1979)

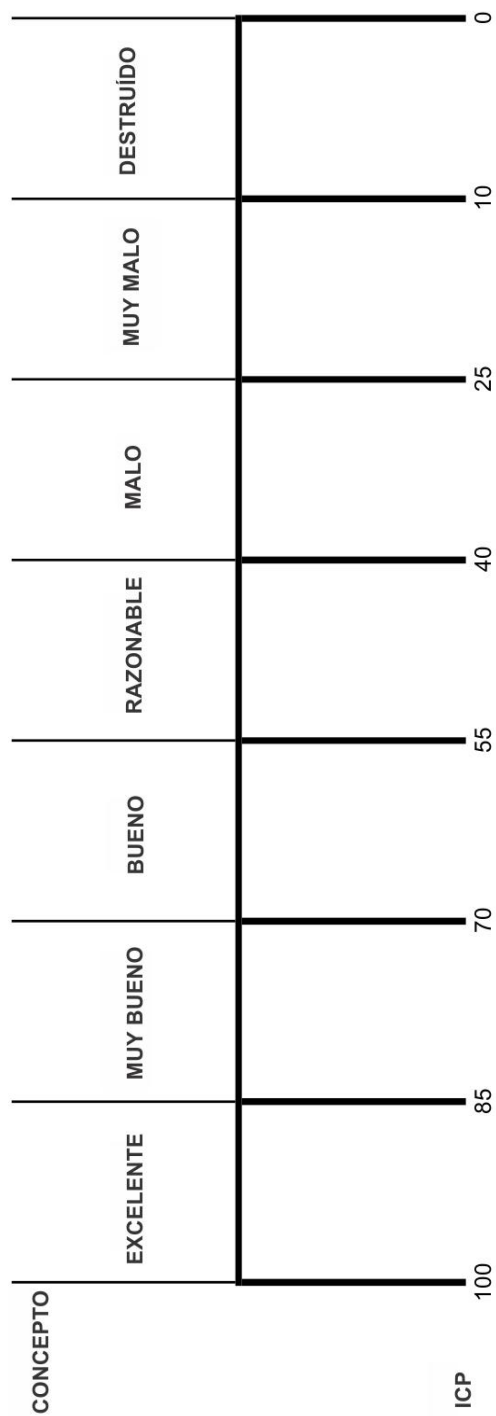
7. Valor deducible corregido, para pavimentos de hormigón simple

Fuente: CERL (1979)



NOTA: q = número de valores deducibles superiores a 5, considerando el mayor valor para cada tipo de defecto

ANEXO B (NORMATIVO)



NORMA

Pavimento rígido – Evaluación subjetiva – Procedimiento

Resumen

Esta Norma define y fija los procedimientos que deben ser adoptados para la evaluación subjetiva de pavimentos rígidos, en cuanto a confort y suavidad de circulación. Describe las condiciones generales y específicas para la evaluación, para el cálculo del Índice de Condición del pavimento – ICP y para la forma de asignación de los atributos al pavimento.

1. Objetivo

Esta norma fija los procedimientos exigibles en la evaluación subjetiva de pavimentos rígidos de carreteras, por medio de atribución de notas (calificación) a los tramos inspeccionados, de forma que indica el grado de confort y suavidad de circulación proporcionado por el pavimento.

2. Definición

La evaluación subjetiva consiste en evaluar las condiciones del pavimento, especialmente lo que se refiere al confort de circulación del tráfico, por medio de observaciones realizadas por evaluadores que circulan por este pavimento y lo califican. En este tipo de evaluación es muy importante la experiencia del evaluador.

3. Condiciones generales

La evaluación subjetiva consta de las siguientes fases:

- a. Inspección del pavimento
- b. Atribución de conceptos
- c. Análisis del registro documental
- d. Emisión del informe

4. Condiciones específicas

4.1. Inspección del pavimento

Los tramos de la carretera deberán ser inspeccionados por tres evaluadores, individualmente, cada uno de ellos en un vehículo por separado, que debe ser del tipo de uso común en la carretera.

Cada evaluador deberá

- a. Recorrer cada tramo dos veces; la primera a velocidad reducida, donde serán observados los detalles de la pavimentación y la segunda, con velocidad próxima al límite permitido en la carretera, para ser evaluadas las condiciones de confort, seguridad y circulación del tráfico.
- b. Utilizar la Ficha de Evaluación para cada tramo del pavimento (Ver anexo A).
- c. Al finalizar la inspección de cada tramo, se atribuye una nota para el pavimento, de acuerdo con la escala mostrada en el Anexo B.
- d. Mantener la evaluación en confidencialidad, en relación a los otros evaluadores.

4.2. Atribución de notas y respectivas conceptos

Los conceptos de los tramos inspeccionados serán función de las calificaciones atribuidas por los tres evaluadores. En el caso que no haya consenso, la calificación será la correspondiente a la media aritmética de las tres calificaciones (ver anexo B).

En esta fase, los evaluadores deberán reunirse para:

- a. Divulgar la calificación dadas a los tramos.
- b. Emitir y debatir sus opiniones sobre la condición estructural y el comportamiento de los pavimentos inspeccionados.
- c. Calificar con notas a los pavimentos inspeccionados.

4.3. Análisis del registro documental

Los evaluadores procederán a la recopilación de antecedentes históricos del pavimento (ver Anexo C), a modo de obtener la mayor información posible sobre:

- a. Datos del proyecto
- b. Datos de su construcción
- c. Datos de operación
- d. Datos de reparación y refuerzo

4.4. Emisión del informe

Los tres evaluadores emitirán un informe donde deberá constar

- a. Opinión sobre la condición general de la estructura y del comportamiento del pavimento de los tramos evaluados (integridad, capacidad y regularidad superficial; resistencia al derrape; potencial de hidropilano, etc.)
- b. La calificación (características) atribuida al pavimento
- c. Probables causas de los defectos observados

- d. Registro por kilometraje de los lugares en que el pavimento merece atención especial, por no presentar buenas condiciones
- e. Las fichas de evaluación
- f. Las firmas de los tres evaluadores y fecha

5. Disposiciones finales

Las inspecciones deberán ser efectuadas bajo condiciones climáticas favorables.

Los evaluadores deberán estar consientes de los propósitos de la evaluación y deberán tener experiencia en el análisis y evaluación de pavimentos rígidos

Un ejemplar del informe deberá ser parte del registro documental de la carretera (Anexo C).

Anexo A (normativo)

Modelo de Ficha de Evaluación

Carretera: _____ Tramo: _____

Fecha: _____

Evaluador Nombre legible: _____

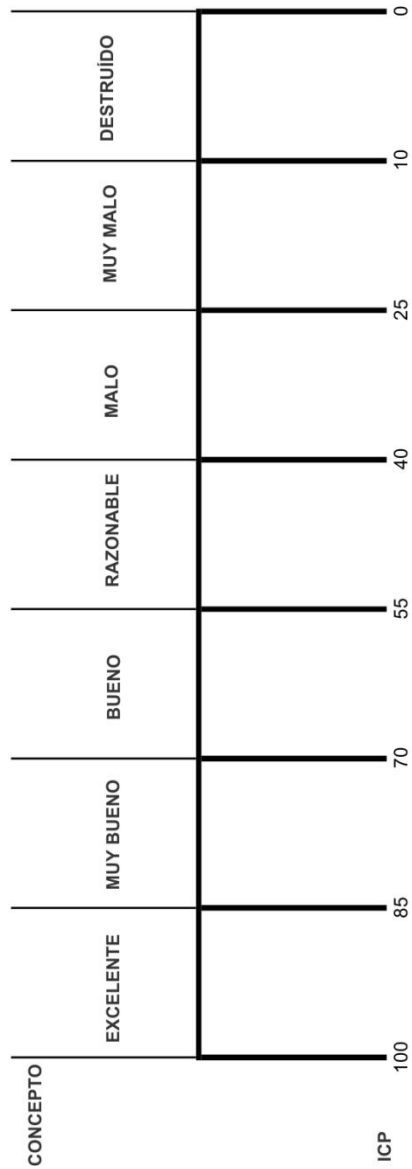
Firma: _____

Observaciones: _____

Lugares de la carretera que no presentan buenas condiciones

Lugar	Observación

Calificación atribuida al tramo: _____

Anexo B (normativo)**Escala de evaluación subjetiva de pavimentos**

Anexo C (informativo)
Registro documental – modelo

1. Identificación

Designación de la carretera: _____

Estado(s): _____

Tramo en Pavimento Rígido

de Km _____ Municipio _____

a Km _____ Municipio _____

2. Datos del proyecto

Responsable: _____

Subrasante

Material: _____

CBR (%) _____ k (Mpa/m): _____

Refuerzos de la subrasante

Material: _____ Procedencia: _____

Espesor: _____ CBR (%): _____

Características de compactación: _____

Peso Esp. Max.: _____ Humedad optima: _____

Sub-base

Tipo: _____

Espesor: _____

“k” del sistema Subrasante – Subbase (Mpa/m): _____

Características particulares: _____

Material aislante: _____

Pavimento de hormigón:Resistencia a la tracción en flexión del hormigón ($f_{ctM,k}$) = _____ Mpa

Espesor: _____

Método de dimensionamiento: _____

Vida útil estimada: _____

Tráfico inicial: (Anexo D)

Tasa de crecimiento anual: _____

Dimensiones de las losas: _____

Juntas Transversales: Aserradas _____
 Moldeadas _____

Barras de transferencia: _____

Abertura: _____

Material sellante: _____

Acabado superficial: _____

Drenaje: _____

Tipo de berma: _____

Ancho: _____

Anexo C (continuación)**Distribución del tráfico**

Carga por Eje (KN)	No. de solicitudes previstas
Ejes simples	
Ejes tandem dobles	
Ejes tandem triples	

Anexo C (continuación)

Esquema de sección transversal

Anexo C (continuación)**Datos de control del hormigón**

Lote	Tramo (Km/Km)	F_{ct}/estimada (Mpa)	N (número de ejemplares)

DATOS DE EJECUCIÓN**Equipo:**

Reglas vibratoras: _____

Terminadoras medianas sobre rieles: _____

Moldes Delizantes: _____

Mezcla de hormigón:

Planta: _____

Hormigonera: _____

Transporte: _____

Colocado: _____

Compactado: _____

Acabado Superficial: _____

Curado: _____

Hormigón:

Dosificación: _____

Resistencia Característica a Tracción en Flexión ($f_{ctm,k}$) = _____ MPa.

Edad de control: _____

Tipo de ensayo utilizado en el control: _____

Consistencia: Revenimiento: _____

 Tiempo VeBe: _____

Anexo C (continuación)

Datos de control de Sub – base

TRENCHOS Km/Km	COEFICIENTE DE BALASTO (k) (Mpa/m)			C.B.R. (%)			Valores Promedios de ejecución		
	Médico	Máximo	Mínimo	Médico	Máximo	Mínimo	Confianza (%)	S _{máx} (g/dm ³)	Grado Comp. (%)

Observaciones: METODOLOGÍAS ADOPTADAS PARA CONTROL

Anexo C (continuación)

Datos de control del refuerzo de la Subrasante

TRECHOS Km/Km	COEFICIENTE DE BALASTO (k) (Mpa/m)			C.B.R. (%)			Valores Promedios de ejecución		
	Méδιο	Máximo	Mínimo	Méδιο	Máximo	Mínimo	Confianza (%)	S _{máx} (g/dm ³)	Grado Comp. (%)

Observaciones:

Anexo C (continuación)

Cemento: _____ **Marca:** _____ **Tipo:** _____

AGREGADOS UTILIZADOS

		GRANULOMETRÍA (% RET. ACUM.)												
TIPO	PROCED	76	50	38	25	19	9,5	4,8	2,4	1,2	0,6	0,3	0,15	MF

OBSERVACIONES: Abertura de los tamices en mm.

Observaciones complementarias de los agregados: _____

Aditivos:

Tipo: _____

Cantidad: _____

Aire incorporado: _____

Anexo C (continuación)

Datos de control de la subrasante

TRECHOS Km/Km	C.B.R. (%)			COEFICIENTE DE BALASTO (k) (MPa/m)			k (MPa/m)	LL (%)	IP (%)	Granulometría (%)						Valores Promedios de ejecución			
	Mélio	Máximo	Mínimo	Mélio	Máximo	Mínimo				2"	1"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	Confianza (%)	S _{máx} (g/dm ³)	Grado Comp. (%)

Observaciones: Trechos críticos (causas)

NORMA

Pavimento rígido – Construcción con piezas prefabricadas de hormigón de cemento Portland - Especificación de Servicio

Resumen

Este documento define la metodología a ser adoptada en la construcción de pavimentos rígidos para carreteras con piezas prefabricadas de hormigón de cemento Portland. Son también mostrados los requisitos concernientes a las condiciones generales y específicas al manejo ambiental, inspección y los criterios de medición.

1. Objetivo

Esta Norma establece los requisitos mínimos a ser adoptados en la ejecución de pavimentos rígidos en carreteras con piezas prefabricadas de hormigón de cemento Portland.

2. Definición

El pavimento de piezas prefabricadas de hormigón es del tipo de pavimentación adecuado para estacionamientos, vías de acceso, desvíos de carreteras de bajo tráfico y preferentemente urbanos, construidos con piezas prefabricadas de hormigón, con diversos formas, yuxtapuestos, con o sin articulación y unidas con asfalto.

3. Condiciones generales

3.1. Sub-base

Las losas de hormigón deben estar vaciadas sobre un material de sub-base, ejecutado con un material y espesor definido en el proyecto, que no deberá presentar expansión ni ser bombeable, asegurando a las losas un apoyo uniforme en todo instante.

3.2. Piezas prefabricadas de hormigón

Las piezas prefabricadas de hormigón podrán ser fabricadas en obra o adquiridas de proveedores.

4. Condiciones específicas.

4.1. Materiales

4.1.1. Pieza prefabricas de hormigón

Las piezas prefabricadas de hormigón deberán tener la forma geométrica uniforme y las dimensiones mínimas siguientes:

- Largo: 40 cm
- Ancho: 10 cm
- Espesor: 6 cm

La verificación de la resistencia de las piezas, debe ser a una edad comprendida entre 15 a 60 días, podrá ser determinada por en ensayos no destructivos como ser de esclerometría.

4.1.2. Arena o polvo de piedra

La arena o polvo de piedra destinado como base para el asentado de las piezas prefabricadas de hormigón deberá cumplir con la norma ASTM C33.

4.1.3. Asfalto

En el espacio dejado por las piezas en las juntas deberá ser empleado cemento asfáltico de penetración 40/50 ó 50/60.

4.2. Equipo

El equipo destinado a la ejecución del pavimento es el siguiente:

- a. Motoniveladora de superficie lisa de 10 a 12 t
- b. Calentador para asfalto, dotado de ruedas neumáticas, con enganche de remolque, gaveta de extracción lateral de asfalto en cubos o regaderas, antorchas y termómetros.
- c. Balones cisterna portátiles con capacidad de 10 a 20 litros con pico distribuidor en forma de cono.
- d. Otras herramientas: palas, picotas, carretillas de mano, regla, nivel de constructor, cuerdas, puntas de acero, cepillos, palanca de acero, entre otros

4.3. Ejecución

4.3.1. Subrasante

La subrasante deberá ser nivelada de acuerdo con las especificaciones del proyecto.

4.3.2. Sub-base

Será ejecutado de acuerdo con las especificaciones establecidas en el proyecto, para el tipo empleado en la ejecución del pavimento, debiendo mantener su conformación geométrica hasta el momento del asentamiento de las piezas prefabricadas. Las depresiones en la superficie del pavimento destinados al drenaje del agua superficial deben ser conformando en la sub-base.

Para un mejor desempeño del pavimento se sugiere que el material de sub-base sea cohesivo o utilizar grava de granulometría compacta. El espesor de la sub-base deberá ser definido en el proyecto y su dimensión mínima será de 15 cm.

4.3.3. Colchón de arena o de polvo de piedra

Para el asentado de los bloques, deberá ser colocado sobre la sub-base, una base de arena o de polvo de piedra, que después de compactado, deberá tener un espesor uniforme de 4 cm. El confinamiento de la base de arena será efectuado por bordillos, cuya colocación es obligatoria en este tipo de pavimento

4.3.4. Pavimento de piezas prefabricadas

4.3.4.1. Distribución de los bloques

Las piezas prefabricadas transportadas para la vía, deben ser apiladas, de preferencia al margen de la vía. El número de piezas de cada pila debe ser tal que cubra la primera faja del frente más el espaciamiento entre ellas. No siendo posible utilizar las áreas laterales para depósito, apilar las piezas en la propia vía, teniendo cuidado de dejar libre las fajas destinadas a la colocación de líneas de referencia para el asentamiento.

4.3.4.2. Colocación de las líneas de referencia

Clavar las estacas de acero a lo largo del eje de la vía distanciadas a no más de 10 m una de otra, en seguida, clavar estacas a lo largo de dos o más líneas paralelas al eje de la vía, a una distancia (desde el eje), igual a un número entero, cinco a seis veces la distancias entre dos lados paralelos de las piezas aumentando las juntas intermedias.

Marcar con tiza en estas estacas, con la ayuda de la regla y el nivel de albañil, una cota referida al nivel de la guía, lo que resulta en la sección transversal que corresponde al perfil establecido en el proyecto. Estirar fuertemente la lienza por las marcas de tiza, de estaca a estaca, siguiendo la dirección del eje de la vía, de modo que queden líneas paralelas y niveladas.

4.3.4.3. Asentamiento de las piezas

4.3.4.3.1. En sectores rectos

- a. Terminada la colocación de las lienzas, iniciar el asentamiento de la primera hilera normal al eje.
- b. Cuando las piezas fuesen cuadradas, efectuar la colocación de la primera pieza con una arista coincidiendo con los ejes de la vía. Las piezas deberán ser colocadas sobre la camada de arena, verificando en el momento del asentamiento de la pieza que su cara superior sobresalga un poco por encima de la lienza. Por lo tanto el encargado deberá presionar la pieza contra la arena, al mismo tiempo que asegura su posición. Colocada la primera pieza, la segunda será encajada de la misma forma que la primera. Después de colocadas las piezas se las debe afirmar golpeándolas con un mazo de goma.
- c. Cuando las piezas fuesen hexagonales, se efectúa el asentamiento de la primera pieza con una arista coincidiendo con el eje de la vía, restando así el vértice de un ángulo ajustado a la línea de origen del colocado. Los triángulos dejados vacíos son rellenados con fracciones de piezas previamente fabricadas
- d. La hilera ya no debe presentar más dificultades de colocación, una vez que los encajes de las articulaciones definen las posiciones de las piezas. iniciar encajando la primera pieza, de modo que quede la junta en el centro de la pieza de la primera hilera que se encuentra de frente. en el caso de piezas hexagonales, los ángulos dejados en el colocado en el asentamiento de la primera pieza definen la posición de las piezas de la segunda hilera, así como estas definen a las piezas de la tercera y así continuadamente hacia adelante.
- e. Inmediatamente después del colocado de la pieza, efectuar el calzado entre ellas, materializando la junta con la ayuda de una adecuada palanca de acero, igualando la distancia entre ellas. Esta operación debe ser efectuada antes de la distribución de la arena para rejuntado, pues, su introducción en las juntas perjudicará su correcta colocación. Para evitar que la arena de la base pueda perjudicar el colocado proyectado, algunos tipos de piezas poseen bisel en las aristas de la cara inferior
- f. En la colocación de las piezas, la compactadora deberá, de preferencia, trabajar de frente a la hilera que está asentando, o sea, de frente para el área pavimentada.
- g. Para las esquinas, se debe emplear segmentos de piezas de $\frac{3}{4}$ de pieza.
- h. El control de las hileras es efectuado por medio de escuadras de madera (con catetos de 1,50 m a 2,00 m), colocando un cateto paralelo al cordel, de forma que el otro cateto defina el alineamiento transversal de la hilera en ejecución.
- i. La nivelación es controlada por medio de una regla de madera, de largo un poco mayor que la distancia entre los cordeles y coincidiendo con el nivel de los bloques entre los cordeles.

- j. El control del alineamiento es efectuado colocando las caras de las piezas que coinciden en los cordeles, de forma que las juntas definan una recta debajo el cordel.

4.3.4.3.2. En intersecciones y cruces rectos

El asentamiento en la vía principal debe seguir normalmente, en el paso de la intersección o cruce, inclusive acompañando el alineamiento de las guías. En la vía secundaria que intercepta o cruza, el asentamiento debe continuar por la faja que limita al arco de coincidencia de la esquina, hasta encontrar el alineamiento de las piezas enteras y distribuir la diferencia por las hileras anteriores. En general, se utilizan amarres de 10 m en 10 m, para permitir la distribución de la diferencia a ser corregida por toda la extensión del área de pavimentación.

4.3.4.3.3. En cruces e intersecciones inclinadas

El asentamiento de la vía principal sigue normalmente sobre la vía secundaria y a la superficie final a ser asentada formará un triángulo. El relleno de este triángulo se efectúa de la forma normal, proporcionando piezas de forma y dimensiones exigidas para la conclusión de cada línea

4.3.4.3.4. Rejuntado

El rejuntado de las piezas será efectuado con arena con el infiltrado de asfalto derretido. Se distribuye la arena por las juntas y después, con una escobilla o cepillo, se procura forzar que la arena penetre las juntas, de forma que $\frac{3}{4}$ de su altura quede relleno. Después, con el regador, se derrama el asfalto en las juntas previamente calentado, hasta que aflore en la superficie del pavimento. Entre en esparcido de arena y el derrame de asfalto se procederá a comprimir la emulsión dentro de la junta. Después se realiza el trabajo del rodillo compactador, iniciando las pasadas en los bordes de la vía continuando de allí para el centro, en los sectores rectos hasta el borde externo como en los sectores en curva

4.3.4.3.5. Protección, verificación y entrega al tráfico

Durante todo el periodo de construcción del pavimento deberán ser construidas cunetas provisionarias que desvíen las aguas de lluvia y no será permitido tráfico sobre la vía en ejecución.

5. Manejo ambiental

Los cuidados a ser considerados velando por la preservación del medio ambiente en el transcurrir de las operaciones destinadas a la ejecución del pavimento de hormigón son:

5.1. En la exploración de bancos de materiales

- a. El material solamente será aceptado después de que el ejecutor presente la licencia ambiental de operación de la cantera para ser archivada la copia de la licencia junta al libro de órdenes de obra.
- b. Evitar la localización de la cantera y de las instalaciones de triturado en áreas de preservación ambiental.
- c. Planear adecuadamente la exploración de la cantera de modo de minimizar los daños inevitables durante la exploración y posibilitar la recuperación ambiental después de retirarse todos los materiales y equipos.
- d. No provocar la quema como forma de desbroce o limpieza del lugar.
- e. Las vías de acceso deberán seguir las recomendaciones descritas en las especificaciones del proyecto
- f. Deberán ser construidas junto a las instalaciones de triturado, fosas de sedimentación para la retención de polvo de piedra, eventualmente producido por el lavado de los áridos, evitando su descarga a cursos de agua.
- g. El caso de que sea suministrado por terceros se debe exigir la documentación que acredite el cumplimiento de la regulación de las instalaciones, si como su operación, junto a un órgano competente.
- h. Si el licitador optase por la implantación de canteras o bancos de arena (incluidos o no en el proyecto), será su responsabilidad los costos para obtener la licencia ambiental con los órganos competentes. En este caso debe mantenerse tal como se describe en las especificaciones técnicas las propiedades estos agregados y los incrementos financieros no serán admitidos a los costos licitados.

5.2. Durante la ejecución

Los cuidados para la preservación ambiental, se referirán al cumplimiento de las rutas de tráfico y el almacenamiento de equipos.

Debe prohibirse el tráfico desordenado de los equipos en los caminos de servicio para evitar daños al medio ambiente.

6. Inspección

6.1. Control del material

En el control de recepción de los materiales deberán ser adoptados los procedimientos recomendados en el numeral 5.1 de esta norma.

6.2. Verificación final de la calidad

Para la inspección durante la ejecución de cada sector o segmento de pavimento definido, se procederá a reubicar y nivelar al eje y los bordes puntos de control en espacios de 20 m en 20 m a lo largo del eje, para verificar si el ancho y espesor del pavimento están de acuerdo con el proyecto.

El tramo de pavimento será aceptado cuando:

- a. La variación del ancho de la losa fuese inferior a $\pm 10\%$, en relación a la definida en el proyecto.
- b. El espesor medio del pavimento fuese igual o mayor que el espesor de diseño y la diferencia entre el valor máximo y mínimo del espesor medio obtenido sea máximo de 1 cm.

7. Criterios de medición

Los servicios conformes serán medidos de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. El pavimento será medido en metros cuadrado de hormigón. No serán motivos de medición la mano de obra, materiales, equipamiento, transportes, colocado de la mezcla, compactación, acabado, curado e impuestos.
- b. En el cálculo de los volúmenes, serán considerados los anchos medios obtenidos en el control geométrico.
- c. No serán considerados cantidades ejecutadas superiores a los indicados en el proyecto.