



Ministerio
de Transporte
y Obras Públicas

Dirección Nacional
de Vialidad

PLIEGO GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS:
Dirección Nacional de Vialidad – Ministerio de
Transporte y Obras Públicas

SECCIÓN 3

Bases y subbases

BORRADOR

DOCUMENTO BORRADOR PUBLICADO

Diciembre 2025

SECCIÓN 3A – Capas de bases y subbases de materiales naturales

SECCIÓN 3B – Capa estabilizada granulométricamente

SECCIÓN 3C1 – Capa estabilizada con ligante hidráulico in-situ

SECCIÓN 3C2 – Capa estabilizada con ligante hidráulico en planta

SECCIÓN 3D1 – Capa estabilizada con asfalto espumado in-situ

SECCIÓN 3D2 – Capa estabilizada con asfalto espumado en planta

SECCIÓN 3D3 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ

SECCIÓN 3D4 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta

ÍNDICE

Sección 3.A – Capas de Base y Subbases de materiales granulares naturales

ÍNDICE DE TABLAS	4
1.- DESCRIPCIÓN	5
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN	5
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA	5
3.1. Agregado pétreo.....	5
3.2. Suelo.....	6
3.3.- Nomenclatura para las capa de materiales naturales.....	6
4.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES	6
4.1.- Agregados pétreo	6
4.1.1.- Características generales	7
4.1.2.- Agregado grueso	8
4.1.2.1.- Definición de agregado grueso	8
4.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso	8
4.1.3.- Agregado fino virgen	9
4.1.3.1.- Definición de agregado fino	9
4.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen	10
5.2.- Suelos de aporte.....	10
5.2.1.- Características generales.....	10
4.2.2.- Requisitos de los suelos de aporte	11
4.3.- Agua.....	12
5.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA.....	12
5.1.- Espesor de la capa.....	12
5.2.- Huso granulométrico.....	12
6.3.- Criterios para el proceso de diseño.....	12
5.4.- Presentación de la Fórmula de Obra	13
6.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	15

6.1.- Equipos de obra.....	15
6.1.1.- Planta de dosificación y mezclado.....	iError! Marcador no definido.
7.1.2.- Equipos para el transporte.....	iError! Marcador no definido.
7.1.3.- Equipos de distribución.....	iError! Marcador no definido.
7.1.4.- Equipos de compactación.....	iError! Marcador no definido.
6.2.- Ejecución de las obras.....	17
6.2.1.- Trabajos preliminares.....	iError! Marcador no definido.
6.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente.....	iError! Marcador no definido.
6.2.2.- Elaboración del material granular natural.....	iError! Marcador no definido.
6.2.3.- Transporte.....	iError! Marcador no definido.
6.2.4.- Colocación de la capa granular	iError! Marcador no definido.
6.2.5.- Compactación final.....	iError! Marcador no definido.
6.2.6.- Terminación de la superficie	iError! Marcador no definido.
6.2.7.- Imprimación.....	iError! Marcador no definido.
7.- TRAMO DE PRUEBA.....	17
8.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN PARA COLOCACIÓN DE CAPA DE RODAMIENTO.....	20
9.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	21
9.1.- Generalidades.....	21
9.2.- Lotes.....	22
9.2.1.- Definición de lote de producción.....	iError! Marcador no definido.
9.2.2.- Definición de lote de obra.....	iError! Marcador no definido.
9.3.- Plan de ensayos sobre los materiales.....	23
9.3.1.- Agregados	23
9.3.1.1.- Agregados gruesos.....	23
9.3.1.2.- Agregados de aporte finos.....	24
9.3.2.- Suelos de aporte	24
9.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material granular natural.....	24
9.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	25
10.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA	26
10.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción).....	26
10.1.1.- Granulometría (lote de producción).....	26
10.1.2.- Humedad	27

10.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	27
10.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)	27
10.2.2.- Espesor (lote de obra).....	28
10.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	¡Error! Marcador no definido.
10.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)	28
11.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO	28
11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción).....	28
11.1.1.- Granulometría (lote de producción).....	28
11.1.2.- Humedad.....	29
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	29
11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)	29
11.2.2.- Espesor (lote de obra).....	29
11.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	¡Error! Marcador no definido.
11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)	29
12.- MEDICIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
13.- FORMA DE PAGO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
14.- CONSERVACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.....	5
Tabla 2. SISTEMA DE DESIGNACIÓN DE LAS BASES Y SUBBASES DE MATERIALES NATURALES.....	6
Tabla 3. ÍNDICES DE PRESTACIÓN.....	6
Tabla 4. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE AGREGADOS.....	8
Tabla 5. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS.....	9
Tabla 6. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS “TIPO BASÁLTICOS”.....	9
Tabla 7. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS.....	10
Tabla 8. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE LOS SUELOS DE APORTE.....	11
Tabla 9. REQUISITOS DE LOS SUELOS DE APORTE.....	12
Tabla 10. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS CAPAS DE MATERIALES NATURALES.....	12
Tabla 11. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS CAPAS DE MATERIALES NATURALES.....	13
Tabla 12. REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA.....	14
Tabla 13. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN.....	17
Tabla 14. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO.....	23
Tabla 15. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO.....	24
Tabla 16. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS SUELOS DE APORTE.....	24
Tabla 17. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	25
Tabla 18. REQUISITOS DE DENSIDAD SECA DE CACA COMPACTADA.....	28

1.- DESCRIPCIÓN

Se define como capas de bases o subbases naturales a la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de agregados pétreos naturales, eventualmente suelo y agua, dosificada y mezclada en sitio, convenientemente compactada, para ser utilizada como capa estructural en pavimentos.

Esta especificación se refiere a aquellas capas granulares de base o subbase en las que se utilicen materiales naturales (toscas, limos, etc.), es decir obtenidos directamente del sitio en donde se encuentren, sin necesidad de voladuras y utilizados generalmente sin procesos de trituración ni de control granulométrico previos.

Estas capas de base o subbase resultan de menor calidad que las correspondientes a un estabilizado granulométrico tal como se definen estas últimas capas en la “Sección 3B. Capa de estabilizado granulométrico”.

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1. Agregado pétreo

Los agregados pétreos empleados para la conformación de estas capas granulares deben provenir de canteras o gravas naturales, debiendo verificar los requisitos listados en el presente documento.

3.2. Suelo

Se define como suelo de aporte a un material natural o procesado, que ha sido debidamente seleccionado y clasificado para aportar la fracción fina del esqueleto granular, aportando estabilización intergranular entre las partículas de mayor tamaño.

En caso de emplearse suelos de aporte para la conformación de las bases o subbases naturales, los mismos deben de provenir de canteras y verificar los requisitos del presente documento.

3.3.- Nomenclatura para las capas de materiales naturales

A continuación, se resume en la tabla 2, el sistema de designación empleado para las capas de bases y subbases de materiales naturales a lo largo de la presente especificación técnica general.

CMN	B/S
-----	-----

Tabla 2. SISTEMA DE DESIGNACIÓN DE LAS BASES Y SUBBASES DE MATERIALES NATURALES

Donde:

CMN: Sigla que indica que se trata de una capa de material natural.

B/S: Sigla que indica que se trata de una capa de base o subbase.

4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (IP)	NO APLICA para esta especificación técnica
---------------------------	--

Tabla 3. ÍNDICES DE PRESTACIÓN.

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregado pétreo

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá realizarse un estudio que demuestre la aptitud del mismo para su empleo, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los agregados pétreos para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 3.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos. ❖ Los agregados no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Condiciones generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ En caso de ser necesario, los agregados se acopiarán y emplearán en forma tal que se evite la segregación de partículas y la contaminación con sustancias extrañas u otros materiales. ❖ Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en el o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras.

Tabla 4. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE AGREGADOS.

5.1.2.- Agregado grueso**5.1.2.1.- Definición de agregado grueso**

Se define como “Agregado grueso” a la fracción del agregado pétreo total, destinado a la preparación de capas granulares de materiales naturales, que quede retenida en el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso

Los requisitos que cumplir por los agregados gruesos dependen de la ubicación de la capa. Los mismos se establecen en la Tabla 4 y en la Tabla 5.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria	
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Tipo de capa	
		Base	≤ 40
		Subbase	≤ 45
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles” ⁽¹⁾	IRAM 1532	Tipo de capa	
		Base	≤ 45
		Subbase	≤ 50
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Recomendado ⁽²⁾	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	

Ensayo	Norma	Exigencia
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1533	Determinación obligatoria

Tabla 5. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS.

- ⁽¹⁾ Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla 6.
- ⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 5.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	≤45
Micro Deval	ASTM D6928	Determinación obligatoria
Degradación en presencia de dimetil - sulfoxide	UY A 26	Determinación obligatoria

Tabla 6. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS “TIPO BASÁLTICOS”.

5.1.3.- Agregado fino

5.1.3.1.- Definición de agregado fino

Se define como “Agregado fino” a la fracción del agregado pétreo total, destinado a la preparación de capas granulares de materiales naturales, pasante por el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino

Los requisitos que cumplir por los agregados finos dependen de la ubicación de la capa. Los mismos se establecen en la Tabla 6.

Los agregados finos que se empleen en la construcción de capas granulares de materiales naturales no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Equivalente de arena	IRAM 1682	Tipo de capa	
		Base	> 35
		Subbase	>30
Granulometría	IRAM 1505/IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria	

Tabla 7. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS.

5.2.- Suelos de aporte

El Director de Obra puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear suelos de aporte cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran.

5.2.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 7.

Característica	Requisitos
Procedencia	❖ Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica.

Resistencia, durabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa granular no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa granular, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. ❖ Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el <i>Punto 5.2.2. Requisitos de los Suelos de aporte</i>. ❖ Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras.

Tabla 8. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE LOS SUELOS DE APORTE.

5.2.2.- Requisitos de los suelos de aporte

Los requisitos para cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 8. Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza.

En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 8.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	VN-E18-89	< 1,5 %
Sulfatos	VN-E18-89	< 0,5 %
Límite líquido	IRAM 10501	≤ 40
Índice de plasticidad	IRAM 10501	≤ 10
Granulometría	IRAM 1505	Determinación obligatoria

Tabla 9. REQUISITOS DE LOS SUELOS DE APORTE.

5.3.- Agua

El agua empleada para utilizar en la construcción de la capa granular de material natural debe cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1601.

6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA

6.1.- Espesor de la capa

El espesor de la capa de material natural debe de estar establecida en el proyecto y/o en la especificación técnica particular.

Al margen de ello, es recomendable que la misma se encuentre comprendida dentro del entorno de los 0.15 m a 0.30 m, de modo de garantizar una correcta homogeneización de la mezcla y posteriormente una correcta compactación de la capa.

6.2.- Huso granulométrico

La granulometría del material natural, o la resultante de la mezcla del material natural con el suelo de aporte si hubiere, es decir del material que compone la *capa de base o subbase de material natural* a construir, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en los husos granulométricos definidos en la Tabla 9.

Debe tenerse presente además, que el espesor de la capa debe ser mayor o igual a tres (3) veces el Tamaño Máximo correspondiente a la granulometría resultante a utilizar.

Tamaño	Porcentaje en peso que pasa
76,2 mm (3")	100
50,8 mm (2")	97

Tabla 10. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS CAPAS DE MATERIALES NATURALES.

6.3.- Criterios para el proceso de diseño

Los criterios por considerar en el proceso de diseño en laboratorio de la capa de material natural destinado a la obtención de la Fórmula de Obra, se resumen en la Tabla 10.

Ensayo	Método	Exigencia
Límite líquido de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM 10501	< 30 %
Índice de plasticidad de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM 10501	< 10 %
Expansión	AASHTO T193	< 1%
Valor soporte relativo CBR ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾	AASHTO T193	Tipo de capa
		Base
		Subbase
Humedad óptima de Compactación ⁽⁴⁾	AASHTO T180	Determinación obligatoria
Densidad máxima seca	AASHTO T180	Determinación obligatoria

Tabla 11. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS CAPAS DE MATERIALES NATURALES.

- ⁽¹⁾ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede especificar requisitos diferentes para el Valor Soporte Relativo.
- ⁽²⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y siete por ciento ($\leq 97\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir de la Norma AASHTO T180.
- ⁽³⁾ Excepto indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el ensayo empleado debe ser el de alta energía de compactación (según corresponda material fino o granular).
- ⁽⁴⁾ El ensayo empleado, debe ser el mismo que el empleado para la determinación del valor soporte relativo (CBR).

6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra

La ejecución regular de la capa de material natural (base o subbase) no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 11.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados, suelos de aporte y mezcla de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción del agregado. Identificación, características y proporción del suelo de aporte, si hubiera. ❖ Ensayos realizados sobre la fracción gruesa del agregado, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 5.1.2 Agregado grueso</i>. ❖ Ensayos realizados sobre la fracción fina del agregado, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 5.1.3 Agregado fino</i>. ❖ Ensayos realizados sobre los suelos de aporte, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 5.2 Suelos de aporte</i>. ❖ Ensayos realizados sobre los materiales componentes combinados, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 6.2. Granulometría</i> y <i>Punto 6.3. Criterios para el proceso de diseño</i>
Humedad óptima de compactación	❖ Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	❖ Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Valor Soporte Relativo (CBR)	❖ Debe indicarse el Valor Soporte Relativo y el tipo de ensayo empleado para su determinación. Debe indicarse el porcentaje de la máxima densidad seca empleado, de acuerdo con lo establecido en el Punto 5.3. Criterios para el proceso de diseño.
Ajustes en el Tramo de Prueba	❖ La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	❖ Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 12. REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA.

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

Los equipos, máquinas y herramientas requeridas para el manipuleo de los materiales y para ejecutar todos los trabajos de obra, deberán reunir las características que aseguren la obtención de la calidad exigida y permitan alcanzar los rendimientos mínimos para cumplir el Plan de Trabajo. No se puede utilizar en la ejecución regular de la capa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el Tramo de Prueba y aprobado por el Director de Obra.

7.1.- Equipos de obra

7.1.1.- Equipos recicladores de pulverización y mezclado

Los equipos recicladores deberán verificar los requisitos establecidos en la Tabla .

Característica	Requisitos
Capacidad de producción	❖ Acorde al plan de trabajo
Características Generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Para la ejecución de la capa granular en sitio se empleará una máquina recicladora formada por un equipo automotriz con un rotor con uno o varios ejes horizontales de paletas o picas situadas dentro de una carcasa o cámara de mezclado. ❖ La potencia mínima y capacidad de estos equipos deberá ser tal que permita la adecuada homogeneización del material, en cuanto a eliminación de cualquier tipo de terrones, mezclado, incorporación de agua, y una adecuada distribución posterior en la capa que luego será compactada y perfilada. ❖ Debe garantizar una mezcla homogénea y uniforme en todo el ancho y profundidad de la capa en construcción. ❖ Deberá encontrarse en perfecto estado de funcionamiento para lo que se comprobará que la dosificación y el amasado son homogéneos en todo el ancho del equipo. ❖ Deberá contar con un ancho de trabajo de 2 metros como mínimo y contará con una profundidad mínima de trabajo de 350 mm.

Sistema de Dosificación y Control.	❖ Debe incluir una barra de riego con capacidad para inyectar agua. También contará con un Control Volumétrico Automático que permita ajustar el caudal de inyección en función de la velocidad de avance de la máquina.
------------------------------------	--

Tabla 12. EQUIPOS RECICLADORES. REQUISITOS.

Podrán emplearse otras metodologías y equipamiento para la ejecución de las tareas de dosificación, distribución y mezclado, siempre que las mismas garanticen una mezcla homogénea y uniforme en todo el ancho y profundidad de la capa en construcción, y sean previamente aprobadas por el Director de Obra.

7.1.2.- Equipos de compactación

Los equipos de compactación a emplearse en la construcción de las capas estabilizadas granulométricamente deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 13.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	❖ El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactador pata de cabra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener puntas de forma y configuración tal que permitan una correcta densificación del suelo, sin desprender el mismo durante las tareas de compactación. ❖ Deben tener un sistema de limpieza en los tambores de las ruedas o en el rodillo (según el tipo de compactador), que evite la acumulación de material entre las puntas. ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).

Compactadores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave; también deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).
Compactadores metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades en las superficies cilíndricas. ❖ Los compactadores vibratorios y los oscilatorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado u oscilado. <p>Los compactadores deben permitir obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).

Tabla 13. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN.

7.2.- Ejecución de las obras

7.2.1.- Trabajos preliminares

Previo ejecución de la capa estabilizada granulométricamente, la superficie de apoyo debe haber sido previamente aprobada por el Director de Obra.

7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente

Se deben de eliminar todos los restos de materiales sueltos y materias extrañas. Además, es necesario limpiar el agua estancada en la superficie antes de realizar cualquier trabajo.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.2.2.- Carga de material, mezclado en sitio y distribución

Una vez aprobadas las tareas anteriores, se ejecutará en todo el tramo la carga de material en todo el ancho de plataforma.

Una vez finalizado el recargo de material se procederá con la incorporación de agua y mezclado en sitio con recicladora, distribuyendo la mezcla en una profundidad tal que una vez compactado se obtenga una capa del espesor establecido en el proyecto.

El trabajo se debe realizar por franjas longitudinales, salvo que el Director de obra indique otro procedimiento.

El ancho de estas franjas debe ser tal que minimice el número de juntas longitudinales y considerando los siguientes aspectos: el ancho de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo y el desfasaje con la junta longitudinal de la/las capas inferior y superior.

7.2.3.- Compactación final

En el momento de iniciar la compactación, la mezcla debe hallarse suelta o pre-compactada en todo su espesor, y la condición de humedad debe encontrarse dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

Los cambios de dirección de los compactadores se deben hacer sobre la capa granular ya compactada, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Se debe cuidar que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

El proceso de compactación debe ser tal que evite la formación de un estrato superior que se desprenda del resto de la capa. En caso de producirse esto, la misma se debe eliminar hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

La compactación de la capa debe comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro, con excepción en las curvas peraltadas donde la compactación debe iniciarse en el borde interno de la curva y avanzar hacia el borde alto. En todos los casos, y a los efectos de proveer del adecuado confinamiento lateral, se debe distribuir el material de las banquetas al nivel de la capa que es objeto del proceso de compactación.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de desagüe, muros o estructuras, no permitieran el empleo del equipo que normalmente se estuviera utilizando, se deben compactar con medios adecuados a cada caso y aprobados por el Director de Obra.

La compactación se debe realizar de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Se deben eliminar los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte de las banquetas o talud exterior de la obra.

7.2.4.- Terminación de la superficie

Luego del proceso de compactación debe realizarse el perfilado con motoniveladora u otro equipo apropiado y aceptado por el Director de Obra. Se debe perfilar hasta obtener la cota final correcta para la capa, extendiendo el acabado de esta hasta abarcar parte de las banquetas.

La compactación final de la superficie cortada debe ser ejecutada con rodillo neumático.

La superficie de la capa terminada debe presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes transversales adecuadas.

7.2.5.- Imprimación

Como mecanismo de protección o en aquellos casos en que la capa inmediata superior a colocar sobre la capa granular en estudio sea una capa con ligante asfáltico, debe ejecutarse previamente, el correspondiente riego de imprimación.

El mismo debe realizarse lo antes posible para evitar cualquier variación de las condiciones logradas y como máximo dentro de un (1) día a partir de la fecha de aprobación de la capa granular en cuestión, y en todo de acuerdo con lo indicado las Especificaciones Técnicas Generales para Riegos de Imprimación de la DNV.

De extenderse dicho plazo la empresa contratista debe de mediar a su cargo una metodología que asegure el buen estado de la capa hasta el momento de la imprimación; buen estado que significa constatar el cumplimiento de los requisitos de la capa antes de la imprimación.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Previo al inicio de los trabajos de manera sistemática, se debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de recarga, incorporación de agua, mezclado, colocación, compactación y terminación necesarios para alcanzar la conformidad total de las

exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente.

El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento y en las especificaciones técnicas particulares si hubiere, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no el proceso constructivo. En el primer caso, se pueden iniciar las obras de manera sistemática. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.
- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la construcción de la capa de material natural sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de estas.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN

No se permite la puesta en obra de la capa de material granular natural en las siguientes situaciones (salvo autorización expresa del Director de Obra):

- ❖ Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, del proceso de elaboración del material granular natural, del proceso de colocación y compactación de la capa granular de material natural y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el *Punto 10. Plan de Control de Calidad* del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra. Mínimamente debe de contar el laboratorio de obra con los equipos, elementos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote en el plan de control de calidad.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.
- ❖ Listado de personal afectado al laboratorio de obra y al cumplimiento del plan de control de calidad de la obra. Los recursos humanos destinados a las tareas antes mencionadas deben de permitir ejecutar el plan de control de calidad en tiempo y forma.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10000 m³) de material elaborado y colocado.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Control de Calidad: ensayos sobre materiales, sobre el proceso de distribución del riego y de la unidad terminada de los diferentes lotes ejecutados en este período.

En todos los casos en que el Director de obra entregue al Contratista planillas modelos de cálculo y presentación de resultados de ensayos, las mismas son de uso obligatorio.

El Director de obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El Director de obra puede disponer el envío de una muestra de cualquier material involucrado (agregados pétreos, suelo, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de obra.

Si el Director de obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo a adoptar del parámetro considerado.

Para determinar los puntos sobre la calzada donde efectuar el control de un lote de obra, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o lo indicado en el Manual de Dirección de Obra de la DNV.

10.2.- Lotes

El control del proceso de mezclado, compactación y terminado de la capa de material granular natural se organiza por lotes de producción (mezclado in situ) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

Para este caso en particular en que la ejecución es in situ, los lotes de producción coinciden con los de la unidad terminada.

10.2.1.- Definición de lote de producción/unidad terminada

Se considera como lote de producción a la menor fracción que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:

- ❖ Una longitud de quinientos metros (500 m) lineales de construcción.
- ❖ Los metros lineales de estabilizado granular elaborados en una jornada de trabajo (el Director de obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

La numeración de los lotes debe ser acumulativa, comenzando con el número uno (1), que le corresponde al Tramo de Prueba.

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales. Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de dosificación, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados

10.3.1.1.- Agregados gruesos

La frecuencia mínima de ensayos sobre la fracción gruesa del agregado total es la que se indica en la Tabla 14.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de las	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coefficiente de desgaste Los Ángeles ⁽¹⁾	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Micro Deval ⁽³⁾	ASTM D6928	Cada 30 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Limpieza ⁽²⁾	---	Cada 15 lotes
Degradación en presencia de dimetil – sulfoxide ⁽³⁾	UY A 26	Cada 30 lotes

Tabla 14. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO.

⁽¹⁾ En el caso de agregados “tipo basálticos”, la frecuencia de ensayo es de quince (15) lotes.

⁽²⁾ La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

(3) Solo cuando el agregado resulte de origen basáltico.

10.3.1.2.- Agregados finos

La frecuencia mínima de ensayos sobre la fracción fina del agregado total es la que se indica en la Tabla 15.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μ m	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1520	Cada 15 lotes

Tabla 15. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO.

10.3.2.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los suelos de aporte es la que se indica en la Tabla 16.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Sulfatos	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Límite líquido	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	

Tabla 16. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS SUELOS DE APORTE.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración (mezclado y dosificación) del material granular natural

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la elaboración (dosificación y mezclado); la misma se resume en la Tabla 17.

El muestreo se realizará in situ por detrás del equipo reciclador y antes de su compactación.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Humedad óptima	AASTHO T180	Cada lote de obra
Densidad máxima seca	AASTHO T180	Cada lote de obra
Humedad	IRAM 10519	Cada lote de obra
Granulometría	IRAM 1501 IRAM 1505	Cada lote de obra
Límite líquido de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM 10501	Cada 5 lotes
Índice de plasticidad de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM 10501	Cada 5 lotes
Valor soporte relativo CBR ⁽¹⁾	UNE-EN 13286	Cada 5 lotes
Expansión	UNE-EN 13286-47	Cada 5 lotes

Tabla 17. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.

⁽¹⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y siete por ciento ($\leq 97\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida en el ensayo AASTHO T180.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada. Los mismos se resumen en la Tabla 18.

El muestreo se realizará in situ en lotes donde todas las operaciones de compactación y nivelación se encuentren concluidas.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Parámetro	Método	Frecuencia
Determinación de condiciones geométricas	---	Cada lote

Evaluación visual superficial ⁽¹⁾	---	Cada lote
Grado de compactación ⁽²⁾	AASHTO T191	Cada lote
Humedad	IRAM 10519	Cada lote
Espesor	---	Cada lote

Tabla 18. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA UNIDAD TERMINADA.

- ⁽¹⁾ Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.
- ⁽²⁾ El empleo del densímetro nuclear o densímetro eléctrico u otro método alternativo debe ser aprobado por el Director de Obra; asimismo el uso de estos debe ser contemplado con un factor de corrección específico obtenido durante la ejecución del tramo de prueba, en referencia al ensayo correspondiente al “Método del Cono de Arena” (AASHTO T191). La metodología para la determinación del factor de corrección, número mínimo de pruebas a considerar y demás aspectos necesarios para su determinación, deben de ser aprobadas por el Director de Obra y la correlación debe resultar adecuada a los fines del control de calidad. La calibración y contraste de los equipos durante la ejecución de las obras se realizará periódicamente en plazos no inferiores a catorce días (14 d) ni superiores a veintiocho días (28 d).

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

11.1.1.- Granulometría (lote de producción)

Para la determinación de la granulometría del lote en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de la cancha por detrás de la recicladora; es decir, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera granulometría media del esqueleto granular al promedio de las granulometrías obtenidas en los ensayos realizados sobre el lote de obra en estudio.

La granulometría media de los agregados debe cumplir con las tolerancias admisibles, respecto a la granulometría de la Fórmula de Obra vigente, indicadas en la Tabla 19.

Sin perjuicio de lo anterior, la granulometría media de la capa granular, con sus tolerancias, bajo ningún concepto puede salirse por fuera del huso granulométrico establecido en el *Punto 6.2 Huso granulométrico*.

76,2 mm (3")	50,8 mm (2")
--	+/- 6 %

Tabla 19. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

11.1.2.- Humedad

Para la determinación de la humedad del lote de obra en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. . Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de la cancha por detrás de la recicladora; es decir, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera humedad del lote en estudio al promedio de las humedades obtenidas en los ensayos realizados.

La humedad media del material granular debe encontrarse dentro del entorno +/- 2 % (dos) respecto del valor de humedad óptima determina mediante el ensayo AASHTO T180.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

Se deben determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, cinco o más (≥ 5) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad seca del material compactado.

La determinación de los puntos a evaluar sobre la superficie del lote de obra se debe efectuar según lo descrito en el *Punto 10.1 Generalidades*.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 20.

Valor medio de densidad seca ≥ 98 %
Valor individual de densidad seca ≥ 97 % ⁽¹⁾

Tabla 18. REQUISITOS DE DENSIDAD SECA DE CACA COMPACTADA.

- ⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

11.2.2.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa estabilizada granulométricamente se puede hacer sobre los puntos empleados para cumplimentar el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)*.

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimétrica. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores medidos del lote de obra resulte inferior al veinte por ciento (20 %).

11.2.3.- Condiciones geométricas

La base granular colocada debe de respetar las condiciones geométricas establecidas en el proyecto definitivo para la capa granular en consideración con una tolerancia de 0.010m en cota.

11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual de la superficie del lote de obra, o de un área parcial del mismo, debe mostrar homogeneidad y no se debe observar ningún tipo de segregación, desprendimiento, manchas de suelos cohesivos, o ningún otro defecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo se aplican sobre los lotes definidos en el *Punto 10.2. Lotes*.

En todos los casos en que se rechace un lote o zonas puntuales con problemas superficiales por segregaciones, los costos asociados a la remediación de la situación (remoción, tratamiento de los productos generados de la demolición, reposición de la capa, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

12.1.1.- Granulometría (lote de producción)

La aceptación del lote de producción en relación con la granulometría se da si se cumple lo establecido en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*.

Si la granulometría media cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)* se acepta el lote de obra.

Si la granulometría media de los agregados no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio, teniendo el Contratista que proceder, excepto indicación contraria del Director de las Obras, a la demolición del lote de obra con este último ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.1.2.- Humedad

El contenido de humedad del lote en estudio debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.1.2. Humedad (lote de producción)*.

Si el contenido medio de humedad del lote en estudio no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos dos por ciento ($\pm 2,0$ %) respecto de la humedad óptima del lote de producción, se debe de ajustar la humedad en la obra hasta que verifique el requisito antes mencionado.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación del lote de la capa estabilizada granulométricamente debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)*.

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)* se deben de efectuar las correcciones necesarias para que dicho requisito se cumpla.

12.2.2.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo expuesto en el *Punto 12.2.2. Espesor (lote de obra)*, caso contrario el lote es rechazado.

12.2.3.- Condiciones geométricas

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el *Punto 11.2.3. Consideraciones geométricas* de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el *Punto 11.2.4. Evaluación visual de la superficie (lote de obra)*.

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y reposición de la capa rechazada.

13.- MEDICIÓN

Las capas granulares se medirán en metros cúbicos de material compactado y se calcularán de acuerdo con la sección transversal indicada en el proyecto o establecida por la Inspección.

14.- FORMA DE PAGO

El pago de la obra realizada se efectuará de acuerdo con los precios unitarios fijados en el contrato para los rubros respectivos de base y subbase. Dicho precio comprenderá la compensación total por el suministro del material requerido (incluido derecho de piso, descubierta de cantera, extracción, carga, transporte, descarga, etc.), el mezclado del material, el tendido, la conformación y compactación de las capas, la provisión y utilización del agua para riegos, y la conservación de la obra.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de cada una de las capas contempladas en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Si el deterioro de alguna de las capas ejecutadas afectara la calzada, bases, capas intermedias y/o subrasante, el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas, como así también de depresiones, de baches aislados y de pequeñas superficies se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.



Ministerio
de Transporte
y Obras Públicas

Dirección Nacional
de Vialidad

PLIEGO GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS:
Dirección Nacional de Vialidad – Ministerio de
Transporte y Obras Públicas

SECCIÓN 3

Bases y subbases

BORRADOR

DOCUMENTO BORRADOR PUBLICADO

Diciembre 2025

SECCIÓN 3A – Capas de bases y subbases de materiales naturales

SECCIÓN 3B – Capa estabilizada granulométricamente

SECCIÓN 3C1 – Capa estabilizada con ligante hidráulico in-situ

SECCIÓN 3C2 – Capa estabilizada con ligante hidráulico en planta

SECCIÓN 3D1 – Capa estabilizada con asfalto espumado in-situ

SECCIÓN 3D2 – Capa estabilizada con asfalto espumado en planta

SECCIÓN 3D3 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ

SECCIÓN 3D4 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta

ÍNDICE

Sección 3.B – Capas Estabilizadas granulométricamente

ÍNDICE DE TABLAS	4
1.- DESCRIPCIÓN	5
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN	5
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA	5
3.1. Agregado pétreo.....	5
3.2. Suelo.....	5
3.3.- Nomenclatura para capa estabilizada granulométricamente.....	6
4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN	6
5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES	6
5.1.- Agregados pétreo	6
5.1.1.- Características generales.....	7
5.1.2.- Agregado grueso	8
4.1.2.1.- Definición de agregado grueso	8
5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso.....	8
5.1.3.- Agregado fino virgen.....	11
5.1.3.1.- Definición de agregado fino	11
5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen	11
5.2.- Suelos de aporte.....	12
5.2.1.- Características generales.....	12
5.2.2.- Requisitos de los suelos de aporte	13
5.3.- Agua.....	14
5.4.- Aditivos.....	14
6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA.....	14
6.1.- Espesor de la capa.....	14
6.2.- Huso granulométrico	14

6.3.- Criterios para el proceso de diseño.....	15
6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra.....	16
7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	18
7.1.- Equipos de obra.....	18
7.1.1.- Planta de dosificación y mezclado.....	18
7.1.2.- Equipos para el transporte.....	18
7.1.3.- Equipos de distribución.....	19
7.1.4.- Equipos de compactación.....	19
7.2.- Ejecución de las obras.....	21
7.2.1.- Trabajos preliminares.....	21
7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente.....	21
7.2.2.- Elaboración del estabilizado granular.....	21
7.2.3.- Transporte.....	22
7.2.4.- Colocación de la capa estabilizada.....	22
7.2.5.- Compactación final.....	22
7.2.6.- Terminación de la superficie.....	23
7.2.7.- Imprimación.....	23
8.- TRAMO DE PRUEBA.....	24
9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN PARA COLOCACIÓN DE CAPA DE RODAMIENTO.....	25
10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	25
10.1.- Generalidades.....	25
10.2.- Lotes.....	26
10.2.1.- Definición de lote de producción.....	27
10.2.2.- Definición de lote de obra.....	27
10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales.....	27
10.3.1.- Agregados.....	27
10.3.1.1.- Agregados gruesos.....	27
10.3.1.2.- Agregados de aporte finos.....	28
10.3.2.- Suelos de aporte.....	29
10.3.3.- Aditivos.....	29
10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del estabilizado granular.....	29
10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	30

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA.....	31
11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción).....	31
11.1.1.- Granulometría (lote de producción).....	31
11.1.2.- Humedad.....	32
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	32
11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	32
11.2.2.- Espesor (lote de obra).....	32
11.2.3.- Condiciones geométricas (cada 100 m).....	33
11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	33
12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	33
12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción).....	33
12.1.1.- Granulometría (lote de producción).....	33
12.1.2.- Humedad.....	34
12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	34
12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	34
12.2.2.- Espesor (lote de obra).....	34
12.2.3.- Condiciones geométricas.....	34
12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	35
13.- MEDICIÓN	35
14.- FORMA DE PAGO.....	35
15.- CONSERVACIÓN	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.....	5
Tabla 2. SISTEMA DE DESIGNACIÓN DE LAS BASES Y SUBBASES ESTABILIZADAS GRANULOMÉTRICAMENTE.....	6
Tabla 3. ÍNDICES DE PRESTACIÓN.....	6
Tabla 4. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE AGREGADOS.....	8
Tabla 5. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS.....	10
Tabla 6. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS “TIPO BASÁLTICOS”.....	11
Tabla 7. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS.....	12
Tabla 8. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE LOS SUELOS DE APORTE.....	13
Tabla 9. REQUISITOS DE LOS SUELOS DE APORTE.....	13
Tabla 10. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS CAPAS DE ESTABILIZADOS GRANULARES.....	15
Tabla 11. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS CAPAS ESTABILIZADAS GRANULOMÉTRICAMENTE.....	16
Tabla 12. REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA.....	17
Tabla 13. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS DE ELABORACIÓN.....	18
Tabla 14. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE.....	19
Tabla 15. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN.....	19
Tabla 16. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN.....	21
Tabla 17. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO.....	28
Tabla 18. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO.....	29
Tabla 19. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS SUELOS DE APORTE.....	29
Tabla 20. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.....	30
Tabla 21. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA UNIDAD TERMINADA.....	30
Tabla 22. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	31
Tabla 23. REQUISITOS DE DENSIDAD SECA DE CACA COMPACTADA.....	32
Tabla 24. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....	34

1.- DESCRIPCIÓN

Se define como capa estabilizada granulométricamente a la mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de agregados pétreos, suelo, agua y, eventualmente aditivos, dosificada y mezclada en planta fija, convenientemente compactada, para ser utilizada como capa estructural (base o subbase) en pavimentos.

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1. Agregado pétreo

Los agregados pétreos empleados para la conformación de los estabilizados granulares deben de provenir de la trituración total o parcial de material de canteras o gravas naturales, debiendo verificar los requisitos listados en el presente documento.

En el caso que se utilicen materiales pétreos reciclados, los requisitos de estos y el tratamiento de clasificación y gestión de ellos deben de estar establecidos en la especificación técnica particular.

3.2. Suelo

Los suelos que se emplean para la conformación de los estabilizados granulares deben de provenir de canteras y verificar los requisitos del presente documento.

3.3.- Nomenclatura para capa estabilizada granulométricamente

A continuación, se resume en la tabla 2, el sistema de designación empleado para las capas de bases y subbases estabilizadas granulométricamente a lo largo de la presente especificación técnica general.

CEG	B/S	G _x
-----	-----	----------------

Tabla 2. SISTEMA DE DESIGNACIÓN DE LAS BASES Y SUBBASES ESTABILIZADAS GRANULOMÉTRICAMENTE

Donde:

CEG: Sigla que indica que se trata de una capa estabilizada granulométricamente.

B/S: Sigla que indica que se trata de una capa de base o subbase.

G_x: Indica el tipo de gradación granulométrica de la capa, pudiendo G_x tomar los siguientes valores:

G₁: Gradación 1

G₂: Gradación 2

G₃: Gradación 3

4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (IP)	NO APLICA para esta especificación técnica
---------------------------	--

Tabla 3. ÍNDICES DE PRESTACIÓN.

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados pétreo

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los agregados pétreos para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos. ❖ Deben provenir de rocas sanas y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.

Característica	Requisitos
acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin que se verifique segregación. ❖ Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.

Tabla 4. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE AGREGADOS.

5.1.2.- Agregado grueso

4.1.2.1.- Definición de agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas granulares, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso

Los requisitos que cumplir los agregados gruesos dependen de la ubicación de la capa granular. Los mismos se establecen en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

El agregado grueso será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia						
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria						
Índice de lajas	IRAM 1687-1	<table><tr><td>Tipo de capa</td><td></td></tr><tr><td>Base</td><td>≤ 30</td></tr><tr><td>Subbase</td><td>≤ 35</td></tr></table>	Tipo de capa		Base	≤ 30	Subbase	≤ 35
Tipo de capa								
Base	≤ 30							
Subbase	≤ 35							
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles” ⁽¹⁾	IRAM 1532	<table><tr><td>Tipo de capa</td><td></td></tr><tr><td>Base</td><td>≤ 35</td></tr><tr><td>Subbase</td><td>≤ 40</td></tr></table>	Tipo de capa		Base	≤ 35	Subbase	≤ 40
Tipo de capa								
Base	≤ 35							
Subbase	≤ 40							
Micro Deval ⁽¹⁾	ASTM D-6928	≤ 17						
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No Plástico						
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702/IRAM 1703	Recomendado ⁽²⁾						
Granulometría	IRAM 1505/IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.						
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1533	Determinación obligatoria						

Ensayo	Norma	Exigencia	
Caras de fractura	IRAM 1851	Porcentaje en peso de partículas, respecto del total del agregado grueso, con tres o más caras de fractura (*)	
		Tipo de capa	
		Base	100
		Subbase	>80
		(*) Para todos los casos, el 100% de las partículas debe tener una o más caras de fractura.	
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio	IRAM 1525	Recomendado ^{(2) (3)}	

Tabla 5. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS.

- (1) Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla 6.
- (2) El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- (3) Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	≤ 35%
Degradación en presencia de dimetil - sulfoxide	UY A 26	≤ 70%

Tabla 6. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS “TIPO BASÁLTICOS”.

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos dependen de la ubicación de la capa. Los mismos se establecen en la Tabla 7.

El agregado fino debe ser por lo general de una única procedencia y naturaleza. En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 7.

Los agregados finos que se empleen en la construcción de capas granulares no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	La fracción gruesa de la cual proviene el agregado fino debe cumplir las exigencias de la <i>Tabla 5</i> y <i>Tabla 6</i> (si corresponde) para el Coeficiente de Desgaste Los Ángeles.	
Equivalente de arena	IRAM 1682	Tipo de capa	
		Base	> 40
		Subbase	>35
Granulometría	IRAM 1505/IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	
Índice de Azul de Metileno (1)	Anexo A de la Norma UNE-EN-933-9	≤ 7 gramos/kilogramo	

Ensayo	Norma	Exigencia
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS.

⁽¹⁾ El Índice de Azul de Metileno se debe hacer sólo en caso de que el Ensayo de Equivalente de Arena arroje un resultado menor a cuarenta por ciento (<40 %) y mayor o igual a treinta por ciento (≥ 30 %).

5.2.- Suelos de aporte

El Director de Obra puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear suelos de aporte cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran.

5.2.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 8.

Característica	Requisitos
Procedencia	❖ Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica.
Resistencia, durabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa granular no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa granular, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. ❖ Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el <i>Punto 5.2.2. Requisitos de los Suelos de aporte</i>. ❖ Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas.

Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada.
---------	--

Tabla 8. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE LOS SUELOS DE APORTE.

5.2.2.- Requisitos de los suelos de aporte

Los requisitos para cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 9. Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza.

En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 9.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	VN-E18-89	< 1,5 %
Sulfatos	VN-E18-89	< 0,3 %
Límite líquido	IRAM 10501	≤ 35
Índice de plasticidad	IRAM 10501	≤ 10
Granulometría	IRAM 1505	Determinación obligatoria

Tabla 9. REQUISITOS DE LOS SUELOS DE APORTE.

5.3.- Agua

El agua empleada para utilizar en la construcción de la capa estabilizada granulométricamente debe cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1601.

5.4.- Aditivos

Los aditivos por emplear en la preparación de las capas estabilizadas granulométricamente, en el caso de emplearse, se deben presentar en estado líquido o pulverulento.

Los aditivos en estado pulverulento deben incorporarse a la mezcla según las instrucciones indicadas por el fabricante. En caso de emplearse más de un aditivo, previo a su uso en obra, el Contratista debe verificar mediante ensayos que dichos aditivos son compatibles. Cada aditivo debe tener características y propiedades uniformes durante todo el desarrollo de la obra.

Los aditivos deben ser almacenados y conservados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferiblemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo, fecha de recepción y fecha de vencimiento.

El tipo de aditivo, como así también su dotación y forma de empleo, debe estar aprobado por el Director de Obra previo a su uso.

6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA

6.1.- Espesor de la capa

El espesor de la capa estabilizada granulométricamente debe de estar establecida en el proyecto y/o en la especificación técnica particular.

Al margen de ello, para su ejecución es recomendable que la misma se encuentre comprendida dentro del entorno de los 0.15 m a 0.30 m, de modo de garantizar una correcta homogeneización de la mezcla y posteriormente una correcta compactación de la capa.

6.2.- Huso granulométrico

La granulometría resultante de la mezcla o composición de las diferentes fracciones de agregados pétreos y suelos que componen a la capa estabilizada granulométricamente, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en los husos granulométricos definidos en la Tabla 10.

Debe tenerse presente además, que el espesor de la capa debe ser mayor o igual a tres (3) veces el Tamaño Máximo correspondiente al huso seleccionado.

Tamices (Designación UNIT)	Porcentaje en peso que pasa ⁽¹⁾		
	G1	G2	G3
N° 53760	100
N° 26880	70-93	100	100
N° 9520	35-70	60-95	75-100
N° 4760	25-60	40-80	60-100
N° 2000	15-40	30-60	45-90
N° 420	8-30	15-10	25-60
N° 74	2-12	5-18	6-20

Tabla 10. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS CAPAS DE ESTABILIZADOS GRANULARES.

- (1) Si existe una diferencia entre las densidades de las fracciones utilizadas superior a 0,2 g/cm³, la distribución granulométrica debe evaluarse y ser ajustada en volumen.

6.3.- Criterios para el proceso de diseño

Los criterios por considerar en el proceso de diseño en laboratorio de la capa estabilizada granulométricamente destinado a la obtención de la Fórmula de Obra, se resumen en la Tabla 11.

Ensayo	Método	Exigencia
Límite líquido de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM-10501	< 25 %
Índice de plasticidad de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM-10501	< 6 %
Expansión	AASHTO T-193	< 0,5 %

Valor soporte relativo CBR ^{(1) (2) (3)}	AASHTO T-193	Tipo de capa	
		Base	> 80 %
		Subbase	> 40 %
Humedad óptima de Compactación ⁽⁴⁾	AASHTO T-180	Determinación obligatoria	
Densidad máxima seca	AASHTO T-180	Determinación obligatoria	

Tabla 11. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS CAPAS ESTABILIZADAS GRANULOMÉTRICAMENTE.

- (1) El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede especificar requisitos diferentes para el Valor Soporte Relativo.
- (2) La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al cien por ciento ($\leq 100\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir de la Norma AASHTO T-180.
- (3) Excepto indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el ensayo empleado debe ser el de alta energía de compactación (según corresponda material fino o granular).
- (4) El ensayo empleado, debe ser el mismo que el empleado para la determinación del valor soporte relativo (CBR).

6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra

La ejecución regular de la capa estabilizada granulométricamente no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 12.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados, suelos de aporte, otros componentes y mezcla de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado, de cada suelo de aporte y cualquier otro componente o aditivos que integre la fórmula. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado grueso, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 5.1.2 Agregado grueso</i>. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte fino, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 5.1.3 Agregado fino</i>. ❖ Ensayos realizados sobre los suelos de aporte, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 5.2 Suelos de aporte</i>. ❖ Ensayos realizados sobre otros componentes. ❖ Ensayos realizados sobre los materiales componentes combinados, como mínimo todos los contemplados en el <i>Punto 6.2. Granulometría y Punto 6.3. Criterios para el proceso de diseño</i>.
Humedad óptima de compactación	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima Seca	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Aditivos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se empleen aditivos, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada.
Valor Soporte Relativo (CBR)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe indicarse el Valor Soporte Relativo y el tipo de ensayo empleado para su determinación. Debe indicarse el porcentaje de la máxima densidad seca empleado, de acuerdo con lo establecido en el Punto 6.3. Criterios para el proceso de diseño.
Ajustes en el Tramo de Prueba	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 12. REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA.

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Equipos de obra

7.1.1.- Planta de dosificación y mezclado

La planta que se emplee en la obra debe ajustarse a los requisitos que se establecen en la Tabla 13.

Características	Requisitos
Capacidad de producción	❖ Debe de tener una capacidad de producción que permita ejecutar el plan de trabajo planificado.
Alimentación de agregados y suelos de aporte	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe contar con una cantidad de silos de dosificación en frío al menos igual al número de fracciones de materiales que componen la Fórmula de Obra aprobada, y nunca inferior a tres (3). ❖ La planta debe contar con dispositivos que eviten la contaminación de las distintas fracciones entre tolvas al momento de efectuar la alimentación de estas.
Alimentación del agua de mezclado	❖ Debe contar con elementos precisos para calibrar y adicionar la cantidad de agua de mezclado que se incorporan a la de la capa granular.
Incorporación de aditivos	❖ Si se prevé la incorporación de aditivos la planta debe contar un sistema de adición controlado y silos de almacenamiento (para cada uno de ellos) destinados a tal fin.
Unidad mezcladora	❖ Deberá permitir homogeneizar adecuadamente la mezcla de materiales y el agua.

Tabla 13. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS DE ELABORACIÓN.

7.1.2.- Equipos para el transporte

Los equipos para el transporte que se empleen en la obra deben ajustarse a los requisitos que se establecen en la Tabla 14.

Características	Requisitos
Capacidad de transporte	❖ El número y capacidad de los camiones debe ser acorde al volumen de producción, al ritmo de trabajo y a la distancia de transporte, de modo de no frenar el proceso de elaboración y colocación.

Tabla 14. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE.

7.1.3.- Equipos de distribución

Los equipos para la distribución de la capa estabilizada granulométricamente que se emplee en la obra deben ajustarse a los requisitos que se establecen en la Tabla 15.

Podrá utilizarse otro equipo específico para esta tarea si el mismo es aprobado por el Director de Obra. En todos los casos, la metodología y equipo utilizado debe ser tal que evite la segregación del material durante el extendido y distribución del material en la cancha, garantizando uniformidad de material y espesor.

Características	Requisitos
Alimentación de la mezcla	❖ Debe poder abastecer de mezcla a la caja de distribución de forma constante y pareja.
Tornillos helicoidales	❖ Los tornillos helicoidales deben tener una extensión tal que sus extremos se encuentren entre diez y veinte centímetros (10-20 cm) de los bordes de la caja de distribución, exceptuando el caso en que se empleen ensanches o ramas de acceso/egreso de reducida longitud, para terminadoras con plancha telescópica.
Distribución transversal de la mezcla	❖ Debe contar con sensores y/o algún sistema que permita mantener una altura uniforme de la mezcla asfáltica en todo el ancho de la caja de distribución, coincidente con la posición del eje de los tornillos helicoidales.

Tabla 15. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE DISTRIBUCIÓN.

7.1.4.- Equipos de compactación

Los equipos de compactación a emplearse en la construcción de las capas estabilizadas granulométricamente deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 16.

Característica	Requisitos
----------------	------------

Número y tipo de equipo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactador pata de cabra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener puntas de forma y configuración tal que permitan una correcta densificación del suelo, sin desprender el mismo durante las tareas de compactación. ❖ Deben tener un sistema de limpieza en los tambores de las ruedas o en el rodillo (según el tipo de compactador), que evite la acumulación de material entre las puntas. ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).
Compactadores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave; también deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).
Compactadores metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades en las superficies cilíndricas. ❖ Los compactadores vibratorios y los oscilatorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado u oscilado. <p>Los compactadores deben permitir obtener una superficie</p>

	<p>homogénea, sin marcas o desprendimientos.</p> <p>❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).</p>
--	--

Tabla 16. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN.

7.2.- Ejecución de las obras

7.2.1.- Trabajos preliminares

Previo ejecución de la capa estabilizada granulométricamente, la superficie de apoyo debe haber sido previamente aprobada por el Director de Obra.

7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente

Se deben de eliminar todos los restos de materiales sueltos y materias extrañas. Además, es necesario limpiar el agua estancada en la superficie antes de realizar cualquier trabajo.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.2.2.- Elaboración del estabilizado granular

Inicialmente las fracciones del árido estarán acopiadas en cantidad suficiente para permitir a la planta un trabajo sin interrupciones.

La carga de las tolvas se realizará de forma que su contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50 a 100%) de su capacidad, evitando rebalses que produzcan contaminación.

En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones entre las fracciones de los áridos.

Para la operación de mezclado, el Director de las Obras fijará, a partir de los ensayos iniciales, el tiempo mínimo de mezclado, que en ningún caso será inferior a los treinta segundos (30 s). La adición del agua de compactación se realizará en esta fase, salvo que el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares permita expresamente la humectación en el lugar de empleo.

No se permite el acopio del estabilizado granular. Una vez que el material sale del mezclador, se almacena en el silo de descarga que vierte directamente sobre el camión de transporte.

7.2.3.- Transporte

En el transporte del estabilizado, se tomarán las medidas necesarias para reducir al mínimo la segregación y las variaciones de humedad. Si estas variaciones fueran de magnitud importante, se recurrirá a cubrir los equipos de transporte con lonas o cobertores adecuados que impidan dicha pérdida de humedad.

7.2.4.- Colocación de la capa estabilizada

La distribución y colocación de la capa granular debe realizarse mediante el empleo de una terminadora o equipo autorizado por el Director de Obra que garantice la uniformidad y el espesor requeridos.

La colocación se debe realizar por franjas longitudinales, salvo que el Director de obra indique otro procedimiento.

El ancho de estas franjas debe ser tal que minimice el número de juntas longitudinales y considerando los siguientes aspectos: el ancho de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo y el desfase con la junta longitudinal de la/las capas inferior y superior.

7.2.5.- Compactación final

En el momento de iniciar la compactación, la mezcla debe hallarse suelta o pre-compactada en todo su espesor, y la condición de humedad debe encontrarse dentro de las tolerancias establecidas en la presente especificación.

Los cambios de dirección de los compactadores se deben hacer sobre la capa granular ya compactada, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Se debe cuidar que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

El proceso de compactación debe ser tal que evite la formación de un estrato superior que se desprenda del resto de la capa. En caso de producirse esto, la misma se debe eliminar hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

La compactación de la capa debe comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro, con excepción en las curvas peraltadas donde la compactación debe iniciarse en el borde interno de la curva y avanzar hacia el borde alto. En todos los casos, y a los efectos de proveer del adecuado confinamiento lateral, se debe distribuir el material de las banquetas al nivel de la capa que es objeto del proceso de compactación.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de desagüe, muros o estructuras, no permitieran el empleo del equipo que normalmente se estuviera utilizando, se deben compactar con medios adecuados a cada caso y aprobados por el Director de Obra.

La compactación se debe realizar de manera continua y sistemática. Si la extensión del material se realiza por franjas, al compactar una de ellas se debe ampliar la zona de compactación para que incluya, al menos, quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Se deben eliminar los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte de las banquetas o talud exterior de la obra.

7.2.6.- Terminación de la superficie

Luego del proceso de compactación debe realizarse el perfilado con motoniveladora u otro equipo apropiado y aceptado por el Director de Obra. Se debe perfilar hasta obtener la cota final correcta para la capa, extendiendo el acabado de esta hasta abarcar parte de las banquetas.

La compactación final de la superficie cortada debe ser ejecutada con rodillo neumático.

La superficie de la capa terminada debe presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes transversales adecuadas.

7.2.7.- Imprimación

Como mecanismo de protección o en aquellos casos en que la capa inmediata superior a colocar sobre la capa granular en estudio sea una capa con ligante asfáltico, debe ejecutarse previamente, el correspondiente riego de imprimación.

El mismo debe realizarse lo antes posible para evitar cualquier variación de las condiciones logradas y como máximo dentro de un (1) día a partir de la fecha de aprobación de la capa granular en cuestión, y en todo de acuerdo con lo indicado las Especificaciones Técnicas Generales para Riegos de Imprimación de la D.N.V.

De extenderse dicho plazo la empresa contratista debe de mediar a su cargo una metodología que asegure el buen estado de la capa hasta el momento de la imprimación; buen estado que significa constatar el cumplimiento de los requisitos de la capa antes de la imprimación.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Previo al inicio de los trabajos de manera sistemática, se debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de elaboración, pre-humectación, mezclado, colocación, compactación y terminación necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente.

El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m) ni mayor a doscientos metros (200 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento y en las especificaciones técnicas particulares si hubiere, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no el proceso constructivo. En el primer caso, se pueden iniciar las obras de manera sistemática. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, y en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.
- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la construcción de la base estabilizada granulométricamente sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de esta actividad.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente

Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN

No se permite la puesta en obra de la base estabilizada granulométricamente en las siguientes situaciones (salvo autorización expresa del Director de Obra):

- ❖ Cuando se produzcan precipitaciones atmosféricas.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, del proceso de elaboración del estabilizado granular, del proceso de colocación y compactación de la capa estabilizada y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el *Punto 10. Plan de Control de Calidad* del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra. Mínimamente debe contar el laboratorio de obra con los equipos, elementos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote en el plan de control de calidad.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.
- ❖ Listado de personal afectado al laboratorio de obra y al cumplimiento del plan de control de calidad de la obra. Los recursos humanos destinados a las tareas antes mencionadas deben de permitir ejecutar el plan de control de calidad en tiempo y forma.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.

- ❖ Diez mil metros cúbicos (10000 m³) de material elaborado y colocado.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Control de Calidad: ensayos sobre materiales, sobre el proceso de distribución del riego y de la unidad terminada de los diferentes lotes ejecutados en este período.

En todos los casos en que el Director de obra entregue al Contratista planillas modelos de cálculo y presentación de resultados de ensayos, las mismas son de uso obligatorio.

El Director de obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El Director de obra puede disponer el envío de una muestra de cualquier material involucrado (agregados pétreos, suelo, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de obra.

Si el Director de obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM-D3244 para establecer el valor definitivo a adoptar del parámetro considerado.

Para determinar los puntos sobre la calzada donde efectuar el control de un lote de obra, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D-3665. Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o lo indicado en el Manual de Dirección de Obra de la DNV.

10.2.- Lotes

El control del proceso de mezclado, compactación y terminado de la capa estabilizada granulométricamente se organiza por lotes de producción (dosificación y mezclado) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de producción

Se considera como lote de producción a la menor fracción que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:

- ❖ Una cantidad de mil metros cúbicos (1000 m³) de estabilizado granular.
- ❖ Los metros cúbicos de estabilizado granular elaborados en una jornada de trabajo (el Director de obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

La numeración de los lotes de producción debe ser acumulativa, comenzando con el número uno (1), que le corresponde al Tramo de Prueba.

10.2.2.- Definición de lote de obra

Se considera como lote de obra o lote de estabilizado granular colocado y compactado en el camino a la fracción menor que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- ❖ Una longitud de quinientos metros (500 m) lineales de construcción.
- ❖ Lo ejecutado con un lote de producción.

Nota: Con el objetivo de contar con trazabilidad de los trabajos ejecutados y vincular los valores de parámetros de obra con los correspondientes a los de elaboración del estabilizado granular, a cada lote de producción (en planta) se lo debe vincular con el o los lotes de obra correspondientes (colocación en obra) ejecutados a partir de aquel.

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales. Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de dosificación, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados

10.3.1.1.- Agregados gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos es la que se indica en la Tabla 17.

Parámetro	Método	Frecuencia
-----------	--------	------------

Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de las	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coefficiente de desgaste Los Angeles ⁽¹⁾	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Micro Deval ⁽¹⁾	ASTM D-6928	Cada 30 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505/IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Caras de fractura	IRAM 1851	Cada 30 lotes
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio ^{(2) (3)}	IRAM 1525	Cada 60 lotes
Limpieza ⁽⁴⁾	---	Cada 15 lotes
Degradación en presencia de dimetil – sulfoxide ⁽⁵⁾	UY A 26	Cada 30 lotes

Tabla 17. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO.

- (1) En el caso de agregados “tipo basálticos”, la frecuencia de ensayo es de quince (15) lotes.
- (2) El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- (3) Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- (4) La determinación de la limpieza se realiza visualmente.
- (5) Solo cuando el agregado resulte de origen basáltico.

10.3.1.2.- Agregados de aporte finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos es la que se indica en la Tabla 18.

Parámetro	Método	Frecuencia
Coefficiente de desgaste “Los Angeles”	IRAM 1532	Cada 15 lotes
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE-EN 933-9	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505/IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción	IRAM 1520	Cada 15 lotes

de agua		
---------	--	--

Tabla 18. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO.

(1) Cuando corresponda

10.3.2.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para control de calidad de suelos de aporte se indica en la Tabla 19.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Sulfatos	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Límite líquido	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505/IRAM 1501	Cada 15 lotes

Tabla 19. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS SUELOS DE APORTE.

10.3.3.- Aditivos

Con una frecuencia que designe el Supervisión de las Obras, se deben tomar muestras duplicadas de quinientos centímetros cúbicos (500 cm³) de cada partida de aditivo.

Para ello, se deben emplear envases plásticos herméticos, sin uso previo, debidamente conformado e identificado por el Supervisión de las Obras y el Contratista, a fin de proceder a su mantenimiento en reserva por un período de treinta (30) días. Los grupos de muestras deben quedar en poder de la Contratista y del Supervisión de las Obras.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del estabilizado granular

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la elaboración (dosificación y mezclado); la misma se resume en la Tabla 20.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Humedad óptima	AASTHO T180	Cada lote
Densidad máxima seca	AASTHO T180	Cada lote
Humedad	IRAM 10519	Cada lote
Granulometría	IRAM 1501/IRAM 1505	Cada lote
Límite líquido de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM-10501	Cada 5 lotes
Índice de plasticidad de la fracción pasa tamiz N°40 del esqueleto granular	IRAM-10501	Cada 5 lotes
Valor soporte relativo CBR ⁽¹⁾	AASHTO T-193	Cada 5 lotes
Expansión	AASHTO T-193	Cada 5 lotes

Tabla 20. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.

(1) La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y siete por ciento ($\leq 97\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida en el ensayo AASHTO T-180.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada. Los mismos se resumen en la Tabla 21.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Determinación de condiciones geométricas	---	Cada lote de obra
Evaluación visual superficial ⁽¹⁾	---	Cada lote de obra
Grado de compactación ⁽²⁾	AASHTO T-191	Cada lote de obra
Humedad	IRAM 10519	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra

Tabla 21. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA UNIDAD TERMINADA.

- (1) Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.
- (2) El empleo del densímetro nuclear o densímetro eléctrico u otro método alternativo debe ser aprobado por el Director de Obra; asimismo el uso de estos debe ser contemplado con un factor de corrección específico obtenido durante la ejecución del tramo de prueba, en referencia al ensayo correspondiente al “Método del Cono de Arena” (AASHTO T-191). La metodología para la determinación del factor de corrección, número mínimo de pruebas a considerar y demás aspectos necesarios para su determinación, deben de ser aprobadas por el Director de Obra y la correlación debe resultar adecuada a los fines del control de calidad. La calibración y contraste de los equipos durante la ejecución de las obras se realizará periódicamente en plazos no inferiores a catorce días (14 d) ni superiores a veintiocho días (28 d).

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

11.1.1.- Granulometría (lote de producción)

Para la determinación de la granulometría del lote en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de una unidad de transporte; es decir, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera granulometría media del esqueleto granular al promedio de las granulometrías obtenidas en los ensayos realizados sobre el lote de obra en estudio.

La granulometría media de los agregados debe cumplir con las tolerancias admisibles, respecto a la granulometría de la Fórmula de Obra vigente, indicadas en la Tabla 22.

Sin perjuicio de lo anterior, la granulometría media de la capa granular, con sus tolerancias, bajo ningún concepto puede salirse por fuera del huso granulométrico establecido en el *Punto 6.2 Husos granulométricos*.

50 mm (2")	38,1 mm (1 1/2")	25,4 mm (1")	12,7 mm (1/2")	4,75 um (N° 4)	2 mm (N° 10)	0,42 mm (N° 40)	75 um (N° 200)
+/- 6 %	+/- 6 %	+/- 5 %	+/- 5 %	+/- 4 %	+/- 4 %	+/- 3 %	+/- 2 %

Tabla 22. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

11.1.2.- Humedad

Para la determinación de la humedad del lote en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de una unidad de transporte.

Se considera humedad del lote en estudio al promedio de las humedades obtenidas en los ensayos realizados.

La humedad media del estabilizado granular debe encontrarse dentro del entorno $\pm 2\%$ (dos) respecto del valor de humedad óptima determina mediante el ensayo AASHTO T-180.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

Se deben determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, cinco o más (≥ 5) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad seca del material compactado.

La determinación de los puntos a evaluar sobre la superficie del lote de obra se debe efectuar según lo descrito en el *Punto 10.1 Generalidades*.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 23.

Valor medio de densidad seca $\geq 98\%$
Valor individual de densidad seca $\geq 97\%$ ⁽¹⁾

Tabla 23. REQUISITOS DE DENSIDAD SECA DE CACA COMPACTADA.

- (1) Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T-180.

11.2.2.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa estabilizada granulométricamente se puede hacer sobre los puntos empleados para cumplimentar el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)*.

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimétrica. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores medidos del lote de obra resulte inferior al veinte por ciento (20 %).

11.2.3.- Condiciones geométricas (cada 100 m)

La base granular colocada debe de respetar las condiciones geométricas establecidas en el proyecto definitivo para la capa granular en consideración con una tolerancia de 0.010m en cota.

11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual de la superficie del lote de obra, o de un área parcial del mismo, debe mostrar homogeneidad y no se debe observar ningún tipo de segregación, desprendimiento, manchas de suelos cohesivos, o ningún otro defecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo se aplican sobre los lotes definidos en el *Punto 10.2. Lotes*.

En todos los casos en que se rechace un lote o zonas puntuales con problemas superficiales por segregaciones, los costos asociados a la remediación de la situación (remoción, tratamiento de los productos generados de la demolición, reposición de la capa, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

12.1.1.- Granulometría (lote de producción)

La aceptación del lote de producción en relación con la granulometría se da si se cumple lo establecido en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*.

Si, con la excepción de un tamiz de control, la granulometría media cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*, y este tamiz se encuadra dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 24, se acepta el lote de obra.

Si, con dos o más tamices de control, la granulometría media de los agregados no cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*, pero se encuadran dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 24, se acepta el lote en estudio con un descuento del cinco por ciento (5 %).

37,5 mm	9,5 mm	4,75mm	75 um
---------	--------	--------	-------

(1 1/2")	(3/4")	(N°4)	(N°200)
+/- 9 %	+/- 8 %	+/- 6 %	+/- 4 %

Tabla 24. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.

Si la granulometría media de los agregados no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote en estudio, teniendo el Contratista que proceder, excepto indicación contraria del Director de las Obras, a la demolición del lote de obra ejecutado con ese lote de producción, y a la reposición de la capa.

12.1.2.- Humedad

El contenido de humedad del lote en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.2. Humedad (lote de producción).

Si el contenido medio de humedad del lote en estudio no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos dos por ciento ($\pm 2,0$ %) respecto de la humedad óptima del lote de producción, se debe de ajustar la humedad en la obra hasta que verifique el requisito antes mencionado.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación del lote de la capa estabilizada granulométricamente debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)*.

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)* se deben de efectuar las correcciones necesarias para que dicho requisito se cumpla.

12.2.2.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo expuesto en el *Punto 12.2.2. Espesor (lote de obra)*, caso contrario el lote es rechazado.

12.2.3.- Condiciones geométricas

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el *Punto 11.2.3. Consideraciones geométricas* de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.4. Evaluación visual de la superficie (lote de obra).

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y reposición de la capa rechazada.

13.- MEDICIÓN

Las capas granulares se medirán en metros cúbicos de material compactado y se calcularán de acuerdo con la sección transversal indicada en el proyecto o establecida por la Inspección.

14.- FORMA DE PAGO

El pago de la obra realizada se efectuará de acuerdo con los precios unitarios fijados en el contrato para los rubros respectivos de base y subbase. Dicho precio comprenderá la compensación total por el suministro del material requerido (incluido derecho de piso, descubierta de cantera, extracción, carga, transporte, descarga, etc.) la trituración cuando es especificada, el mezclado del material, el tendido, la conformación y compactación de las capas, la provisión y utilización del agua para riegos, y la conservación de la obra.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de cada una de las capas contempladas en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Si el deterioro de alguna de las capas ejecutadas afectara la calzada, bases, capas intermedias y/o subrasante, el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas, como así también de depresiones, de baches aislados y de pequeñas superficies se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de

Especificaciones Técnicas Generales y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

BORRADOR



Ministerio
de Transporte
y Obras Públicas

Dirección Nacional
de Vialidad

PLIEGO GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS:
Dirección Nacional de Vialidad – Ministerio de
Transporte y Obras Públicas

SECCIÓN 3

Bases y subbases

BORRADOR

DOCUMENTO BORRADOR PUBLICADO

Diciembre 2025

SECCIÓN 3A – Capas de bases y subbases de materiales naturales

SECCIÓN 3B – Capa estabilizada granulométricamente

SECCIÓN 3C1 – Capa estabilizada con ligante hidráulico in-situ

SECCIÓN 3C2 – Capa estabilizada con ligante hidráulico en planta

SECCIÓN 3D1 – Capa estabilizada con asfalto espumado in-situ

SECCIÓN 3D2 – Capa estabilizada con asfalto espumado en planta

SECCIÓN 3D3 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ

SECCIÓN 3D4 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta

ÍNDICE

Sección 3.C1 – Capas Estabilizadas con Ligantes Hidráulicos en sitio

ÍNDICE DE TABLAS	4
1.- DESCRIPCIÓN	5
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN	5
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA	5
3.1.- DEFINICIONES	5
3.2.- NOMENCLATURA	6
4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN	7
5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES	7
5.1.- AGREGADOS DE APORTE	7
5.1.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES	7
5.1.2.- AGREGADO GRUESO VIRGEN	9
5.1.2.1.- REQUISITOS DEL AGREGADO GRUESO VIRGEN	9
5.1.3.- AGREGADO FINO VIRGEN	10
5.1.3.1.- REQUISITOS DEL AGREGADO FINO VIRGEN	10
5.1.4.- AGREGADOS PROVENIENTE DE RAP	11
5.1.4.1.- REQUISITOS DEL AGREGADO GRUESO RECUPERADO DEL RAP	11
5.1.4.2.- REQUISITOS DEL AGREGADO FINO RECUPERADO DEL RAP	11
5.1.5.- SUELOS DE APORTE	12
5.1.5.1.- REQUISITOS GENERALES DEL SUELO DE APORTE	12
5.1.5.2.- REQUISITOS DEL SUELO DE APORTE	13
5.2.- LIGANTES HIDRÁULICOS	14
5.2.1.- DEFINICIÓN	14
5.2.2.- CARACTERÍSTICAS GENERALES	14
5.2.3.- REQUISITOS DE LOS LIGANTES HIDRÁULICOS	14
5.3.- AGUA	15
5.4.- ADICIONES	15
5.4.1.- ADICIONES MINERALES PULVERULENTAS	15
5.5.- EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA RIEGO DE CURADO	15
6.- ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO	15
6.1.- CARACTERÍSTICAS GENERALES	15
6.2.- REQUISITOS DE LA MEZCLA DE AGREGADOS A ESTABILIZAR	16
6.3.- CRITERIOS Y REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN	17
6.4.- PRESENTACIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA	18
7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	21

7.1.- CONSIDERACIONES GENERALES.....	21
7.2.- EQUIPOS DE OBRA.....	21
7.2.1- SILOS DE ALMACENAMIENTO DEL CEMENTO Y DE LAS ADICIONES MINERALES.....	21
7.2.2.- EQUIPOS DISTRIBUIDORES DE CEMENTO EN SECO.....	22
7.2.3.- EQUIPOS RECICLADORES DE PULVERIZACIÓN Y MEZCLADO.....	22
7.2.4.-EQUIPOS DE PERFILADO Y NIVELACIÓN.....	23
7.2.5.-EQUIPOS DE COMPACTACIÓN.....	24
7.2.6.- EQUIPOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL RIEGO DE CURADO.....	25
7.2.7.- EQUIPOS PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGREGADO DE COBERTURA.....	25
7.3.- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	26
7.3.1.- PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO.....	26
7.3.2.- CARGA DE MATERIAL Y MEZCLADO EN SITIO.....	26
7.3.3.- COMPACTACIÓN.....	27
7.3.4.- TERMINACIÓN Y PERFILADO.....	28
7.3.5.- CURADO Y PROTECCIÓN.....	28
8.- TRAMO DE PRUEBA.....	29
9.- LIMITACIONES POR CLIMA RIGUROSO.....	30
9.1.- TEMPERATURAS EXTREMAS.....	30
9.2.- PRECIPITACIONES INTENSAS.....	30
9.3.- CONDICIONES VENTOSAS.....	30
10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	31
10.1.- GENERALIDADES.....	31
10.2.- LOTES.....	32
10.2.1.- DEFINICIÓN DE LOTE DE OBRA.....	32
10.3.- PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS MATERIALES.....	33
10.3.1.- AGREGADOS Y SUELOS.....	33
10.3.1.1.- AGREGADOS GRUESOS.....	33
10.3.1.2.- AGREGADOS FINOS.....	34
10.3.1.3.- AGREGADOS GRUESOS PROVENIENTES DEL RAP (SI CORRESPONDE).....	34
10.3.1.4.- AGREGADOS FINOS PROVENIENTES DEL RAP (SI CORRESPONDE).....	35
10.3.1.5.- SUELOS DE APORTE.....	35
10.3.2.- LIGANTES HIDRÁULICOS.....	36
10.3.3.- ADICIONES MINERALES.....	36
10.3.4.- EMULSIONES ASFÁLTICAS PARA EL CURADO.....	37
10.4.- PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL MATERIAL ESTABILIZADO CON LIGANTE HIDRÁULICO.....	37
10.5.- PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA UNIDAD TERMINADA.....	37
10.6.- ARCHIVO DE LA INFORMACIÓN.....	38
11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA.....	38
11.1.- REQUISITOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	38
11.1.1.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A SIETE DÍAS (LOTE DE OBRA).....	39

11.2.- REQUISITOS DE LA UNIDAD TERMINADA (LOTE DE OBRA)	39
11.2.1.- EVALUACIÓN VISUAL (LOTE DE OBRA)	39
11.2.2.- GRADO DE COMPACTACIÓN (LOTE DE OBRA)	39
11.2.3.- ESPESOR (LOTE DE OBRA)	40
11.2.4.- ANCHO (LOTE DE OBRA)	40
11.2.5.- SECCIÓN TRANSVERSAL Y PENDIENTES (LOTE DE OBRA)	40
12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO	40
12.1.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN (LOTE DE PRODUCCIÓN)	41
12.1.1.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN A LOS 7 DÍAS (LOTE DE PRODUCCIÓN)	41
12.2.- REQUISITOS DE LA UNIDAD TERMINADA (LOTE DE OBRA)	41
12.2.1.- EVALUACIÓN VISUAL SUPERFICIAL (LOTE DE OBRA)	41
12.2.2.- GRADO DE COMPACTACIÓN (LOTE DE OBRA)	41
12.2.3.- ESPESOR (LOTE DE OBRA)	42
12.2.4.- ANCHO	43
12.2.5.- SECCIÓN TRANSVERSAL Y PENDIENTES (LOTE DE OBRA)	43
13.- MEDICIÓN	43
14.- FORMA DE PAGO	43
15.- CONSERVACIÓN	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación.....	5
Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con ligantes hidráulicos.....	6
Tabla 3. Índices de prestación.....	7
Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.....	9
Tabla 5. Requisitos del agregado grueso virgen.....	9
Tabla 6. Requisitos del agregado grueso virgen "Tipo Basálticos".....	10
Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.....	11
Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del rap.....	11
Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del rap.....	12
Tabla 10. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte.....	13
Tabla 11. Requisitos para el suelo de aporte.....	13
Tabla 12. Requisitos de procedencia y almacenamiento de los ligantes.....	14
Tabla 13. Requisitos para la mezcla de agregados y suelo a tratar.....	16
Tabla 14. Requisitos de granulometría para la mezcla de agregados y suelo a tratar.....	17
Tabla 15. Criterios de dosificación.....	18
Tabla 16. Información a incluir en la presentación de la fórmula de obra.....	21
Tabla 17. Requisitos para silos para el almacenamiento de cemento y adiciones minerales.....	22
Tabla 21. Equipos distribuidores de cemento en seco. Requisitos.....	22
Tabla 22. Equipos recicladores. Requisitos.....	23
Tabla 23. Equipos para el perfilado y terminación. Requisitos.....	24
Tabla 24. Equipos para la compactación. Requisitos.....	24
Tabla 25. Equipos para la distribución del riego de curado. Requisitos.....	25
Tabla 26. Equipos para la distribución del agregado de cobertura. Requisitos.....	25
Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso.....	34
Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino.....	34
Tabla 29. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente de RAP.....	35
Tabla 30. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente de RAP.....	35
Tabla 31. Plan de ensayos sobre el suelo seleccionado.....	36
Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.....	37
Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	38
Tabla 34. Requisitos de densidad seca en lote de obra.....	40
Tabla 35. Requisitos de densidad seca reducidos en lote de obra.....	42

1.- DESCRIPCIÓN

Esta sección comprende a la construcción de un estabilizado con ligante hidráulico, constituido por una mezcla íntima y homogénea de agregados, y uno o más ligantes hidráulicos, que compactado con una adecuada incorporación de agua permita obtener el espesor y perfiles transversales de proyecto, cumpliendo en un todo con la presente especificación.

El material a estabilizar podrá provenir de agregados vírgenes y/o del material obtenido mediante el reciclado de pavimentos existentes. En todos los casos, dicho material deberá cumplir con los requisitos granulométricos, de calidad y de uniformidad establecidos en la presente especificación, garantizando su aptitud para los procesos de mezcla, compactación y estabilidad previstos.” El material a estabilizar podrá provenir de agregados vírgenes o producto del reciclado de un pavimento existente... (ver redacción).

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación.

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, salvo indicación contraria en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1.- Definiciones

Un estabilizado con ligante hidráulico es una mezcla de materiales naturales o recuperado áridos (grava y arena) con un ligante hidráulico como el cemento o la cal, que se emplea para la conformación de capas de base. La incorporación de uno o más ligantes hidráulicos tiene la función de incrementar la

resistencia, durabilidad y estabilidad del material original, mejorando principalmente su capacidad soporte, y la resistencia a la consolidación y a los cambios de humedad.

Se define como “Agregado grueso virgen”, destinado a la preparación de capas de estabilizados con ligantes hidráulicos, a todos los agregados de origen natural cuya fracción quede retenida en el tamiz N°4 (4,75 mm) según Norma IRAM 1501.

Se define como “Agregado fino virgen” a la proporción de agregado total de origen natural que pasa el tamiz N° 4 (4,75 mm). El agregado fino podrá estar conformado íntegramente por arena natural, trituración o una combinación de ambas.

Se define como RAP (Pavimento Asfáltico Recuperado o Reciclado) en la presente especificación técnica a todo material proveniente del fresado de una capa asfáltica. El RAP está compuesto por agregados pétreos cubiertos de un ligante asfáltico que ha experimentado cambios en su comportamiento reológico durante su vida en servicio.

Se define como suelo seleccionado a un material natural o procesado, que ha sido debidamente seleccionado y clasificado para aportar la fracción fina del esqueleto granular, aportando estabilización intergranular entre las partículas de mayor tamaño.

3.2.- Nomenclatura

ELH	XX	TMN	RIG / SRIG	(R)
-----	----	-----	------------	-----

Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con ligantes hidráulicos.

Donde:

ELH: Sigla que indica que se trata de una capa de Estabilizado con ligantes hidráulicos.

XX: Número que indica el valor especificado como resistencia mínima a compresión en MPa, a la edad de siete (7) días, medida según norma UNE EN 13286-41.

TMN: Tamaño máximo nominal, en milímetros, del huso granulométrico. Se entiende como tamaño máximo nominal, a la abertura en milímetros del tamiz inmediatamente anterior al primer tamiz que retenga un 15 % o más de la mezcla de agregados. (a definir por DNV)

RIG / SRIG: Indicación que corresponde a una capa estructural de un pavimento Rígido (RIG) o Semirrígido (SRIG).

R: Indicación correspondiente a que la mezcla contiene RAP.

4.- INDICE DE PRESTACIÓN

Los requisitos de los materiales componentes, de las mezclas elaboradas, como así también de la calidad final de la capa, se encuentran diferenciados en la presente especificación técnica de acuerdo con el índice de prestación adoptado para cada proyecto.

El índice de prestación debe ser indicado en la especificación técnica particular, si así no ocurriese se debe de adoptar el índice de prestación P1.

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los dos (2) índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (P)	P1	P2
--------------------------	----	----

Tabla 3. Índices de prestación.

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados de aporte

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los agregados deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los requisitos generales que deben cumplir los agregados para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Características	Requisitos
Procedencia	Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos.

Características	Requisitos
	Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Condiciones generales	El material estará libre de materiales vegetales, terrones de arcilla y otras sustancias perjudiciales, y será de tal naturaleza que pueda ser compactado fácilmente para formar una base firme y estable, mediante humedecimiento y rodillado.
Acopios	<p>Los agregados se acopiarán y emplearán en forma tal que se evite la segregación de partículas, la contaminación con sustancias extrañas y el mezclado de agregados de distintos tamaños máximos o granulometría. Para el cumplimiento de esta condición deben ser acopiados sobre el terreno firme, bien compactado y nivelado, y con drenajes adecuados tal que permitan la operación de las palas cargadoras sin contaminar el agregado con suelo. Para evitar la contaminación se deberá dejar un “piso de sacrificio” de aproximadamente 30 cm materializado con una porción del mismo agregado, el que no será empleado en ningún caso para la elaboración. En su defecto, podrá ser acopiado sobre un sustrato de hormigón pobre de un espesor no menor de 10 cm, ejecutado sobre suelo compactado.</p> <p>Para asegurar el cumplimiento de estas condiciones, los ensayos para verificar las exigencias de limpieza y granulometría del agregado se realizarán sobre muestras extraídas según norma UNIT-NM 26, previo a su utilización.</p> <p>Los acopios deberán tener forma troncocónica y su altura no deberá superar los 3 metros (3 m). Se considera aceptable la conformación de acopios separados como “pilas de trabajo” siempre que cumplan con dichas condiciones. El terreno debe tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.</p> <p>Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra.</p> <p>El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista.</p> <p>Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la calidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada.</p>

Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.

5.1.2.- Agregado grueso virgen

5.1.2.1.- Requisitos del agregado grueso virgen.

Los requisitos a cumplir por los agregados gruesos dependen del índice de prestación. Los mismos se establecen en la Tabla 5.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Contenido de carbonato de calcio en forma de conchillas marinas	IRAM 1649	< 5%	
Elongación	IRAM 1687-2	≤ 30%	
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 30	≤ 40
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 35	≤ 50
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Determinación obligatoria	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	
Densidad relativa, densidad aparente y absorción.	IRAM 1533	Determinación obligatoria	

Tabla 5. Requisitos del agregado grueso virgen

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 20	≤ 50
Micro Deval	ASTM D-6928	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 17	N.A.
Degradación en presencia de dimetil - sulfoxide	UY A 26	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 60%	N.A.

Tabla 6. Requisitos del agregado grueso virgen “Tipo Basálticos”

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos se establecen en la Tabla 7.

En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en esta especificación.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Equivalente de arena	IRAM 1682	Índice de prestación	
		P1	P2
		≥ 35 %	30%
Índice de Azul de Metileno	UNE-EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	

Ensayo	Norma	Exigencia
Densidad relativa, densidad aparente y absorción	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.

5.1.4.- Agregados proveniente de RAP

El RAP no deberá presentar contenido de materia orgánica o productos que puedan perjudicar el fragüe, ni la resistencia potencial del ligante hidráulico, y debe tener un tamaño máximo menor o igual a treinta milímetros (≤ 30 mm), o el que establezca el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades o requisitos adicionales cuando se vaya a emplear RAP cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requiera.

El RAP será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se emplee RAP de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en esta especificación.

5.1.4.1.- Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

Los requisitos por cumplir para los agregados gruesos (retenido en tamiz N°4) recuperados del RAP se establecen en la Tabla 8. Cualquier otro requisito puede ser solicitado en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703/IRAM1703	Determinación obligatoria.

Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del rap.

5.1.4.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP

Los requisitos sobre el agregado fino (pasa tamiz N°4) recuperado del RAP se establecen en la tabla 8. Se pueden establecer requisitos adicionales en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 35

Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del rap.

5.1.5.- Suelos de aporte

5.1.5.1.- Requisitos generales del suelo de aporte

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos seleccionados de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 10.

Característica	Requisitos
Procedencia	Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los suelos de aporte deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de los mismos. Deben provenir de préstamos y/o canteras habilitadas; y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química.
Resistencia, durabilidad y reactividad	Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el Punto 5.3.2. Requisitos de los Suelos de aporte. Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separados de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con la superficie de apoyo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a cuatro metros (4 m). El terreno debe tener pendientes no inferiores a dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.

	<p>Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra.</p> <p>El Supervisor de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras.</p> <p>Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada.</p> <p>No se permite el uso de suelos de aporte que provengan de acopios congelados, o que contengan hielo.</p>
--	---

Tabla 10. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte

5.1.5.2.- Requisitos del suelo de aporte

Los requisitos a cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 11.

Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 11.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	UNE 103205	< 1,0%
Sulfatos solubles -SO ₃ -	UNE 103201	< 0,7%
Contenido de materia orgánica	AASHTO T267	< 2%
Límite líquido	AASHTO T 89	≤ 35 %
Índice de plasticidad	AASHTO T 90	≤ 12 %
Clasificación HRB	AASHTO T -145	Determinación obligatoria

Tabla 11. Requisitos para el suelo de aporte.

5.2.- Ligantes hidráulicos

5.2.1.- Definición

Un ligante hidráulico es un conglomerante elaborado en fábrica, que es suministrado listo para su uso y cuyas propiedades son específicamente diseñadas para diferentes usos en la construcción, dentro de los cuales se incluye el tratamiento y estabilización de suelos. Habitualmente son productos cálcicos, que se suministran en estado pulverulento, y que son obtenidos mediante la mezcla de distintos componentes.

5.2.2.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los ligantes hidráulicos para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 12.

Característica	Requisitos
Procedencia	Los ligantes deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los mismos deben tener trazabilidad y debe llevarse un registro de la procedencia de los mismos.
Almacenamiento	Independientemente del tipo de ligante utilizado, este debe protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. Si es entregado a granel, se debe almacenar en silos adecuados, limpios, secos y bien ventilados, capaces de protegerlo contra la acción de la intemperie. Los ligantes de distinto tipo, marca o partida se almacenarán separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se efectuará en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora o distribuido en el camino, el ligante se encontrará en perfecto estado pulverulento. Si el mismo estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra la presencia de grumos u otros signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo deberá ser ensayado nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos de calidad especificados

Tabla 12. Requisitos de procedencia y almacenamiento de los ligantes.

5.2.3.- Requisitos de los ligantes hidráulicos

Para la conformación del estabilizado se podrán utilizar cualquiera de los siguientes ligantes hidráulicos:

- Cementos de uso general, que cumplan los requisitos de calidad incluidos en la norma UNIT 20.
- Cementos de albañilería, que cumplan los requisitos de calidad incluidos en la norma UNIT 984.

- Conglomerantes hidráulicos para carreteras, que cumplan la norma UNE-EN 13282.

5.3.- Agua

El agua debe ser de una calidad tal que no altere el proceso normal de preparación, mezclado, compactación y ganancia de resistencia del material estabilizado.

5.4.- Adiciones

5.4.1.- Adiciones Minerales Pulverulentas

Podrán agregarse materiales adicionales tales como cal hidratada, puzolanas naturales, cenizas volantes, escoria granulada de alto horno, filler calcáreo y humo de sílice, siempre que se demuestre, previamente, mediante ensayos, que su empleo en las cantidades previstas produce el efecto deseado, cumplimentando los requisitos establecidos en la presente especificación.

Las adiciones minerales deben cumplir con las especificaciones de las siguientes normas: ASTM C977 (Cal Hidratada), UNIT 1047 (Puzolanas y Cenizas Volantes), UNIT 1061 (Escoria granulada de alto horno), UNIT 1014 (Filler calcáreo), ASTM C1240 (Humo de sílice), según corresponda.

Para el transporte y almacenamiento de las adiciones minerales pulverulentas rigen las mismas disposiciones que para los ligantes hidráulicos, establecidas en 5.2.3.

5.5.- Emulsiones asfálticas para riego de curado

Las emulsiones asfálticas para el riego de curado deben ser del tipo CRR-O/CRR-1 y se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 6691.

6.- ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

6.1.- Características generales

El material estabilizado con ligantes hidráulicos diseñado y elaborado, según la Fórmula de Obra aprobada y vigente, debe ser trabajable, de acuerdo con los métodos y equipos que se empleen en la

ejecución del proyecto y capaz de alcanzar los requisitos de durabilidad y resistencia establecidos en la presente especificación.

6.2.- Requisitos de la mezcla de agregados a estabilizar

La combinación de las diferentes fracciones de agregados y suelo, que componen el material a tratar debe cumplir las prescripciones de la *Error! No se encuentra el origen de la referencia.* Tabla 13.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	
Sales totales	UNE 103205	< 1,0%	
Sulfatos solubles - SO ₃ -	UNE 103201	< 0,7%	
Contenido de materia orgánica	AASHTO T267	< 2%	
Límite líquido	AASHTO T 89	≤ 25 %	
Índice de plasticidad	AASHTO T 90	Clasificación por prestación	
		P1	P2
		≤ 4 %	≤ 6 %
Valor Soporte Relativo - CBR-	AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47	Clasificación por prestación	
		P1	P2
		≥ 60 %	≥ 40 %
Clasificación	ASTM D 3282	Determinación obligatoria	

Tabla 13. Requisitos para la mezcla de agregados y suelo a tratar.

La granulometría de la combinación de agregados y suelo a tratar deberá verificar los límites establecidos en la Tabla 14.

Abertura -mm (Designación Tamiz)	Porcentaje Pasa (%)	
	Índice de prestación	
	P1	P2
38 mm (1 1/2")	100	75-100
25 mm (1")	70-100	70-100
19 mm (3/4")	60-90	60-95
9.5 mm (3/8")	45-75	45-85
4.8 mm (N° 4)	35-60	35-75
2 mm (N°10)	25-50	25-65
420 μ (N° 40)	15-30	15-40
74 μ (N° 200)	3-10	5-30

Tabla 14. Requisitos de granulometría para la mezcla de agregados y suelo a tratar

6.3.- Criterios y requisitos de dosificación

Los criterios a considerar en el proceso de diseño en laboratorio del estabilizado tratado con ligantes se resumen en la Tabla 15.

Parámetro	Exigencia
Plazo mínimo de trabajabilidad (UNE EN 13286-45)	120 minutos.

Resistencia mínima a compresión a 7 días (UNE EN 13286-41 y UNE-EN 13286-50) (¹) (²)	Clasificación por Prestación	
	Semirrígidos	Rígidos
	2,0 MPa	2,5 MPa
Resistencia máxima a compresión a 7 días (UNE EN 13286-41 y UNE EN 13286-50) (¹) (²)	Clasificación por Prestación	
	Semirrígidos	Rígidos
	3,0 MPa	N/A
Densidad máxima seca (UNE EN 13286-2 y UNE EN 13286-2AC) (³)	Determinación obligatoria.	
Valor Soporte Relativo (CBR) del material a tratar -sin ligante hidráulico-. (AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47) (⁴)	Determinación obligatoria.	
Expansión máxima del material a tratar - sin ligante hidráulico - (UNE EN 13286-49) (⁴)	Determinación obligatoria.	

(1) La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y siete por ciento ($\leq 97\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir del Ensayo Proctor Modificado, con Molde B, de la Norma UNE EN 13286-2.

(2) Valores mínimos especificados, salvo indicación en contrario por el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

(3) Excepto indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el ensayo empleado en la Norma UNE EN 13286-2 debe ser el Ensayo Proctor Modificado, con Molde B.

(4) El ensayo debe realizarse sobre el material a tratar, sin el agregado de ligante hidráulico

Tabla 15. Criterios de dosificación.

6.4.- Presentación de la fórmula de obra

El Contratista determinará las proporciones de los distintos materiales que componen la mezcla o mezclas estudiadas. El material resultante para cada mezcla estudiada (fórmula de obra), cumplirá las condiciones establecidas en esta especificación.

La fabricación y colocación de la capa estabilizada con ligante hidráulico no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, puede exigir un estudio de sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y contenido de ligantes, dentro de las tolerancias establecidas en el presente documento.

La dosificación se someterá a consideración del Director de Obra adjuntando, con toda la anticipación necesaria, un informe técnico en el que consten los resultados de los ensayos realizados para determinar las proporciones, que demuestren fehacientemente que las mezclas estudiadas permitirán obtener las características exigidas en el apartado 6.3. Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 16.

En todos los casos el Director de Obra podrá realizar las observaciones que considere necesarias y solicitar muestras de los materiales a utilizar.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados y suelos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado. ❖ Densidad relativa y absorción de agua de los distintos agregados. ❖ Granulometría individual de cada fracción de agregados y de los agregados combinados. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado grueso, como mínimo todos los contemplados en 5.1.2. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado fino, como mínimo todos los contemplados en 5.1.3.

Parámetro	Información que debe ser consignada
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayos realizados sobre el agregado proveniente de RAP, como mínimo todos los contemplados en 5.1.4 (si corresponde) ❖ Ensayos realizados sobre el suelo seleccionado, como mínimo todos los contemplados en 5.1.5.
Cemento y Adiciones	<p>Debe indicarse para el cemento: su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, características y ensayos. Se debe remitir el último certificado de aptitud vigente expedido por el Organismo de Certificación correspondiente. Asimismo, se debe incluir las características de composición informadas por el fabricante</p> <p>Debe indicarse para las adiciones minerales: su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.</p>
Humedad óptima de compactación	Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Contenido de Cemento	Debe indicarse el contenido de cemento, expresado en porcentaje en masa de ligante incluida en 1 tonelada de Estabilizado Seco compactado a Máxima densidad.
Adiciones minerales pulverulentas	Cuando se empleen adiciones minerales, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.
Plazo de trabajabilidad (UNE EN 13286-45)	Debe indicarse el plazo de trabajabilidad bajo condiciones de laboratorio.
Resistencia a compresión (UNE EN 13286-41)	Se debe informar la resistencia a compresión sobre probetas moldeadas y ensayadas a la edad de 7 días.
Valor Soporte Relativo (CBR) del material a tratar - sin ligante hidráulico-	Se debe indicarse el resultado del ensayo.

Parámetro	Información que debe ser consignada
(AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47)	
Expansión máxima del material a tratar - sin ligante hidráulico- (UNE-EN 13286-49)	Se debe indicarse el resultado del ensayo.
Ajustes en el Tramo de Prueba	La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 16. Información a incluir en la presentación de la fórmula de obra.

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Consideraciones generales

Los equipos, máquinas y herramientas requeridas para el manipuleo de los materiales y del material estabilizado, y para ejecutar todos los trabajos de obra, deberán reunir las características que aseguren la obtención de la calidad exigida y permitan alcanzar los rendimientos mínimos para cumplir el Plan de Trabajo. No se puede utilizar en la ejecución regular de la capa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el Tramo de Prueba y aprobado por el Director de Obra.

7.2.- Equipos de obra

7.2.1- Silos de almacenamiento del cemento y de las adiciones minerales

Los cementos y las adiciones minerales se deben almacenar por separado y por tipo, en silos que se ajusten a los requisitos que se establecen en la Tabla 17.

Características	Requisitos
Silos de almacenamiento	El cemento entregado a granel se debe almacenar en silos adecuados, limpios, secos y bien ventilados, capaces de protegerlo contra la acción de la intemperie. Al inicio de la obra y a intervalos no mayores de un (1) año se debe verificar que los silos no permitan el pasaje de agua.

	En caso de que se utilice en obra más de un cemento, de tipos o procedencias distintas, o adiciones minerales, cada silo debe contar con una identificación unívoca respecto a su contenido, que evite errores de acopio de materiales de distinto tipo u origen en un mismo silo, en forma simultánea.
--	---

Tabla 17. Requisitos para silos para el almacenamiento de cemento y adiciones minerales.

7.2.2.- Equipos distribuidores de cemento en seco

Los equipos distribuidores de cemento para la realización del mezclado en sitio deberán verificar los requisitos establecidos en la Tabla 18.

Característica	Requisitos
Características Generales	<p>Los equipos dosificadores de cemento deberán asegurar la incorporación de la cantidad de aglomerante determinado en el estudio de la mezcla así como la distribución homogénea del mismo tanto en sentido longitudinal como transversal.</p> <p>Debe contar con un sistema de extendido del conglomerante de forma ponderal, sincronizado con la velocidad de avance y el ancho de trabajo.</p> <p>Además, deberá contar con un sistema que pueda realizar correcciones al instante de las diferencias que se detecten entre la dosificación proyectada y la real.</p> <p>Deberá poder emitir en forma automática un reporte de trabajo para un determinado período en el que conste la información del área cubierta y el peso del cemento portland esparcido.</p> <p>Está prohibido la distribución manual mediante bolsas o a granel, solo está permitido la distribución dosificada mecanizada del cemento portland de acuerdo a la fórmula de trabajo obtenida.</p>

Tabla 18. Equipos distribuidores de cemento en seco. Requisitos.

7.2.3.- Equipos recicladores de pulverización y mezclado

Los equipos recicladores deberán verificar los requisitos establecidos en la Tabla 19.

Característica	Requisitos
Características Generales	Para la realización del reciclado en sitio con cemento se empleará una máquina recicladora formada por un equipo automotriz con un rotor con uno o varios ejes horizontales de paletas o picas situadas dentro de una carcasa o cámara de mezclado.
Potencia y Capacidad	La potencia mínima de estos equipos será de cuatrocientos 400 HP y deberá encontrarse en perfecto estado de funcionamiento para lo que se comprobará que la dosificación y el amasado son homogéneos en todo el ancho del equipo. Deberá contar con un ancho de trabajo de 2 metros como mínimo y contará con una profundidad mínima de trabajo de 350 mm.
Rotor y Sistema de Mezclado	Deberá contar con un Rotor Universal, adecuado tanto para la disgregación del suelo como para el fresado de pavimentos asfálticos. El equipo deberá garantizar la disgregación del material hasta la profundidad especificada, realizando una mezcla uniforme con el cemento y el agua. Debe poseer una compuerta o tapa trasera de ajuste hidráulico para el control de la cámara de mezcla para optimizar la granulometría y la homogeneidad de la estabilización.
Sistema de Dosificación y Control.	Debe incluir una barra de riego con capacidad para inyectar agua o lechada de cemento. También contará con un Control Volumétrico Automático que permita ajustar el caudal de inyección en función de la velocidad de avance de la máquina.

Tabla 19. Equipos recicladores. Requisitos.

7.2.4.-Equipos de perfilado y nivelación

Los equipos de perfilado deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 20.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipos	El número y las características de los equipos de terminación deben ser acordes a la superficie a perfilar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Características Generales	La motoniveladora debe contar con un sistema semiautomático, basado en sensores, que permita regular la posición e inclinación de la hoja en base al perfil de la calzada determinado.

	Deberá contar con una cuchilla de largo igual o superior a los 4 metros. Estará controlada por sistemas hidráulicos que permitan movimientos en horizontal y vertical, de giro e inclinación.
--	---

Tabla 20. Equipos para el perfilado y terminación. Requisitos.

7.2.5.-Equipos de compactación

Los equipos de compactación deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 21.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, tipo de mezcla, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactadores pata de cabra	<p>Deben tener puntas de forma y configuración tal que permitan una correcta densificación del suelo, sin desprender el mismo durante las tareas de compactación.</p> <p>Deben contar con un sistema de limpieza en los tambores de las ruedas o en el rodillo (según el tipo de compactador), que evite la acumulación de suelo entre las puntas.</p> <p>Es deseable que los equipos posean una hoja topadora al frente. Para el caso de los compactadores del tipo pata de cabra con rodillo al frente, el mismo debe contar con un sistema de vibración y/u oscilación.</p> <p>El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (12 t).</p>
Compactadores neumáticos	<p>Deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras.</p> <p>Deben poder invertir la marcha mediante una acción suave y poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos.</p> <p>El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).</p>
Compactadores metálicos	<p>Los compactadores vibratorios y los oscilatorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee.</p> <p>Deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, suspendiendo el vibrado u oscilado durante esa operación.</p> <p>Deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos. Las superficies cilíndricas no deben presentar surcos ni irregularidades.</p> <p>El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).</p>

Tabla 21. Equipos para la compactación. Requisitos.

7.2.6.- Equipos para la distribución del riego de curado

Los equipos para la distribución del riego de curado deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 22.

Característica	Requisitos
Distribución de la emulsión asfáltica	<p>El equipo de distribución del riego debe tener un sistema que regule la dotación en función de la velocidad de avance, de manera de obtener un riego uniforme sobre la superficie, cumpliendo con la dotación definida en la correspondiente Dotación de Obra.</p> <p>El equipo para la distribución de la emulsión asfáltica debe ir montado sobre neumáticos.</p> <p>El mismo debe ser capaz de mantener la emulsión dentro del rango de temperatura prescripta, así como también aplicar la dotación de emulsión asfáltica definida en la correspondiente Dotación de Obra. La bomba debe generar una presión suficiente en la barra de distribución, de manera que los picos rieguen de forma pareja.</p>

Tabla 22. Equipos para la distribución del riego de curado. Requisitos.

7.2.7.- Equipos para la distribución del agregado de cobertura

Los equipos para la distribución del agregado de cobertura deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 23.

Característica	Requisitos
Distribución del agregado de cobertura	<p>El equipo de distribución del agregado de cobertura debe tener un sistema que regule la dotación en función de la velocidad de avance, de manera de obtener una cobertura uniforme sobre la superficie, cumpliendo con la dotación definida en la correspondiente Dotación de Obra.</p> <p>Para la extensión del agregado de cobertura se deben utilizar distribuidoras mecánicas, incorporadas a un camión o autopropulsadas.</p>

Tabla 23. Equipos para la distribución del agregado de cobertura. Requisitos.

7.3.- Ejecución de las obras

7.3.1.- Preparación de la superficie de apoyo

Previo ejecución de la capa estabilizada con ligante hidráulico, la superficie de apoyo se debe encontrar aprobada por la Director de Obra. La superficie debe ser regular y no debe exhibir deterioros. Asimismo, debe estar libre de manchas o huellas de suelos cohesivos, los que deben eliminarse totalmente de la superficie.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.3.2.- Carga de material y mezclado en sitio

Una vez aprobadas las tareas anteriores, se ejecutará en todo el tramo la carga de material en todo el ancho de plataforma. El material a tratar con ligante, deberá cumplir con lo especificado en la presente especificación, será extendido con terminadora y se pre-compactará al 95% del PUSM.

Una vez finalizado el recargo de material se procederá a estabilizar en sitio la mediante la incorporación del ligante hidráulico. A partir de allí se procederá a la distribución mecánica del ligante vía seca. En este momento comienza a contabilizarse el plazo de trabajabilidad de la mezcla. Al inicio de ejecución en cada frente de trabajo, deberá verificarse una correcta calibración del equipo distribuidor de ligante. Para ello se deberán realizar al menos 5 determinaciones puntuales mediante bandejas de captura colocadas en superficie para verificar la masa de ligante efectivamente distribuida. En todos los casos se verificará que la dosis aplicada no difiera más de $\pm 10\%$ de la dosis especificada para los trabajos. El control de la dosis deberá repetirse en forma diaria al comienzo de cada jornada de trabajo.

Inmediatamente después de la distribución del ligante, se iniciará el mezclado en una profundidad tal que una vez incorporado el ligante, mezclado y compactado se obtenga una capa tratada del espesor establecido en el proyecto. Deberá coordinarse adecuadamente los avances del equipo de dosificación de ligante y del de mezcla, no permitiéndose que haya entre ambos una distancia superior a veinte metros (20 m). La extensión se detendrá cuando la velocidad del viento fuera excesiva, a juicio del Director de las Obras, y siempre que supere los 35 km/h, o cuando la emisión de polvo afecte a zonas pobladas, productivas, o especialmente sensibles.

Los solapes que sean necesarios realizar para completar el ancho de trabajo deberán ser como mínimo de 0,15 m. Se pondrá especial cuidado en no sobredosificar el ligante en los mencionados solapes. En el caso que la construcción se ejecute por media calzada, con el tráfico circulando por la media calzada adyacente, se deberá avanzar alternadamente de manera tal que el ancho total de la calzada se complete en la misma jornada.

Al inicio de cada jornada y de forma de dar continuidad al reciclado se realizará un solape de por lo menos 2 m con lo ejecutado la jornada anterior.

7.3.3.- Compactación

Una vez finalizadas las operaciones de mezclado, se iniciarán los trabajos de compactación. El tipo de compactación a emplear (pata de cabra, rodillo liso, etc) así como la secuencia y número de pasadas para lograr el resultado especificado será establecido en la ejecución del tramo de prueba.

La compactación será realizada sobre toda la superficie de la capa de modo de asegurar que todo el material sea uniformemente compactado a un peso unitario seco no inferior al mínimo requerido en las especificaciones.

Los cambios de dirección de los compactadores se deben hacer sobre la capa estabilizada ya compactada, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Se debe cuidar que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

El proceso de compactación debe ser tal que evite la formación de un estrato superior débilmente adherido al resto de la capa. En caso de producirse esto, la misma se debe eliminar hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

La compactación de la capa debe comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro, con excepción en las curvas peraltadas donde la compactación debe iniciarse en el borde interno de la curva y avanzar hacia el borde alto. En todos los casos, y a los efectos de proveer del adecuado confinamiento lateral, se debe distribuir el material de las banquetas al nivel de la capa que es objeto del proceso de compactación.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de desagüe, muros o estructuras, no permitieran el empleo del equipo que normalmente se estuviera utilizando, se deben compactar con medios adecuados a cada caso. Las densidades que se alcancen deben cumplir con las mismas exigencias que en el resto de la capa.

La compactación vibratoria queda restringida en su empleo a la primera hora y media (1,5 h) luego de haber incorporado el aglomerante hidráulico a la mezcla.

Se deben disponer juntas de trabajo transversales, cuando el proceso constructivo se interrumpa más tiempo que el plazo de trabajabilidad y siempre al final de cada jornada. Las juntas de trabajo se deben realizar de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene el Supervisor de las Obras. En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, o con fuerte viento, debe mantenerse húmeda la superficie mediante un riego con agua finamente atomizada.

Se deben eliminar los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte de las banquetas o talud exterior de la obra. Los trabajos de compactación y perfilado deberán darse por terminados en el plazo determinado según el plazo establecido en el último ensayo de trabajabilidad disponible bajo condiciones de obra.

7.3.4.- Terminación y perfilado

Luego del proceso de compactación, y siempre dentro del plazo de trabajabilidad establecido, debe realizarse el perfilado con moto niveladora u otro equipo apropiado y aceptado por el Director de Obra. Se debe perfilar hasta obtener la cota final correcta para la capa, extendiendo el acabado de la misma hasta abarcar las banquetas.

El perfilado de la superficie luego de terminada la compactación sólo consistirá en retiro de material, no podrá agregarse material adicional. En el caso de retiro de material deberá hacerse con la humedad que tenga el material en ese momento, no pudiéndose agregar más agua que la imprescindible para un correcto curado. Si en ese plazo no se ha conseguido la terminación de los trabajos en condiciones de aceptación se procederá a la reconstrucción del tramo. Los materiales procedentes del perfilado deben ser retirados a un depósito autorizado.

El rodillado final de la superficie cortada debe ser ejecutado con rodillo neumático. La superficie de la capa terminada debe presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes transversales adecuadas. Finalizado el perfilado de la mezcla reciclada se comenzará el curado mediante el riego con agua de forma de mantener la base continuamente húmeda hasta que se realice el curado definitivo con emulsión.

7.3.5.- Curado y protección

Una vez realizada la terminación superficial de la capa estabilizada se debe proceder a ejecutar el curado definitivo. Cuando la superficie a regar se encuentre en condiciones, previa aprobación de la Supervisión, se debe aplicar el riego de curado. El material bituminoso deberá aplicarse uniformemente a la superficie de la base terminada a un promedio de aproximadamente 1,0 lt/m² y en todo el ancho de la capa.

En caso de habilitar al tránsito, como forma de protección, se deberá ejecutar adicionalmente al riego de curado con emulsión la extensión de una capa de arena (con menos del 15% de partículas inferiores a 0,063 mm) en una dotación entre 4 y 6 litros por metro cuadrado y en todo el ancho de la capa.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la ejecución del estabilizado con ligante hidráulicos debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de dosificación, mezclado, distribución, compactación, terminación y curado, necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente. El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento. Los mencionados ensayos pueden ser in-situ y/o sobre testigos extraídos. Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no la Fórmula de obra. En el primer caso, se pueden iniciar la ejecución del estabilizado con ligante hidráulico. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.
- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la producción, colocación, compactación y curado de la capa estabilizada sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de las mismas.

En el caso que no se cumplimente alguno de estos puntos de manera satisfactoria, se realizarán los ajustes que se consideren necesarios y se repetirá la ejecución de un nuevo Tramo de Prueba.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente

Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES POR CLIMA RIGUROSO

Previo a cada jornada de ejecución, el contratista deberá analizar la posible incidencia de cualquier combinación de factores climáticos adversos (temperaturas extremas, lluvia, altas tasas de evaporación, altos gradientes térmicos) que pudieran ocurrir durante la construcción, y puedan perjudicar la calidad de la capa terminada.

9.1.- Temperaturas extremas

No se permite la producción y puesta en obra en las siguientes situaciones (salvo autorización expresa del Director de Obra) bajo las siguientes condiciones:

- ❖ Cuando la temperatura ambiente a la sombra resulte superior a treinta y cinco grados Celsius ($> 35^{\circ}\text{C}$).
- ❖ Cuando la temperatura ambiente resulte inferior a cinco grados Celsius ($< 5^{\circ}\text{C}$), y esté en descenso.

9.2.- Precipitaciones intensas

Se debe interrumpir la ejecución de las obras cuando sea inminente la caída de precipitaciones con una intensidad tal que pudiera provocar la deformación y erosión de la superficie o modificar la humedad de compactación.

9.3.- Condiciones ventosas

En aquellos casos en que la dosificación del ligante se realiza por distribución via seca, deberá coordinarse los avances del equipo de dosificación y del de mezcla, no permitiéndose que haya entre ambos una distancia superior a veinte metros (20 m). Se deberá suspender la ejecución, cuando la velocidad del viento supere los 35 km/h o a juicio del Director de las Obras la emisión de polvo afecta a zonas pobladas, productivas, o especialmente sensibles.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, del proceso de dosificación, mezclado, transporte, colocación, compactación, terminación y curado, del material estabilizado con ligante hidráulico y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de Obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el Punto 10 “Plan de Control de Calidad” del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra. Mínimamente debe de contar el laboratorio de obra con los equipos, elementos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote en el plan de control de calidad.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.
- ❖ Listado de personal afectado al laboratorio de obra y al cumplimiento del plan de control de calidad de la obra. Los recursos humanos destinados a las tareas antes mencionadas deben de permitir ejecutar el plan de control de calidad en tiempo y forma.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de Obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de Obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10.000 m³) de material estabilizado con ligante hidráulico.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Calidad: ensayos sobre materiales, ensayos de control de producción en el proceso de elaboración de la mezcla de estabilizado y de la unidad terminada en los diferentes lotes ejecutados en este período.

En todos los casos en que el Director de Obra entregue al Contratista planillas modelos de cálculo y presentación de resultados de ensayos, las mismas son de uso obligatorio.

El Director de Obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El presente Plan de Control de Calidad queda complementado con lo establecido en el Punto 11 para la cantidad de muestras, cantidad de testigos, condiciones de ensayo, determinación de los parámetros en estudio y demás consideraciones.

El Director de Obra puede disponer el envío de una o mas muestras de cualquier material involucrado en la obra (agregados, RAP, cementos, probetas, testigos, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de Obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de Obra. Si el Director de Obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo del parámetro considerado.

Para determinar el sector mezclado in situ sobre el cual efectuar el muestreo para el control de un lote en proceso, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. El mismo método se debe utilizar para determinar los puntos sobre la unidad terminada donde efectuar el control de un lote de obra.

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o la aprobada por el Director de Obra.

Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de Obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

10.2.- Lotes

El control del proceso de elaboración y colocación de los estabilizados con ligante hidráulico se organiza por lotes de producción (mezcla estabilizada con ligante hidráulico) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de obra

Se define como lote de obra a todo material estabilizado con ligante hidráulico elaborado con la misma fórmula (dosificación) y equipamiento independientemente del sitio donde se realice su colocación. Se

considerará como lote de obra, que se aceptará o rechazará como una unidad individual, al menor que resulte de aplicar los criterios siguientes:

- ❖ Quinientos metros (500 m) lineales de construcción.
- ❖ Lo ejecutado en media o una jornada de trabajo (el Director de Obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

En caso de que se produzca alguna detención superior a una hora (> 1h) en el proceso de elaboración del estabilizado con ligante hidráulico, sin importar el motivo (lluvia, desperfectos mecánicos, logística, etc.), se debe considerar un nuevo lote de producción.

La numeración de los lotes de obra debe ser acumulativa, comenzando con el número uno (1), que le corresponde al Tramo de Prueba.

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de dosificación, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados y suelos

10.3.1.1.- Agregados gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos es la que se indica en la Tabla 24.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes

Coeficiente de desgaste Los Ángeles (1)	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Módulo de finura y tamaño máximo	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

(1) En el caso de agregados "tipo basálticos", la frecuencia de ensayo es de 15 lotes.

Tabla 24. Plan de ensayos sobre el agregado grueso.

10.3.1.2.- Agregados finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos es la que se indica en la Tabla 25.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Módulo de finura	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado fino.

10.3.1.3.- Agregados gruesos provenientes del RAP (si corresponde)

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 26.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coeficiente de desgaste Los Ángeles	IRAM 1532	Cada 30 lotes

Limpieza (1)	---	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Módulo de finura y tamaño máximo	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

(2) La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente de RAP.

10.3.1.4.- Agregados finos provenientes del RAP (si corresponde)

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 27.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Módulo de finura y tamaño máximo	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente de RAP.

10.3.1.5.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para el suelo seleccionado es la que se indica en la Tabla 28.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	UNE 103205	Cada 30 lotes
Sulfatos	UNE 103201	Cada 30 lotes

Límite líquido	AASHTO T267	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	AASHTO T 89	Cada 15 lotes
Clasificación HRB	AASHTO T 90	Cada 15 lotes

Tabla 28. Plan de ensayos sobre el suelo seleccionado.

10.3.2.- Ligantes Hidráulicos

Sea cual fuere el ligante hidráulico que se utilice, durante la recepción de los mismos, deberá verificarse que éstos se adecuan al tipo de cemento y procedencia indicados expresamente en la fórmula de obra. Asimismo, para cada partida de ligante que ingrese a la obra deberá identificarse el silo donde se realiza el almacenamiento.

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases de doble bolsa de 200 micrómetros y cierre con precintos plásticos) desde el camión tolva, y serán debidamente conformadas e identificadas por el Director de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas por un período de 30 días en perfecto estado de conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y del Director de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.3.- Adiciones Minerales

Durante la recepción de las adiciones minerales, deberá verificarse que su designación y procedencia se correspondan con los indicados expresamente en la fórmula de obra, debiéndose identificar adicionalmente el silo donde se realiza el almacenamiento.

Con una frecuencia que designe la Dirección de Obra se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases herméticos) debidamente conformadas e identificadas por la Dirección de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas hasta finalizar el Período de Conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y de la Dirección de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.4.- Emulsiones asfálticas para el curado

Las frecuencias y ensayos para las emulsiones asfálticas deben cumplimentar lo establecido en el PLIEGO GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS para Riegos de Curado de la DNV.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con ligante hidráulico

La frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad durante la elaboración (mezclado y producción) se indica en la Tabla 29.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados al finalizar la ejecución del Tramo de Prueba.

Parámetro	Método	Frecuencia
Resistencia a compresión sobre probetas a 7 días	UNE EN 13286-41 y UNE EN 13286-50	Cada lote de obra
Granulometría	IRAM 1501 y IRAM 1505	Cada 15 lotes
Valor soporte relativo (CBR) del material a tratar - sin ligante hidráulico - (1)	AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47	Cada 15 lotes
Densidad máxima seca	AASHTO T-180	Cada 15 lotes
Humedad óptima	AASHTO T180	Cada 15 lotes
Plazo de trabajabilidad bajo condiciones de obra (en campo).	UNE-EN 13286-45	Cada 30 lotes

(1) El ensayo debe realizarse sobre una muestra del material extraída, previo agregado de ligante hidráulico.

Tabla 29. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada; la misma se resume en la Tabla 30.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados al finalizar la ejecución del Tramo de Prueba.

Parámetro	Método	Frecuencia
Evaluación visual superficial (1)	---	Cada lote de obra
Grado de compactación (2)	AASHTO T-191 o ASTM D1556	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra
Resistencia a compresión sobre probetas a 7 días	UNE EN 13286-41 y UNE EN 13286-50	Cada lote de obra
Determinación del ancho	---	Cada 25 m
Sección transversal y pendientes	---	Cada 25 m

(1) Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.

(2) La verificación del grado de compactación debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas luego de finalizado el proceso de compactación.

Tabla 30. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.

10.6.- Archivo de la información

Es deber del Contratista documentar, gestionar y guardar la información y datos correspondientes a los lotes, mediciones, ensayos, resultados y cualquier otro dato o información que surgiere de la aplicación del Plan de Control de Calidad detallado en el presente documento.

Dicha información debe estar disponible para el Director de Obra cuando éste lo solicite durante la ejecución de la obra y debe ser entregada al final de esta.

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de producción

11.1.1.- Resistencia a la compresión a siete días (lote de obra)

La determinación de la resistencia a la compresión de la base tratada se debe realizar sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de muestras extraídas del lote de obra en estudio. Dichas muestras deben extraerse una vez finalizado el proceso de mezclado.

La elaboración de las probetas, proceso de curado y metodología de ensayo se debe realizar de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma UNE EN 13286-4, con una densidad seca igual o menor a la indicada en la Fórmula de Obra aprobada y vigente, tomando dicho porcentaje de densidad respecto a la densidad seca máxima del lote de producción.

El valor de resistencia a la compresión media del lote de producción en estudio es la media de la resistencia a la compresión de las probetas ensayadas a los 7 días. El valor de resistencia a la compresión media del lote de producción en estudio debe ser igual o mayor a la resistencia mínima a siete días indicada en el Punto 6.3.- Criterios y requisitos de dosificación.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Evaluación visual (lote de obra)

La evaluación visual se debe hacer sobre cada lote de obra. El material debe presentar un aspecto homogéneo, sin evidencias de segregación, o presencia de elementos extraños tales como troncos u otros objetos que no formen parte de la mezcla.

11.2.2.- Grado de compactación (lote de obra)

Se debe determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, tres o más (≥ 3) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad. La determinación de la densidad debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas desde que se finaliza la compactación de la capa. El método de determinación del grado de compactación será según norma AASHTO T-191 o ASTM D1556 “Método Cono de Arena” o algún método alternativo aprobado por el Director de Obra.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 31

Valor medio ≥ 98 % (!)
Cada valor o medición individual ≥ 97 % (!)

- (1) Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca informada en la fórmula de obra aprobada y vigente.

Tabla 31. Requisitos de densidad seca en lote de obra.

11.2.3.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa estabilizada, colocada y compactada, se debe hacer sobre perforaciones situadas a medio metro (0,5 m) de los puntos de ensayo indicados en el Punto 11.2.2. Grado de compactación (lote de obra).

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimetrada. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores de los testigos del lote de obra resulte inferior al cinco por ciento (10 %).

11.2.4.- Ancho (lote de obra)

La determinación del ancho de la capa se debe verificar en perfiles transversales cada cien metros (100 m) lineales. El ancho de cada capa considerada en ningún caso debe ser inferior al ancho teórico indicado en los Planos de Proyecto.

11.2.5.- Sección transversal y pendientes (lote de obra)

La determinación de la sección transversal se debe verificar en perfiles transversales cada veinticinco metros (25 m). La sección transversal en ningún caso debe ser inferior o superior a lo indicado en los Planos de Proyecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo del proceso de producción y de la unidad terminada del estabilizado con ligante hidráulico se aplican sobre los lotes definidos en el Punto 10.2.

En todos los casos en que se rechace un lote (de obra o de producción) o una unidad de transporte, todos los costos asociados a la remediación de la situación (demolición, tratamiento de los productos generados de la demolición, y reconstrucción, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

12.1.1.- Resistencia a la compresión a los 7 días (lote de producción)

La resistencia a la compresión de la capa estabilizada en estudio debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.2.1. Resistencia a la compresión a 7 días (lote de obra)*.

Si la resistencia a la compresión media del lote de obra es inferior a la mínima especificada en el apartado mencionado, pero dicha diferencia es inferior al 5%, se acepta el lote en estudio con un descuento del diez por ciento (10 %). En el caso que esta diferencia sea mayor al 5%, se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En este caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con éste ejecutado, y a la reposición de la capa.

Si la resistencia a la compresión media del lote de obra en estudio es superior a la máxima establecida en el Punto 6.3.- Criterios y requisitos de dosificación, deben realizarse juntas de contracción por aserrado en el lote de obra con el cual se ejecutó el lote de producción en estudio. Dichas juntas de contracción deben realizarse a una distancia de entre tres y cuatro metros (3-4 m), y de forma que no queden a menos de dos y medio metros (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar. El aserrado debe penetrar al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa. La realización de las juntas corre por cuenta del Contratista, y no recibe pago directo alguno.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.1. Evaluación visual de la superficie (lote de obra).

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y la reposición de la capa rechazada.

12.2.2.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación de la mezcla estabilizada con ligante hidráulico en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.2.2. Grado de compactación (lote de obra).

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el *Punto 11.2.2. Grado de compactación (lote de obra)* pero se verifica lo establecido en la Tabla 32, se acepta el lote de obra, pero corresponde un descuento del veinte por ciento (20 %) sobre la superficie del lote de obra en estudio.

Valor medio ≥ 96 % ⁽¹⁾
Cada valor o medición individual ≥ 95 % ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca informada en la fórmula de obra aprobada y vigente.

Tabla 32. Requisitos de densidad seca reducidos en lote de obra.

Si la densidad media o densidades individuales del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa.

12.2.3.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.3 Espesor (lote de obra). Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumplimenta que el coeficiente de variación es mayor al diez por ciento (10 %) y menor al veinte por ciento (20 %), se acepta el lote de obra con una penalidad del cinco por ciento (5 %).

Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumplimenta que el coeficiente de variación es mayor al veinte por ciento (20 %), se acepta el lote de obra con una penalidad del diez por ciento (10%).

Si el espesor medio es inferior al especificado, pero dicha diferencia es inferior al 5%, se acepta el lote en estudio con un descuento del veinte por ciento (20 %). En el caso que la diferencia sea superior al 5%, se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En este caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con éste ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.2.4.- Ancho

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.4. Ancho de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.5.- Sección transversal y pendientes (lote de obra)

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.4. Sección transversal y pendientes (lote de obra) de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

13.- MEDICIÓN

La ejecución de las capas consideradas en el presente documento se mide en metros cúbicos (m^3) compactados ejecutados. Los valores surgen del producto entre la longitud de cada capa ejecutada, por el ancho, por el espesor establecido para la misma.

Al volumen resultante se le debe aplicar, si los hubiese, los descuentos por penalidades o bonos adicionales; estos son acumulativos.

14.- FORMA DE PAGO

El pago se efectúa por metro cúbicos (m^3) compactados ejecutados, medidos en la forma establecida en el Punto 13, y de acuerdo con los precios unitarios de contrato para este ítem.

Dicho precio corresponde a la compensación total por las siguientes tareas:

- ❖ Barrido y soplado de la superficie a recubrir.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los ligantes hidráulicas y adiciones minerales.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los aditivos, fibras u otros materiales en pellets a incorporar.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del agua de mezclado.
- ❖ El proceso de dosificación y elaboración.

- ❖ Los procesos involucrados en la carga, transporte, descarga, colocación, compactación y curado.
- ❖ Las posibles correcciones de los defectos constructivos.
- ❖ La señalización y conservación de los desvíos durante la ejecución de los trabajos.
- ❖ Todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación del ítem según lo especificado.

No se abonan los sobreanchos, o sobreespesores por corrección de mermas en capas subyacentes, ni los aumentos de espesor por correcciones superficiales.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de las capas de materiales estabilizada con ligante hidráulico contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra o durante el período que indique el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Ante la ocurrencia de un deterioro de la capa ejecutada el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

ÍNDICE

Sección 3.C2 – Capas Estabilizadas con Ligantes Hidráulicos en Planta

1- DESCRIPCIÓN	6
2- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN	6
3- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA	6
3.1- Definiciones.....	6
3.2- Nomenclatura.....	7
4- INDICE DE PRESTACIÓN	8
5- REQUISITOS DE LOS MATERIALES	8
5.1- Agregados de aporte	8
5.1.1.- Características generales.....	8
5.1.2.- Agregado grueso virgen.....	10
5.1.2.1.- Requisitos del agregado grueso virgen.....	10
5.1.3.- Agregado fino virgen.....	11
5.1.3.1.- Requisitos del agregado fino virgen.....	11
5.1.4.- Agregados proveniente de RAP	12
5.1.4.1.- Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP	12
5.1.4.2.- Requisitos del agregado fino recuperado del RAP	12
5.1.5.- Suelos de aporte	13
5.1.5.1.- Requisitos generales del suelo de aporte.....	13
5.1.5.2.- Requisitos del suelo de aporte	14
5.2- Ligantes hidráulicos.....	15
5.2.1.- Definición.....	15
5.2.2.- Características generales	15
5.2.3.- Requisitos de los ligantes hidráulicos.....	15
5.3- Agua.....	16
5.4- Adiciones.....	16
5.4.1.- Adiciones Minerales Pulverulentas.....	16

5.5.- Emulsiones asfálticas para riego de curado	16
6.- ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO	16
6.1.- Características generales	16
6.2.- Requisitos de la mezcla de agregados a estabilizar	17
6.3.- Criterios y requisitos de dosificación	18
6.4.- Presentación de la fórmula de obra	19
7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	22
7.1.- Consideraciones generales	22
7.2.- Equipos de obra	22
7.2.1- Silos de almacenamiento del cemento y de las adiciones minerales	22
7.2.2- Planta de Estabilizados	23
7.2.3- Equipos para el transporte de la mezcla	24
7.2.4- Equipos de distribución y colocación de mezclas	25
7.2.5.-Equipos de perfilado y nivelación	26
7.2.6.-Equipos de compactación	27
7.2.7.- Equipos para la distribución del riego de curado	28
7.2.8.- Equipos para la distribución del agregado de cobertura	28
7.3.- Ejecución de las obras	29
7.3.1.- Preparación de la superficie de apoyo	29
7.3.2.- Mezclado en planta central y colocación	29
7.3.3.- Compactación	29
7.3.4.- Terminación y perfilado	31
7.3.5.- Curado y protección	31
8.- TRAMO DE PRUEBA	31
9.- LIMITACIONES POR CLIMA RIGUROSO	33
9.1.- Temperaturas extremas	33
9.2.- Precipitaciones intensas	33
9.3.- Condiciones ventosas	33
10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	34
10.1.- Generalidades	34
10.2.- Lotes	35

10.2.1.- Definición de lote de producción.....	35
10.2.2.- Definición de lote de obra.....	36
10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales.....	36
10.3.1.- Agregados y suelos.....	37
10.3.1.1.- Agregados gruesos.....	37
10.3.1.2.- Agregados finos.....	37
10.3.1.3.- Agregados gruesos provenientes del RAP (si corresponde).....	38
10.3.1.4.- Agregados finos provenientes del RAP (si corresponde).....	38
10.3.1.5.- Suelos de aporte.....	39
10.3.2.- Ligantes Hidráulicos.....	39
10.3.3.- Adiciones Minerales.....	40
10.3.4.- Emulsiones asfálticas para el curado.....	40
10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con ligante hidráulico.....	40
10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	41
10.6.- Archivo de la información.....	42
11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA.....	42
11.1.- Requisitos del proceso de producción (lote de producción).....	42
11.1.1.- Resistencia a la compresión a siete días (lote de obra).....	42
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	43
11.2.1.- Evaluación visual (lote de obra).....	43
11.2.2.- Grado de compactación (lote de obra).....	43
11.2.3.- Espesor (lote de obra).....	43
11.2.4.- Ancho (lote de obra).....	44
11.2.5.- Sección transversal y pendientes (lote de obra).....	44
12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	44
12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción).....	44
12.1.1.- Resistencia a la compresión a los 7 días (lote de producción).....	44
12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	45
12.2.1.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	45
12.2.2.- Grado de compactación (lote de obra).....	45
12.2.3.- Espesor (lote de obra).....	46

12.2.4.- Ancho.....	46
12.2.5.- Sección transversal y pendientes (lote de obra)	46
13.- MEDICIÓN	47
14.- FORMA DE PAGO	47
15.- CONSERVACIÓN	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación.....	6
Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con ligantes hidráulicos.....	7
Tabla 3. Índices de prestación.....	8
Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.....	10
Tabla 5. Requisitos del agregado grueso virgen.....	10
Tabla 6. Requisitos del agregado grueso virgen "Tipo Basálticos".....	11
Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.....	12
Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del rap.....	12
Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del rap.....	13
Tabla 10. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte.....	14
Tabla 11. Requisitos para el suelo de aporte.....	14
Tabla 12. Requisitos de procedencia y almacenamiento de los ligantes.....	15
Tabla 13. Requisitos para la mezcla de agregados y suelo a tratar.....	17
Tabla 14. Requisitos de granulometría para la mezcla de agregados y suelo a tratar.....	18
Tabla 15. Criterios de dosificación.....	19
Tabla 16. Información a incluir en la presentación de la fórmula de obra.....	22
Tabla 17. Requisitos para silos para el almacenamiento de cemento y adiciones minerales.....	23
Tabla 18. Planta de Dosificación y Mezclado. Requisitos.....	24
Tabla 19. Equipos para el transporte del material tratado.....	25
Tabla 20. Requisitos que debe cumplir el equipo de distribución y colocación de mezclas.....	26
Tabla 21. Equipos para el perfilado y terminación. Requisitos.....	27
Tabla 22. Equipos para la compactación. Requisitos.....	28
Tabla 23. Equipos para la distribución del riego de curado. Requisitos.....	28
Tabla 24. Equipos para la distribución del agregado de cobertura. Requisitos.....	28
Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso.....	37
Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino.....	38
Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente de RAP.....	38
Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente de RAP.....	39
Tabla 29. Plan de ensayos sobre el suelo seleccionado.....	39
Tabla 30. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.....	41
Tabla 31. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	41
Tabla 32. Requisitos de densidad seca en lote de obra.....	43
Tabla 33. Requisitos de densidad seca reducidos en lote de obra.....	45

1.- DESCRIPCIÓN

Esta sección comprende a la construcción de un estabilizado con ligante hidráulico, constituido por una mezcla íntima y homogénea de agregados, y uno o más ligantes hidráulicos, que compactado con una adecuada incorporación de agua permita obtener el espesor y perfiles transversales de proyecto, cumpliendo en un todo con la presente especificación.

El material a estabilizar podrá provenir de agregados vírgenes y/o del material obtenido mediante el reciclado de pavimentos existentes. En todos los casos, dicho material deberá cumplir con los requisitos granulométricos, de calidad y de uniformidad establecidos en la presente especificación, garantizando su aptitud para los procesos de mezcla, compactación y estabilidad previstos.” El material a estabilizar podrá provenir de agregados vírgenes o producto del reciclado de un pavimento existente... (ver redacción).

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación.

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, salvo indicación contraria en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1.- Definiciones

Un estabilizado con ligante hidráulico es una mezcla de materiales naturales o recuperado áridos (grava y arena) con un ligante hidráulico como el cemento o la cal, que se emplea para la conformación de capas de base. La incorporación de uno o más ligantes hidráulicos tiene la función de incrementar la

resistencia, durabilidad y estabilidad del material original, mejorando principalmente su capacidad soporte, y la resistencia a la consolidación y a los cambios de humedad.

Se define como “Agregado grueso virgen”, destinado a la preparación de capas de estabilizados con ligantes hidráulicos, a todos los agregados de origen natural cuya fracción quede retenida en el tamiz N°4 (4,75 mm) según Norma IRAM 1501.

Se define como “Agregado fino virgen” a la proporción de agregado total de origen natural que pasa el tamiz N° 4 (4,75 mm). El agregado fino podrá estar conformado íntegramente por arena natural, trituración o una combinación de ambas.

Se define como RAP (Pavimento Asfáltico Recuperado o Reciclado) en la presente especificación técnica a todo material proveniente del fresado de una capa asfáltica. El RAP está compuesto por agregados pétreos cubiertos de un ligante asfáltico que ha experimentado cambios en su comportamiento reológico durante su vida en servicio.

Se define como suelo seleccionado a un material natural o procesado, que ha sido debidamente seleccionado y clasificado para aportar la fracción fina del esqueleto granular, aportando estabilización intergranular entre las partículas de mayor tamaño.

3.2.- Nomenclatura

ELH	XX	TMN	RIG / SRIG	(R)
-----	----	-----	------------	-----

Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con ligantes hidráulicos.

Donde:

ELH: Sigla que indica que se trata de una capa de Estabilizado con ligantes hidráulicos.

XX: Número que indica el valor especificado como resistencia mínima a compresión en MPa, a la edad de siete (7) días, medida según norma UNE EN 13286-41.

TMN: Tamaño máximo nominal, en milímetros, del huso granulométrico. Se entiende como tamaño máximo nominal, a la abertura en milímetros del tamiz inmediatamente anterior al primer tamiz que retenga un 15 % o más de la mezcla de agregados. (a definir por DNV)

RIG / SRIG: Indicación que corresponde a una capa estructural de un pavimento Rígido (RIG) o Semirrígido (SRIG).

R: Indicación correspondiente a que la mezcla contiene RAP.

4.- INDICE DE PRESTACIÓN

Los requisitos de los materiales componentes, de las mezclas elaboradas, como así también de la calidad final de la capa, se encuentran diferenciados en la presente especificación técnica de acuerdo con el índice de prestación adoptado para cada proyecto.

El índice de prestación debe ser indicado en la especificación técnica particular, si así no ocurriese se debe de adoptar el índice de prestación P1.

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los dos (2) índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (P)	P1	P2
--------------------------	----	----

Tabla 3. Índices de prestación.

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados de aporte

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los agregados deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los requisitos generales que deben cumplir los agregados para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Características	Requisitos
Procedencia	Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos.

Características	Requisitos
	Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Condiciones generales	El material estará libre de materiales vegetales, terrones de arcilla y otras sustancias perjudiciales, y será de tal naturaleza que pueda ser compactado fácilmente para formar una base firme y estable, mediante humedecimiento y rodillado.
Acopios	<p>Los agregados se acopiarán y emplearán en forma tal que se evite la segregación de partículas, la contaminación con sustancias extrañas y el mezclado de agregados de distintos tamaños máximos o granulometría. Para el cumplimiento de esta condición deben ser acopiados sobre el terreno firme, bien compactado y nivelado, y con drenajes adecuados tal que permitan la operación de las palas cargadoras sin contaminar el agregado con suelo. Para evitar la contaminación se deberá dejar un “piso de sacrificio” de aproximadamente 30 cm materializado con una porción del mismo agregado, el que no será empleado en ningún caso para la elaboración. En su defecto, podrá ser acopiado sobre un sustrato de hormigón pobre de un espesor no menor de 10 cm, ejecutado sobre suelo compactado.</p> <p>Para asegurar el cumplimiento de estas condiciones, los ensayos para verificar las exigencias de limpieza y granulometría del agregado se realizarán sobre muestras extraídas según norma UNIT-NM 26, previo a su utilización.</p> <p>Los acopios deberán tener forma troncocónica y su altura no deberá superar los 3 metros (3 m). Se considera aceptable la conformación de acopios separados como “pilas de trabajo” siempre que cumplan con dichas condiciones. El terreno debe tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.</p> <p>Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra.</p> <p>El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista.</p> <p>Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la calidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada.</p>

Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.

5.1.2.- Agregado grueso virgen

5.1.2.1.- Requisitos del agregado grueso virgen.

Los requisitos a cumplir por los agregados gruesos dependen del índice de prestación. Los mismos se establecen en la Tabla 5.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Contenido de carbonato de calcio en forma de conchillas marinas	IRAM 1649	< 5%	
Elongación	IRAM 1687-2	≤ 30%	
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 30	≤ 40
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 35	≤ 50
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Determinación obligatoria	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	
Densidad relativa, densidad aparente y absorción.	IRAM 1533	Determinación obligatoria	

Tabla 5. Requisitos del agregado grueso virgen

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 20	≤ 50
Micro Deval	ASTM D-6928	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 17	N.A.
Degradación en presencia de dimetil - sulfoxide	UY A 26	Índice de prestación	
		P1	P2
		≤ 60%	N.A.

Tabla 6. Requisitos del agregado grueso virgen “Tipo Basálticos”

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos se establecen en la Tabla 7.

En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en esta especificación.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Equivalente de arena	IRAM 1682	Índice de prestación	
		P1	P2
		≥ 35 %	30%
Índice de Azul de Metileno	UNE-EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	

Ensayo	Norma	Exigencia
Densidad relativa, densidad aparente y absorción	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.

5.1.4.- Agregados proveniente de RAP

El RAP no deberá presentar contenido de materia orgánica o productos que puedan perjudicar el fragüe, ni la resistencia potencial del ligante hidráulico, y debe tener un tamaño máximo menor o igual a treinta milímetros (≤ 30 mm), o el que establezca el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades o requisitos adicionales cuando se vaya a emplear RAP cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requiera.

El RAP será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se emplee RAP de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en esta especificación.

5.1.4.1.- Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

Los requisitos por cumplir para los agregados gruesos (retenido en tamiz N°4) recuperados del RAP se establecen en la Tabla 8. Cualquier otro requisito puede ser solicitado en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703/IRAM1703	Determinación obligatoria.

Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del rap.

5.1.4.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP

Los requisitos sobre el agregado fino (pasa tamiz N°4) recuperado del RAP se establecen en la tabla 8. Se pueden establecer requisitos adicionales en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 35

Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del rap.

5.1.5.- Suelos de aporte

5.1.5.1.- Requisitos generales del suelo de aporte

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos seleccionados de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 10.

Característica	Requisitos
Procedencia	Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los suelos de aporte deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de los mismos. Deben provenir de préstamos y/o canteras habilitadas; y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración físico-química.
Resistencia, durabilidad y reactividad	Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el Punto 5.3.2. Requisitos de los Suelos de aporte. Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separados de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con la superficie de apoyo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a cuatro metros (4 m). El terreno debe tener pendientes no inferiores a dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.

	<p>Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra.</p> <p>El Supervisor de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras.</p> <p>Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada.</p> <p>No se permite el uso de suelos de aporte que provengan de acopios congelados, o que contengan hielo.</p>
--	---

Tabla 10. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte

5.1.5.2.- Requisitos del suelo de aporte

Los requisitos a cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 11.

Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 11.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	UNE 103205	< 1,0%
Sulfatos solubles -SO ₃ -	UNE 103201	< 0,7%
Contenido de materia orgánica	AASHTO T267	< 2%
Límite líquido	AASHTO T 89	≤ 35 %
Índice de plasticidad	AASHTO T 90	≤ 12 %
Clasificación HRB	AASHTO T -145	Determinación obligatoria

Tabla 11. Requisitos para el suelo de aporte.

5.2.- Ligantes hidráulicos

5.2.1.- Definición

Un ligante hidráulico es un conglomerante elaborado en fábrica, que es suministrado listo para su uso y cuyas propiedades son específicamente diseñadas para diferentes usos en la construcción, dentro de los cuales se incluye el tratamiento y estabilización de suelos. Habitualmente son productos cálcicos, que se suministran en estado pulverulento, y que son obtenidos mediante la mezcla de distintos componentes.

5.2.2.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los ligantes hidráulicos para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 12.

Característica	Requisitos
Procedencia	Los ligantes deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los mismos deben tener trazabilidad y debe llevarse un registro de la procedencia de los mismos.
Almacenamiento	Independientemente del tipo de ligante utilizado, este debe protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. Si es entregado a granel, se debe almacenar en silos adecuados, limpios, secos y bien ventilados, capaces de protegerlo contra la acción de la intemperie. Los ligantes de distinto tipo, marca o partida se almacenarán separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se efectuará en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora o distribuido en el camino, el ligante se encontrará en perfecto estado pulverulento. Si el mismo estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra la presencia de grumos u otros signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo deberá ser ensayado nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos de calidad especificados

Tabla 12. Requisitos de procedencia y almacenamiento de los ligantes.

5.2.3.- Requisitos de los ligantes hidráulicos

Para la conformación del estabilizado se podrán utilizar cualquiera de los siguientes ligantes hidráulicos:

- Cementos de uso general, que cumplan los requisitos de calidad incluidos en la norma UNIT 20.
- Cementos de albañilería, que cumplan los requisitos de calidad incluidos en la norma UNIT 984.

- Conglomerantes hidráulicos para carreteras, que cumplan la norma UNE-EN 13282.

5.3.- Agua

El agua debe ser de una calidad tal que no altere el proceso normal de preparación, mezclado, compactación y ganancia de resistencia del material estabilizado.

5.4.- Adiciones

5.4.1.- Adiciones Minerales Pulverulentas

Podrán agregarse materiales adicionales tales como cal hidratada, puzolanas naturales, cenizas volantes, escoria granulada de alto horno, filler calcáreo y humo de sílice, siempre que se demuestre, previamente, mediante ensayos, que su empleo en las cantidades previstas produce el efecto deseado, cumplimentando los requisitos establecidos en la presente especificación.

Las adiciones minerales deben cumplir con las especificaciones de las siguientes normas: ASTM C977 (Cal Hidratada), UNIT 1047 (Puzolanas y Cenizas Volantes), UNIT 1061 (Escoria granulada de alto horno), UNIT 1014 (Filler calcáreo), ASTM C1240 (Humo de sílice), según corresponda.

Para el transporte y almacenamiento de las adiciones minerales pulverulentas rigen las mismas disposiciones que para los ligantes hidráulicos, establecidas en 5.2.3.

5.5.- Emulsiones asfálticas para riego de curado

Las emulsiones asfálticas para el riego de curado deben ser del tipo CRR-O/CRR-1 y se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 6691.

6.- ESTUDIO DE LA MEZCLA Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE TRABAJO

6.1.- Características generales

El material estabilizado con ligantes hidráulicos diseñado y elaborado, según la Fórmula de Obra aprobada y vigente, debe ser trabajable, de acuerdo con los métodos y equipos que se empleen en la

ejecución del proyecto y capaz de alcanzar los requisitos de durabilidad y resistencia establecidos en la presente especificación.

6.2.- Requisitos de la mezcla de agregados a estabilizar

La combinación de las diferentes fracciones de agregados y suelo, que componen el material a tratar debe cumplir las prescripciones de la Tabla 13.

Ensayo	Norma	Exigencia	
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.	
Sales totales	UNE 103205	< 1,0%	
Sulfatos solubles - SO ₃ -	UNE 103201	< 0,7%	
Contenido de materia orgánica	AASHTO T267	< 2%	
Límite líquido	AASHTO T 89	≤ 25 %	
Índice de plasticidad	AASHTO T 90	Clasificación por prestación	
		P1	P2
		≤ 4 %	≤ 6 %
Valor Soporte Relativo - CBR-	AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47	Clasificación por prestación	
		P1	P2
		≥ 60 %	≥ 40 %
Clasificación	ASTM D 3282	Determinación obligatoria	

Tabla 13. Requisitos para la mezcla de agregados y suelo a tratar.

La granulometría de la combinación de agregados y suelo a tratar deberá verificar los límites establecidos en la Tabla 14.

Abertura -mm (Designación Tamiz)	Porcentaje Pasa (%)	
	Índice de prestación	
	P1	P2
38 mm (1 1/2")	100	75-100
25 mm (1")	70-100	70-100
19 mm (3/4")	60-90	60-95
9.5 mm (3/8")	45-75	45-85
4.8 mm (Nº 4)	35-60	35-75
2 mm (Nº10)	25-50	25-65
420 μ (Nº 40)	15-30	15-40
74 μ (Nº 200)	3-10	5-30

Tabla 14. Requisitos de granulometría para la mezcla de agregados y suelo a tratar

6.3.- Criterios y requisitos de dosificación

Los criterios a considerar en el proceso de diseño en laboratorio del estabilizado tratado con ligantes se resumen en la Tabla 15.

Parámetro	Exigencia
Plazo mínimo de trabajabilidad (UNE EN 13286-45)	120 minutos.

Resistencia mínima a compresión a 7 días (UNE EN 13286-41 y UNE-EN 13286-50) (¹) (²)	Clasificación por Prestación	
	Semirrígidos	Rígidos
	2,0 MPa	2,5 MPa
Resistencia máxima a compresión a 7 días (UNE EN 13286-41 y UNE EN 13286-50) (¹) (²)	Clasificación por Prestación	
	Semirrígidos	Rígidos
	3,0 MPa	N/A
Densidad máxima seca (UNE EN 13286-2 y UNE EN 13286-2AC) (³)	Determinación obligatoria.	
Valor Soporte Relativo (CBR) del material a tratar -sin ligante hidráulico- (AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47) (⁴)	Determinación obligatoria.	
Expansión máxima del material a tratar - sin ligante hidráulico - (UNE EN 13286-49) (⁴)	Determinación obligatoria.	

(1) La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y siete por ciento ($\leq 97\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir del Ensayo Proctor Modificado, con Molde B, de la Norma UNE EN 13286-2.

(2) Valores mínimos especificados, salvo indicación en contrario por el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

(3) Excepto indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el ensayo empleado en la Norma UNE EN 13286-2 debe ser el Ensayo Proctor Modificado, con Molde B.

(4) El ensayo debe realizarse sobre el material a tratar, sin el agregado de ligante hidráulico

Tabla 15. Criterios de dosificación.

6.4.- Presentación de la fórmula de obra

El Contratista determinará las proporciones de los distintos materiales que componen la mezcla o mezclas estudiadas. El material resultante para cada mezcla estudiada (fórmula de obra), cumplirá las condiciones establecidas en esta especificación.

La fabricación y colocación de la capa estabilizada con ligante hidráulico no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, puede exigir un estudio de sensibilidad de las propiedades de la mezcla a variaciones de granulometría y contenido de ligantes, dentro de las tolerancias establecidas en el presente documento.

La dosificación se someterá a consideración del Director de Obra adjuntando, con toda la anticipación necesaria, un informe técnico en el que consten los resultados de los ensayos realizados para determinar las proporciones, que demuestren fehacientemente que las mezclas estudiadas permitirán obtener las características exigidas en el apartado 6.3. Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 16.

En todos los casos el Director de Obra podrá realizar las observaciones que considere necesarias y solicitar muestras de los materiales a utilizar.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados y suelos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado. ❖ Densidad relativa y absorción de agua de los distintos agregados. ❖ Granulometría individual de cada fracción de agregados y de los agregados combinados. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado grueso, como mínimo todos los contemplados en 5.1.2. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado fino, como mínimo todos los contemplados en 5.1.3.

Parámetro	Información que debe ser consignada
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayos realizados sobre el agregado proveniente de RAP, como mínimo todos los contemplados en 5.1.4 (si corresponde) ❖ Ensayos realizados sobre el suelo seleccionado, como mínimo todos los contemplados en 5.1.5.
Cemento y Adiciones	<p>Debe indicarse para el cemento: su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, características y ensayos. Se debe remitir el último certificado de aptitud vigente expedido por el Organismo de Certificación correspondiente. Asimismo, se debe incluir las características de composición informadas por el fabricante</p> <p>Debe indicarse para las adiciones minerales: su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.</p>
Humedad óptima de compactación	Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Contenido de Cemento	Debe indicarse el contenido de cemento, expresado en porcentaje en masa de ligante incluida en 1 tonelada de Estabilizado Seco compactado a Máxima densidad.
Adiciones minerales pulverulentas	Cuando se empleen adiciones minerales, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.
Plazo de trabajabilidad (UNE EN 13286-45)	Debe indicarse el plazo de trabajabilidad bajo condiciones de laboratorio.
Resistencia a compresión (UNE EN 13286-41)	Se debe informar la resistencia a compresión sobre probetas moldeadas y ensayadas a la edad de 7 días.
Valor Soporte Relativo (CBR) del material a tratar - sin ligante hidráulico-	Se debe indicarse el resultado del ensayo.

Parámetro	Información que debe ser consignada
(AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47)	
Expansión máxima del material a tratar - sin ligante hidráulico- (UNE-EN 13286-49)	Se debe indicarse el resultado del ensayo.
Ajustes en el Tramo de Prueba	La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 16. Información a incluir en la presentación de la fórmula de obra.

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Consideraciones generales

Los equipos, máquinas y herramientas requeridas para el manipuleo de los materiales y del material estabilizado, y para ejecutar todos los trabajos de obra, deberán reunir las características que aseguren la obtención de la calidad exigida y permitan alcanzar los rendimientos mínimos para cumplir el Plan de Trabajo. No se puede utilizar en la ejecución regular de la capa ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el Tramo de Prueba y aprobado por el Director de Obra.

7.2.- Equipos de obra

7.2.1- Silos de almacenamiento del cemento y de las adiciones minerales

Los cementos y las adiciones minerales se deben almacenar por separado y por tipo, en silos que se ajusten a los requisitos que se establecen en la Tabla 17.

Características	Requisitos
Silos de almacenamiento	El cemento entregado a granel se debe almacenar en silos adecuados, limpios, secos y bien ventilados, capaces de protegerlo contra la acción de la intemperie. Al inicio de la obra y a intervalos no mayores de un (1) año se debe verificar que los silos no permitan el pasaje de agua.

	En caso de que se utilice en obra más de un cemento, de tipos o procedencias distintas, o adiciones minerales, cada silo debe contar con una identificación unívoca respecto a su contenido, que evite errores de acopio de materiales de distinto tipo u origen en un mismo silo, en forma simultánea.
--	---

Tabla 17. Requisitos para silos para el almacenamiento de cemento y adiciones minerales.

7.2.2.- Planta de Estabilizados

Planta Dosificadora y Mezcladora

La planta dosificadora y mezcladora se debe ajustar a los requisitos que se establecen en la Tabla 18.

Características	Requisitos
Capacidad de producción	La planta dosificadora será de funcionamiento mecánico y de una capacidad tal que guarde relación con la magnitud de las obras a realizar.
Alimentación de agregados	<p>La planta debe contar con una cantidad de tolvas de dosificación al menos igual al número de fracciones de los agregados que componen la Fórmula de Obra aprobada, y nunca inferior a dos (2).</p> <p>La planta debe contar con dispositivos que eviten la contaminación de las distintas fracciones entre tolvas al momento de efectuar la alimentación de estas.</p> <p>La planta debe contar con zaranda de rechazo de agregados que excedan el tamaño máximo nominal establecido para el material en proceso de elaboración.</p>
Alimentación del cemento y de las adiciones minerales	Debe contar con elementos precisos para calibrar y adicionar la cantidad de cemento y, eventualmente, adiciones minerales que se incorporan a la mezcla.
Incorporación de aditivos, fibras u otros materiales en pellets	<p>Si se previera la incorporación de aditivos a la mezcla, la planta debe poder dosificarlos con homogeneidad y precisión suficiente; y debe contar con silos de almacenamiento (para cada uno de estos materiales) destinados a tal fin.</p> <p>Se debe disponer en la planta de un vaso dosificador por cada aditivo a emplear. Los diferentes tipos de aditivos nunca deben mezclarse entre sí antes de su ingreso al mezclador.</p> <p>Los recipientes donde se acopian los aditivos y los vasos dosificadores deberán estar claramente identificados con el nombre del producto que se está empleando.</p>

Características	Requisitos
Calibración y verificación	El contraste de la indicación de balanzas, caudalímetros y otros dispositivos de medición utilizados para la dosificación de materiales componentes, se debe realizar, como mínimo, previo al inicio de su uso en la planta, y posteriormente en forma regular según el plan de control de los equipos y con una frecuencia de, como mínimo, seis meses o cuando se detecten indicios de deficiencia en su funcionamiento. Deberá verificarse que la planta dosificadora permite una correcta medición de cada uno de los materiales, con una tolerancia máxima del 2% para el ligante hidráulico y adiciones y del 5% para cada fracción de agregados o suelo de aporte.
Sistema de registros	Deberá disponer de un sistema de registro gráfico y/o digital en el que se almacene la identificación de los materiales empleados, los pesos unitarios por cada componente y los contenidos de humedad por cada pastón producido, fecha y hora de despacho, fórmula empleada, y totales diarios de producción y consumo de cada componente.
Mezclado	La planta dosificadora debe ser capaz de mezclar los agregados, el ligante, el agua y aditivos en forma tal de obtener una masa uniforme y homogénea, con las proporciones ajustadas a la Fórmula de Obra, dentro del período de mezcla especificado y permitir la descarga de la mezcla sin segregación. La planta debe contar con tambor para mezclado forzado, y ser capaz de realizar el mezclado de cada pastón en un tiempo mínimo de cuarenta (40) segundos, a partir del ingreso de todos los componentes, o el que se requiera para obtener una mezcla de características homogéneas.
Aspectos ambientales	La planta debe contar con elementos que eviten la emisión de gases nocivos a la atmósfera.

Tabla 18. Planta de Dosificación y Mezclado. Requisitos.

7.2.3.- Equipos para el transporte de la mezcla

Los equipos a emplear en el transporte del estabilizado desde la planta al frente de ejecución deberán cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 19 según sea el caso.

Características	Requisitos
Capacidad de transporte	El número y capacidad de los camiones debe ser acorde al volumen de producción de la planta y a la distancia de transporte, de modo de no frenar el proceso de elaboración y colocación.

Características	Requisitos
Vehículos de transporte	Los vehículos de transporte deben tener cajas metálicas, lisas, estancas con aristas y vértices redondeados, y deben estar provistos de puertas estancas que permitan la descarga controlada del material.

Tabla 19. Equipos para el transporte del material tratado.

7.2.4.- Equipos de distribución y colocación de mezclas

Los equipos de distribución (terminadoras), deben ajustarse a los requisitos que se indican en la Tabla 20.

Característica	Requisitos
Sensores de uniformidad de distribución	Debe contar con equipamiento que permite tomar referencias altimétricas y de línea, destinadas a proveer regularidad en la superficie de la mezcla distribuida.
Alimentación de la mezcla	De poder abastecer de mezcla a la caja de distribución de forma constante y pareja.
Caja de distribución	La porción de la caja de distribución que excede el chasis de la terminadora debe contar con un cierre frontal (contraescudo), el cual se debe de utilizar cuando la extensión empleada resulte igual o superior a 0.40 m.
Tornillos helicoidales	Los tornillos helicoidales deben tener una extensión tal que sus extremos se encuentren entre diez y treinta y cinco centímetros (10-35 cm) de los bordes de la caja de distribución.
Distribución transversal de la mezcla	Debe contar con sensores y/o algún sistema que permita mantener una altura uniforme de la mezcla en todo el ancho de la caja de distribución, coincidente con la posición del eje de los tornillos helicoidales.
Plancha	<p>La posición altimétrica de la plancha debe poder ser regulada en forma automática mediante sensores referidos a la capa base u otra referencia que permita distribuir la mezcla con regularidad a lo largo del perfil longitudinal.</p> <p>El calentamiento de la plancha debe ser homogéneo, sin sobrecalentamientos localizados en la misma.</p> <p>La plancha principal y las extensiones telescópicas deben contar con un sistema de precompactación constituido por alguno de estos sistemas (o combinación de estos): barras apisonadoras frontales (tamper), barras de presión en la parte posterior de la plancha o vibración.</p>

Tabla 20. Requisitos que debe cumplir el equipo de distribución y colocación de mezclas.

7.2.5.-Equipos de perfilado y nivelación

Los equipos de perfilado deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 21.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipos	El número y las características de los equipos de terminación deben ser acordes a la superficie a perfilar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).

Características Generales	<p>La motoniveladora debe contar con un sistema semiautomático, basado en sensores, que permita regular la posición e inclinación de la hoja en base al perfil de la calzada determinado.</p> <p>Deberá contar con una cuchilla de largo igual o superior a los 4 metros. Estará controlada por sistemas hidráulicos que permitan movimientos en horizontal y vertical, de giro e inclinación.</p>
---------------------------	--

Tabla 21. Equipos para el perfilado y terminación. Requisitos.

7.2.6.-Equipos de compactación

Los equipos de compactación deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 22.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, tipo de mezcla, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactadores pata de cabra	<p>Deben tener puntas de forma y configuración tal que permitan una correcta densificación del suelo, sin desprender el mismo durante las tareas de compactación.</p> <p>Deben contar con un sistema de limpieza en los tambores de las ruedas o en el rodillo (según el tipo de compactador), que evite la acumulación de suelo entre las puntas.</p> <p>Es deseable que los equipos posean una hoja topadora al frente. Para el caso de los compactadores del tipo pata de cabra con rodillo al frente, el mismo debe contar con un sistema de vibración y/u oscilación.</p> <p>El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (12 t).</p>
Compactadores neumáticos	<p>Deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras.</p> <p>Deben poder invertir la marcha mediante una acción suave y poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos.</p> <p>El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).</p>
Compactadores metálicos	<p>Los compactadores vibratorios y los oscilatorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee.</p> <p>Deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, suspendiendo el vibrado u oscilado durante esa operación.</p> <p>Deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos. Las</p>

	<p>superficies cilíndricas no deben presentar surcos ni irregularidades.</p> <p>El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).</p>
--	--

Tabla 22. Equipos para la compactación. Requisitos.

7.2.7.- Equipos para la distribución del riego de curado

Los equipos para la distribución del riego de curado deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 23.

Característica	Requisitos
Distribución de la emulsión asfáltica	<p>El equipo de distribución del riego debe tener un sistema que regule la dotación en función de la velocidad de avance, de manera de obtener un riego uniforme sobre la superficie, cumpliendo con la dotación definida en la correspondiente Dotación de Obra.</p> <p>El equipo para la distribución de la emulsión asfáltica debe ir montado sobre neumáticos.</p> <p>El mismo debe ser capaz de mantener la emulsión dentro del rango de temperatura prescripta, así como también aplicar la dotación de emulsión asfáltica definida en la correspondiente Dotación de Obra. La bomba debe generar una presión suficiente en la barra de distribución, de manera que los picos rieguen de forma pareja.</p>

Tabla 23. Equipos para la distribución del riego de curado. Requisitos.

7.2.8.- Equipos para la distribución del agregado de cobertura

Los equipos para la distribución del agregado de cobertura deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 24.

Característica	Requisitos
Distribución del agregado de cobertura	<p>El equipo de distribución del agregado de cobertura debe tener un sistema que regule la dotación en función de la velocidad de avance, de manera de obtener una cobertura uniforme sobre la superficie, cumpliendo con la dotación definida en la correspondiente Dotación de Obra.</p> <p>Para la extensión del agregado de cobertura se deben utilizar distribuidoras mecánicas, incorporadas a un camión o autopropulsadas.</p>

Tabla 24. Equipos para la distribución del agregado de cobertura. Requisitos.

7.3.- Ejecución de las obras

7.3.1.- Preparación de la superficie de apoyo

Previo a la ejecución de la capa estabilizada con ligante hidráulico, la superficie de apoyo se debe encontrar aprobada por el Director de Obra. La superficie debe ser regular y no debe exhibir deterioros. Asimismo, debe estar libre de manchas o huellas de suelos cohesivos, los que deben eliminarse totalmente de la superficie.

Las banquetas y/o trochas adyacentes se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.3.2.- Mezclado en planta central y colocación

Durante la producción, cada tolva de alimentación en uso debe mantener un nivel de llenado comprendido entre el cincuenta por ciento (50%) y el cien por ciento (100%) de su capacidad. Debe respetarse el orden de ingreso a la mezcladora de los materiales, así como también el tiempo de mezclado, según lo establecido en la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

La carga en los equipos de transporte debe realizarse en masa, evitando la descarga de pequeñas cantidades para completar la carga. Se deben formar varias pilas contiguas en la caja de transporte, de manera de minimizar la segregación. La distribución y colocación de la mezcla puede realizarse mediante el empleo de una terminadora.

La colocación se debe realizar por franjas longitudinales, salvo que el Director de Obra indique otro procedimiento. El ancho de estas franjas debe ser tal que minimice el número de juntas longitudinales y considerando los siguientes aspectos: el ancho de la sección, el eventual mantenimiento de la circulación, las características del equipo y el desfase con la junta longitudinal de la/las capas inferior y superior.

7.3.3.- Compactación

Una vez finalizadas las operaciones de colocación, se iniciarán los trabajos de compactación. El tipo de compactación a emplear (pata de cabra, rodillo liso, etc) así como la secuencia y número de pasadas para lograr el resultado especificado será establecido en la ejecución del tramo de prueba.

La compactación será realizada sobre toda la superficie de la capa de modo de asegurar que todo el material sea uniformemente compactado a un peso unitario seco no inferior al mínimo requerido en las especificaciones.

Los cambios de dirección de los compactadores se deben hacer sobre la capa estabilizada ya compactada, y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad. Se debe cuidar que los elementos de compactación estén siempre limpios y, si fuera preciso, húmedos.

El proceso de compactación debe ser tal que evite la formación de un estrato superior débilmente adherido al resto de la capa. En caso de producirse esto, la misma se debe eliminar hasta obtener una superficie uniforme y compacta.

La compactación de la capa debe comenzar en los bordes y avanzar hacia el centro, con excepción en las curvas peraltadas donde la compactación debe iniciarse en el borde interno de la curva y avanzar hacia el borde alto. En todos los casos, y a los efectos de proveer del adecuado confinamiento lateral, se debe distribuir el material de las banquetas al nivel de la capa que es objeto del proceso de compactación.

Las zonas que, por su reducida extensión, su pendiente o su proximidad a obras de desagüe, muros o estructuras, no permitieran el empleo del equipo que normalmente se estuviera utilizando, se deben compactar con medios adecuados a cada caso. Las densidades que se alcancen deben cumplir con las mismas exigencias que en el resto de la capa.

La compactación vibratoria queda restringida en su empleo a la primera hora y media (1,5 h) luego de haber incorporado el aglomerante hidráulico a la mezcla.

Se deben disponer juntas de trabajo transversales, cuando el proceso constructivo se interrumpa más tiempo que el plazo de trabajabilidad y siempre al final de cada jornada. Las juntas de trabajo se deben realizar de forma que su borde quede perfectamente vertical, aplicando a dicho borde el tratamiento que ordene el Supervisor de las Obras. En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, o con fuerte viento, debe mantenerse húmeda la superficie mediante un riego con agua finamente atomizada. Se deben eliminar los excesos laterales sin la compactación adecuada, excepto si forman parte de las banquetas o talud exterior de la obra. Los trabajos de compactación y perfilado deberán darse por terminados en el plazo determinado según el plazo establecido en el último ensayo de trabajabilidad disponible bajo condiciones de obra.

7.3.4.- Terminación y perfilado

Luego del proceso de compactación, y siempre dentro del plazo de trabajabilidad establecido, debe realizarse el perfilado con moto niveladora u otro equipo apropiado y aceptado por el Director de Obra. Se debe perfilar hasta obtener la cota final correcta para la capa, extendiendo el acabado de la misma hasta abarcar las banquetas.

El perfilado de la superficie luego de terminada la compactación sólo consistirá en retiro de material, no podrá agregarse material adicional. En el caso de retiro de material deberá hacerse con la humedad que tenga el material en ese momento, no pudiéndose agregar más agua que la imprescindible para un correcto curado. Si en ese plazo no se ha conseguido la terminación de los trabajos en condiciones de aceptación se procederá a la reconstrucción del tramo. Los materiales procedentes del perfilado deben ser retirados a un depósito autorizado.

El rodillado final de la superficie cortada debe ser ejecutado con rodillo neumático. La superficie de la capa terminada debe presentar una textura uniforme, exenta de segregaciones y de ondulaciones y con las pendientes transversales adecuadas. Finalizado el perfilado de la mezcla reciclada se comenzará el curado mediante el riego con agua de forma de mantener la base continuamente húmeda hasta que se realice el curado definitivo con emulsión.

7.3.5.- Curado y protección

Una vez realizada la terminación superficial de la capa estabilizada se debe proceder a ejecutar el curado definitivo. Cuando la superficie a regar se encuentre en condiciones, previa aprobación de la Supervisión, se debe aplicar el riego de curado. El material bituminoso deberá aplicarse uniformemente a la superficie de la base terminada a un promedio de aproximadamente 1,0 lt/m² y en todo el ancho de la capa.

En caso de habilitar al tránsito, como forma de protección, se deberá ejecutar adicionalmente al riego de curado con emulsión la extensión de una capa de arena (con menos del 15% de partículas inferiores a 0,063 mm) en una dotación entre 4 y 6 litros por metro cuadrado y en todo el ancho de la capa.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Antes de iniciarse la ejecución del estabilizado con ligante hidráulicos debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de dosificación, mezclado, distribución, compactación, terminación y curado, necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones

Técnicas Particulares correspondiente. El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento. Los mencionados ensayos pueden ser in-situ y/o sobre testigos extraídos. Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no la Fórmula de obra. En el primer caso, se pueden iniciar la ejecución del estabilizado con ligante hidráulico. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.
- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la producción, colocación, compactación y curado de la capa estabilizada sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de las mismas.

En el caso que no se cumplimente alguno de estos puntos de manera satisfactoria, se realizarán los ajustes que se consideren necesarios y se repetirá la ejecución de un nuevo Tramo de Prueba.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES POR CLIMA RIGUROSO

Previo a cada jornada de ejecución, el contratista deberá analizar la posible incidencia de cualquier combinación de factores climáticos adversos (temperaturas extremas, lluvia, altas tasas de evaporación, altos gradientes térmicos) que pudieran ocurrir durante la construcción, y puedan perjudicar la calidad de la capa terminada.

9.1.- Temperaturas extremas

No se permite la producción y puesta en obra en las siguientes situaciones (salvo autorización expresa del Director de Obra) bajo las siguientes condiciones:

- ❖ Cuando la temperatura ambiente a la sombra resulte superior a treinta y cinco grados Celsius ($> 35^{\circ}\text{C}$).
- ❖ Cuando la temperatura ambiente resulte inferior a cinco grados Celsius ($< 5^{\circ}\text{C}$), y esté en descenso.

9.2.- Precipitaciones intensas

Se debe interrumpir la ejecución de las obras cuando sea inminente la caída de precipitaciones con una intensidad tal que pudiera provocar la deformación y erosión de la superficie o modificar la humedad de compactación.

9.3.- Condiciones ventosas

En aquellos casos en que la dosificación del ligante se realiza por distribución via seca, deberá coordinarse los avances del equipo de dosificación y del de mezcla, no permitiéndose que haya entre ambos una distancia superior a veinte metros (20 m). Se deberá suspender la ejecución, cuando la velocidad del viento supere los 35 km/h o a juicio del Director de las Obras la emisión de polvo afecta a zonas pobladas, productivas, o especialmente sensibles.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, del proceso de dosificación, mezclado, transporte, colocación, compactación, terminación y curado, del material estabilizado con ligante hidráulico y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de Obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el Punto 10 “Plan de Control de Calidad” del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra. Mínimamente debe de contar el laboratorio de obra con los equipos, elementos e instrumentos necesarios para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote en el plan de control de calidad.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.
- ❖ Listado de personal afectado al laboratorio de obra y al cumplimiento del plan de control de calidad de la obra. Los recursos humanos destinados a las tareas antes mencionadas deben de permitir ejecutar el plan de control de calidad en tiempo y forma.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de Obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de Obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10.000 m³) de material estabilizado con ligante hidráulico.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Calidad: ensayos sobre materiales, ensayos de control de producción en el proceso de elaboración de la mezcla de estabilizado y de la unidad terminada en los diferentes lotes ejecutados en este período.

En todos los casos en que el Director de Obra entregue al Contratista planillas modelos de cálculo y presentación de resultados de ensayos, las mismas son de uso obligatorio.

El Director de Obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El presente Plan de Control de Calidad queda complementado con lo establecido en el Punto 11 para la cantidad de muestras, cantidad de testigos, condiciones de ensayo, determinación de los parámetros en estudio y demás consideraciones.

El Director de Obra puede disponer el envío de una o mas muestras de cualquier material involucrado en la obra (agregados, RAP, cementos, probetas, testigos, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de Obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de Obra. Si el Director de Obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo del parámetro considerado.

Para determinar el equipo de transporte (o de la amasada) sobre el cual efectuar el muestreo para el control de un lote de producción, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. El mismo método se debe utilizar para determinar los puntos sobre la unidad terminada donde efectuar el control de un lote de obra.

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o la aprobada por el Director de Obra.

Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de Obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

10.2.- Lotes

El control del proceso de elaboración y colocación de los estabilizados con ligante hidráulico se organiza por lotes de producción (mezcla estabilizada con ligante hidráulico) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de producción

Se define como lote de producción a todo material estabilizado con ligante hidráulico elaborado con la misma fórmula (dosificación) y equipamiento independientemente del sitio donde se realice su

colocación. A los efectos del control de producción se considerará como lote de producción inicial, al menor que resulte de aplicar los dos (2) criterios siguientes:

- ❖ 1000 m³ de producción
- ❖ Lo ejecutado en media o una jornada de trabajo (el Director de Obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

En caso de que se produzca alguna detención superior a una hora (> 1h) en el proceso de elaboración del estabilizado con ligante hidráulico, sin importar el motivo (lluvia, desperfectos mecánicos, logística, etc.), se debe considerar un nuevo lote de producción.

La numeración de los lotes de producción debe ser acumulativa, comenzando con el número uno (1), que le corresponde al Tramo de Prueba.

10.2.2- Definición de lote de obra

Se considerará como lote de obra, que se aceptará o rechazará como una unidad individual, al menor que resulte de aplicar los criterios siguientes:

- ❖ Quinientos metros (500 m) lineales de construcción.
- ❖ Lo ejecutado con un lote de producción.

Nota: Con el objetivo de contar con trazabilidad de los trabajos ejecutados y vincular los valores de parámetros de obra con los correspondientes a los de fabricación de la mezcla, a cada lote de producción (en planta) se lo debe vincular con el o los lotes de obra correspondientes (colocación en obra) ejecutados a partir de aquel.

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de dosificación, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados y suelos

10.3.1.1.- Agregados gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos es la que se indica en la Tabla 25.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coeficiente de desgaste Los Ángeles (1)	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	
Módulo de finura y tamaño máximo	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

(1) En el caso de agregados "tipo basálticos", la frecuencia de ensayo es de 15 lotes.

Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso.

10.3.1.2.- Agregados finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos es la que se indica en la Tabla 26.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	
Módulo de finura	IRAM 1505	Cada 15 lotes

Densidad relativa, densidad aparente	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino.

10.3.1.3.- Agregados gruesos provenientes del RAP (si corresponde)

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 27.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coefficiente de desgaste Los Ángeles	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Limpieza (1)	---	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	
Módulo de finura y tamaño máximo	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

(2) La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente de RAP.

10.3.1.4.- Agregados finos provenientes del RAP (si corresponde)

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 28.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	

Módulo de finura y tamaño máximo	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes

Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente de RAP.

10.3.1.5.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para el suelo seleccionado es la que se indica en la Tabla 29.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	UNE 103205	Cada 30 lotes
Sulfatos	UNE 103201	Cada 30 lotes
Límite líquido	AASHTO T267	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	AASHTO T 89	Cada 15 lotes
Clasificación HRB	AASHTO T 90	Cada 15 lotes

Tabla 29. Plan de ensayos sobre el suelo seleccionado.

10.3.2.- Ligantes Hidráulicos

Sea cual fuere el ligante hidráulico que se utilice, durante la recepción de los mismos, deberá verificarse que éstos se adecuan al tipo de cemento y procedencia indicados expresamente en la fórmula de obra. Asimismo, para cada partida de ligante que ingrese a la obra deberá identificarse el silo donde se realiza el almacenamiento.

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases de doble bolsa de 200 micrómetros y cierre con precintos plásticos) desde el camión tolva, y serán debidamente conformadas e identificadas por el Director de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas por un período de 30 días en perfecto estado de conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y del Director de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.3.- Adiciones Minerales

Durante la recepción de las adiciones minerales, deberá verificarse que su designación y procedencia se correspondan con los indicados expresamente en la fórmula de obra, debiéndose identificar adicionalmente el silo donde se realiza el almacenamiento.

Con una frecuencia que designe la Dirección de Obra se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases herméticos) debidamente conformadas e identificadas por la Dirección de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas hasta finalizar el Período de Conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y de la Dirección de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.4.- Emulsiones asfálticas para el curado

Las frecuencias y ensayos para las emulsiones asfálticas deben cumplimentar lo establecido en el PLIEGO GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS para Riegos de Curado de la DNV.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con ligante hidráulico

La frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad durante la elaboración (mezclado y producción) se indica en la Tabla 30.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados al finalizar la ejecución del Tramo de Prueba.

Parámetro	Método	Frecuencia
Resistencia a compresión sobre probetas a 7 días	UNE EN 13286-41 y UNE EN 13286-50	Cada lote de producción
Granulometría	IRAM 1501 y IRAM 1505	Cada 15 lotes
Valor soporte relativo (CBR) del material a tratar - sin ligante hidráulico - (1)	AASHTO T-193 ASTM D 1883 o UNE-EN 13286-47	Cada 15 lotes

Parámetro	Método	Frecuencia
Densidad máxima seca	AASHTO T-180	Cada 15 lotes
Humedad óptima	AASHTO T180	Cada 15 lotes
Plazo de trabajabilidad bajo condiciones de obra (en campo).	UNE-EN 13286-45	Cada 30 lotes

(1) El ensayo debe realizarse sobre una muestra del material extraída, previo agregado de ligante hidráulico.

Tabla 30. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada; la misma se resume en la Tabla 31.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados al finalizar la ejecución del Tramo de Prueba.

Parámetro	Método	Frecuencia
Evaluación visual superficial (1)	---	Cada lote de obra
Grado de compactación (2)	AASHTO T-191 o ASTM D1556	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra
Resistencia a compresión sobre probetas a 7 días	UNE EN 13286-41 y UNE EN 13286-50	Cada lote de obra
Determinación del ancho	---	Cada 25 m
Sección transversal y pendientes	---	Cada 25 m

(1) Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.

(2) La verificación del grado de compactación debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas luego de finalizado el proceso de compactación.

Tabla 31. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.

10.6.- Archivo de la información

Es deber del Contratista documentar, gestionar y guardar la información y datos correspondientes a los lotes, mediciones, ensayos, resultados y cualquier otro dato o información que surgiere de la aplicación del Plan de Control de Calidad detallado en el presente documento.

Dicha información debe estar disponible para el Director de Obra cuando éste lo solicite durante la ejecución de la obra y debe ser entregada al final de esta.

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de producción (lote de producción)

11.1.1.- Resistencia a la compresión a siete días (lote de obra)

La determinación de la resistencia a la compresión de la base tratada se debe realizar sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de muestras extraídas del lote de producción en estudio. Dichas muestras deben extraerse inmediatamente luego de la distribución del material en la cancha.

La elaboración de las probetas, proceso de curado y metodología de ensayo se debe realizar de acuerdo a los lineamientos establecidos en la norma UNE EN 13286-4, con una densidad seca igual o menor a la indicada en la Fórmula de Obra aprobada y vigente, tomando dicho porcentaje de densidad respecto a la densidad seca máxima del lote de producción.

El valor de resistencia a la compresión media del lote de producción en estudio es la media de la resistencia a la compresión de las probetas ensayadas a los 7 días. El valor de resistencia a la compresión media del lote de producción en estudio debe ser igual o mayor a la resistencia mínima a siete días indicada en el Punto 6.3.- Criterios y requisitos de dosificación.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Evaluación visual (lote de obra)

La evaluación visual se debe hacer sobre cada lote de obra. El material debe presentar un aspecto homogéneo, sin evidencias de segregación, o presencia de elementos extraños tales como troncos u otros objetos que no formen parte de la mezcla.

11.2.2.- Grado de compactación (lote de obra)

Se debe determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, tres o más (≥ 3) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad. La determinación de la densidad debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas desde que se finaliza la compactación de la capa. El método de determinación del grado de compactación será según norma AASHTO T-191 o ASTM D1556 “Método Cono de Arena” o algún método alternativo aprobado por el Director de Obra.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 32

Valor medio $\geq 98\%$ ⁽¹⁾
Cada valor o medición individual $\geq 97\%$ ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca informada en la fórmula de obra aprobada y vigente.

Tabla 32. Requisitos de densidad seca en lote de obra.

11.2.3.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa estabilizada, colocada y compactada, se debe hacer sobre perforaciones situadas a medio metro (0,5 m) de los puntos de ensayo indicados en el Punto 11.2.2. Grado de compactación (lote de obra).

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimetrada. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores de los testigos del lote de obra resulte inferior al cinco por ciento (10 %).

11.2.4.- Ancho (lote de obra)

La determinación del ancho de la capa se debe verificar en perfiles transversales cada cien metros (100 m) lineales. El ancho de cada capa considerada en ningún caso debe ser inferior al ancho teórico indicado en los Planos de Proyecto.

11.2.5.- Sección transversal y pendientes (lote de obra)

La determinación de la sección transversal se debe verificar en perfiles transversales cada veinticinco metros (25 m). La sección transversal en ningún caso debe ser inferior o superior a lo indicado en los Planos de Proyecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo del proceso de producción y de la unidad terminada del estabilizado con ligante hidráulico se aplican sobre los lotes definidos en el Punto 10.2.

En todos los casos en que se rechace un lote (de obra o de producción) o una unidad de transporte, todos los costos asociados a la remediación de la situación (demolición, tratamiento de los productos generados de la demolición, y reconstrucción, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

12.1.1.- Resistencia a la compresión a los 7 días (lote de producción)

La resistencia a la compresión de la capa estabilizada en estudio debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.2.1. Resistencia a la compresión a 7 días (lote de obra)*.

Si la resistencia a la compresión media del lote de obra es inferior a la mínima especificada en el apartado mencionado, pero dicha diferencia es inferior al 5%, se acepta el lote en estudio con un descuento del diez por ciento (10 %). En el caso que esta diferencia sea mayor al 5%, se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En este caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con éste ejecutado, y a la reposición de la capa.

Si la resistencia a la compresión media del lote de obra en estudio es superior a la máxima establecida en el Punto 6.3.- Criterios y requisitos de dosificación, deben realizarse juntas de contracción por aserrado en el lote de obra con el cual se ejecutó el lote de producción en estudio. Dichas juntas de contracción deben realizarse a una distancia de entre tres y cuatro metros (3-4 m), y de forma que no queden a menos de dos y medio metros (2,5 m) de posibles grietas de retracción que se hayan podido formar. El aserrado

debe penetrar al menos dos tercios (2/3) del espesor de la capa. La realización de las juntas corre por cuenta del Contratista, y no recibe pago directo alguno.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.1. Evaluación visual de la superficie (lote de obra).

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y la reposición de la capa rechazada.

12.2.2.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación de la mezcla estabilizada con ligante hidráulico en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.2.2. Grado de compactación (lote de obra).

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el *Punto 11.2.2. Grado de compactación (lote de obra)* pero se verifica lo establecido en la Tabla 33, se acepta el lote de obra, pero corresponde un descuento del veinte por ciento (20 %) sobre la superficie del lote de obra en estudio.

Valor medio ≥ 96 % ⁽¹⁾
Cada valor o medición individual ≥ 95 % ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca informada en la fórmula de obra aprobada y vigente.

Tabla 33. Requisitos de densidad seca reducidos en lote de obra.

Si la densidad media o densidades individuales del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder,

excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa.

12.2.3.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.3 Espesor (lote de obra). Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumplimenta que el coeficiente de variación es mayor al diez por ciento (10 %) y menor al veinte por ciento (20 %), se acepta el lote de obra con una penalidad del cinco por ciento (5 %).

Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumplimenta que el coeficiente de variación es mayor al veinte por ciento (20 %), se acepta el lote de obra con una penalidad del diez por ciento (10%).

Si el espesor medio es inferior al especificado, pero dicha diferencia es inferior al 5%, se acepta el lote en estudio con un descuento del veinte por ciento (20 %). En el caso que la diferencia sea superior al 5%, se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En este caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con éste ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.2.4.- Ancho

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.4. Ancho de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.5.- Sección transversal y pendientes (lote de obra)

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.4. Sección transversal y pendientes (lote de obra) de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

13.- MEDICIÓN

La ejecución de las capas consideradas en el presente documento se mide en metros cúbicos (m³) compactados ejecutados. Los valores surgen del producto entre la longitud de cada capa ejecutada, por el ancho, por el espesor establecido para la misma.

Al volumen resultante se le debe aplicar, si los hubiese, los descuentos por penalidades o bonos adicionales; estos son acumulativos.

14.- FORMA DE PAGO

El pago se efectúa por metro cúbicos (m³) compactados ejecutados, medidos en la forma establecida en el Punto 13, y de acuerdo con los precios unitarios de contrato para este ítem.

Dicho precio corresponde a la compensación total por las siguientes tareas:

- ❖ Barrido y soplado de la superficie a recubrir.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los ligantes hidráulicas y adiciones minerales.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los aditivos, fibras u otros materiales en pellets a incorporar.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del agua de mezclado.
- ❖ El proceso de dosificación y elaboración.
- ❖ Los procesos involucrados en la carga, transporte, descarga, colocación, compactación y curado.
- ❖ Las posibles correcciones de los defectos constructivos.
- ❖ La señalización y conservación de los desvíos durante la ejecución de los trabajos.
- ❖ Todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación del ítem según lo especificado.

No se abonan los sobreanchos, o sobreespesores por corrección de mermas en capas subyacentes, ni los aumentos de espesor por correcciones superficiales.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de las capas de materiales estabilizada con ligante hidráulico contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra o durante el período que indique el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Ante la ocurrencia de un deterioro de la capa ejecutada el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.



Ministerio
de Transporte
y Obras Públicas

Dirección Nacional
de Vialidad

PLIEGO GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE PUENTES Y CARRETERAS:
Dirección Nacional de Vialidad – Ministerio de
Transporte y Obras Públicas

SECCIÓN 3

Bases y subbases

BORRADOR

DOCUMENTO BORRADOR PUBLICADO

Diciembre 2025

SECCIÓN 3A – Capas de bases y subbases de materiales naturales

SECCIÓN 3B – Capa estabilizada granulométricamente

SECCIÓN 3C1 – Capa estabilizada con ligante hidráulico in-situ

SECCIÓN 3C2 – Capa estabilizada con ligante hidráulico en planta

SECCIÓN 3D1 – Capa estabilizada con asfalto espumado in-situ

SECCIÓN 3D2 – Capa estabilizada con asfalto espumado en planta

SECCIÓN 3D3 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ

SECCIÓN 3D4 – Capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta

ÍNDICE

Sección 3.D1 – Capas Estabilizadas con asfalto espumado in-situ

ÍNDICE DE TABLAS.....	5
1.- DESCRIPCIÓN	6
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN	6
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA	6
3.1. Definición de RAP	6
3.2. Asfalto espumado.....	6
3.3.- Nomenclatura para capa de estabilizado con asfalto espumado in-situ.....	7
4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN.....	7
5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES.....	8
5.1.- Agregados de aporte.....	8
5.1.1.- Características generales	8
5.1.2.- Agregado grueso	9
5.1.2.1.- Definición de agregado grueso.....	9
5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso.....	9
5.1.3.- Agregado fino virgen.....	11
5.1.3.1.- Definición de agregado fino.....	11
5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen.....	11
5.2.- RAP.....	12
5.2.1.- Agregado grueso proveniente del RAP	12
5.2.1.1. Definición de agregado grueso.....	12
5.2.1.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP	12
5.2.2. Agregado fino proveniente del RAP	12
5.2.2.1. Definición de agregado fino	12
5.2.2.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP	13
5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular.....	13
5.4.- Suelos de aporte	13
5.4.1.- Características generales.....	13

5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte	14
5.5.- Cementos	15
5.5.1.- Características generales.....	15
5.5.2.- Cemento Portland para uso general.....	16
5.5.3.- Cemento Portland con propiedades especiales.....	16
5.6.- Cal hidratada	16
5.6.1.- Características generales.....	16
5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo	17
5.7.- Ligante asfáltico.....	18
5.8.- Agua.....	18
5.9.- Aditivos.....	18
6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA.....	19
6.1.- Espesor de la capa	19
6.2.- Huso granulométrico.....	19
6.3.- Criterios para el proceso de diseño.....	20
6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra.....	20
7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	22
7.1.- Equipos de obra.....	22
7.1.1.- Recicladora.....	22
7.1.2.- Equipos para suministro del ligante asfáltico.....	23
7.1.3.- Equipos para suministro del agua.....	24
7.1.4.- Equipos de suministro y distribución del filler activo	24
7.1.5.- Equipos de compactación.....	25
7.2.- Ejecución de las obras.....	26
7.2.1.- Trabajos preliminares.....	26
7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente.....	26
7.2.1.2.- Fresado.....	26
7.2.1.3.- Prepulverización.....	26
7.2.1.4.- Distribución del material corrector (agregado y/o suelo)	27
7.2.1.5.- Distribución del filler activo	28
7.2.2.- Estabilizado y mezclado mediante recicladora	28

7.2.3.- Compactación primaria.....	29
7.2.4.- Nivelación y corte de la capa precompactada.....	29
7.2.5.- Compactación final.....	30
7.2.6.- Juntas transversales y longitudinales.....	30
7.2.6.1.- Juntas longitudinales.....	30
7.2.6.2.- Juntas transversales.....	31
7.2.7.- Curado.....	31
7.2.8.- Limpieza.....	32
8.- TRAMO DE PRUEBA.....	32
9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN PARA COLOCACIÓN DE CAPA DE RODAMIENTO.....	33
9.1.- Temperatura de los agregados.....	33
9.2.- Precipitaciones.....	34
9.3.- Habilitación para colocación capa de rodamiento.....	34
10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	34
10.1.- Generalidades.....	34
10.2.- Lotes.....	36
10.2.1.- Definición de lote de obra.....	36
10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales.....	36
10.3.1.- Agregados.....	36
10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos.....	36
10.3.1.2.- Agregados de aporte finos.....	37
10.3.2.- Agregados provenientes del RAP.....	38
10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP.....	38
10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP.....	38
10.3.3.- Suelos de aporte.....	38
10.3.4.- Cementos.....	38
10.3.5.- Cal hidráulica.....	39
10.3.6.- Ligante asfáltico.....	39
10.3.7.- Aditivos.....	39
10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con asfalto espuma in-situ (dosificación y mezclado).....	40

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	40
11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA.....	41
11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra).....	41
11.1.1.- Granulometría (lote de obra).....	41
11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico.....	42
11.1.3.- Dotación de filler activo.....	42
11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA}).....	43
11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA}).....	43
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	44
11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	44
11.2.2.- Espesor (lote de obra).....	44
11.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	44
11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	45
12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	45
12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra).....	45
12.1.1.- Granulometría (lote de obra).....	45
12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico.....	46
12.1.3.- Dotación de filler activo.....	46
12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA}).....	47
12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA}).....	47
12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	47
12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	47
12.2.2.- Espesor (lote de obra).....	48
12.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	48
12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	48
13.- MEDICIÓN.....	49
14.- FORMA DE PAGO.....	49
14.- CONSERVACIÓN.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación	6
Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con asfalto espumado in-situ.....	7
Tabla 3. Índices de prestación.....	7
Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.....	9
Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos.....	10
Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos “tipo basálticos”	11
Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.....	12
Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP.....	12
Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP.....	13
Tabla 10. Requisitos del esqueleto granular.....	13
Tabla 11. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte.....	14
Tabla 12. Requisitos de los suelos de aporte.....	15
Tabla 13. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos.....	16
Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica	17
Tabla 15. Requisitos de la cal hidratada	17
Tabla 16. Requisitos granulométricos de la cal hidratada	18
Tabla 17. Husos granulométricos para estabilizado con asfalto espumado in-situ	19
Tabla 18. Criterios de diseño para estabilizado con asfalto espumado in-situ.....	20
Tabla 19. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra.....	22
Tabla 20. Requisitos que deben cumplir las máquinas recicladoras.....	23
Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de asfalto.....	24
Tabla 22. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de agua.....	24
Tabla 23. Requisitos que debe cumplir equipos de suministro filler activo	24
Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación	25
Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso	37
Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino	37
Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente del RAP.....	38
Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente del RAP.....	38
Tabla 29. Plan de ensayos sobre los suelos de aporte.....	38
Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica.....	39
Tabla 31. Plan de ensayos sobre el ligante asfáltico convencional.....	39
Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.....	40
Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	41
Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados.....	42
Tabla 35. Requisitos de densidad seca de caca compactada.....	44
Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados.....	45
Tabla 37. Requisitos de densidad seca	48

1.- DESCRIPCIÓN

Esta sección comprende a la construcción de material estabilizado in-situ mediante asfalto espumado consiste en una mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de una carpeta asfáltica existente (RAP), agregados de aporte, suelo de aporte, cemento, agua y un ligante asfáltico en forma de espuma, dosificada y mezclada con equipos ambulo-operantes, convenientemente compactada y curada para ser utilizada como capa estructural en pavimentos.

Las cantidades de betún residual en la estabilización no suelen exceder el 2,5 % (expresado en peso) del agregado seco. En la mayoría de las situaciones, también se agrega a la mezcla un filler activo que puede ser cemento o cal hidratada; la adición de cemento nunca debe exceder el 1 %.

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1. Definición de RAP

Se define como RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) en la presente especificación técnica a todo material proveniente del fresado de una capa asfáltica. El RAP está compuesto por agregados pétreos cubiertos de un ligante asfáltico que ha experimentado cambios en su comportamiento reológico durante su vida en servicio.

3.2. Asfalto espumado

El asfalto espumado se produce inyectando una pequeña cantidad de agua a un ligante asfáltico cuya temperatura debe de estar en el entorno de los 160 °C. El agua cambia instantáneamente de estado

líquido a vapor, expandiéndose unas 1.500 veces a presión atmosférica produciendo una masa de burbujas (espuma) que son finas películas de betún que rodean el vapor de agua.

La espuma es inestable y se colapsa en menos de un minuto. El proceso de espumado se lleva adelante en una cámara de expansión, las cuales están constituidas por tubos de acero de paredes gruesas, de aproximadamente 50 mm de profundidad y diámetro, en los que se inyecta el asfalto caliente, agua y aire a una presión del orden de 3 bares.

3.3.- Nomenclatura para capa de estabilizado con asfalto espumado in-situ

A continuación, se resume en la Tabla 2, el sistema de designación para estabilizados con asfalto espumado in-situ que se utiliza a lo largo de la presente especificación técnica general.

EA-ES-IS

Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con asfalto espumado in-situ

Donde:

EA-ES-IS: Estabilizado con asfalto espumado in-situ (también denominado BSM-Foam)

4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN

Los requisitos de los materiales componentes, de las mezclas elaboradas, como así también de la calidad final de la capa, se encuentran diferenciados en la presente especificación técnica de acuerdo con el índice de prestación adoptado para cada proyecto.

El índice de prestación debe ser indicado en la especificación técnica particular, si así no ocurriese se debe de adoptar el índice de prestación P1.

A continuación, se resumen en la Tabla 4 los dos (2) índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (IP)	P1	P2
---------------------------	----	----

Tabla 3. Índices de prestación

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados de aporte

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los agregados de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos. ❖ Deben provenir de rocas sanas y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin que se verifique segregación. ❖ Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m). El terreno debe

	<p>tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.
--	--

Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados

5.1.2.- Agregado grueso

5.1.2.1.- Definición de agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas estabilizadas con asfalto espumado, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas estabilizadas con asfalto espumado, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

El agregado grueso será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria
Índice de lajas	IRAM 1687-1	≤40

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles” ⁽¹⁾	IRAM 1532	≤35
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No Plástico
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Recomendado ⁽²⁾
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1533	Determinación obligatoria
Caras de fractura	IRAM 1851	El 90 % de las partículas debe tener al menos una cara de fractura
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio	IRAM 1525	Recomendado ^{(2), (3)}

Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos

⁽¹⁾ Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla 6.

⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la *Tabla 6*.

Ensayo	Norma	Exigencia
--------	-------	-----------

Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	≤ 25
--	-----------	-----------

Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos “tipo basálticos”

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos dependen del índice de prestación. Los mismos se establecen en la Tabla 7.

El agregado fino debe ser por lo general de una única procedencia y naturaleza. En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 7.

Los agregados finos que emplear en la construcción de capas estabilizadas con asfalto espumado no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	La fracción gruesa de la cual proviene el agregado fino debe cumplir las exigencias de la Tabla 5 y Tabla 6 (si corresponde) para el Coeficiente de desgaste Los Ángeles.
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 40
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.

Ensayo	Norma	Exigencia
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. Requisitos de los agregados finos

⁽¹⁾ El Índice de Azul de Metileno se debe hacer sólo en caso de que el Ensayo de Equivalente de Arena arroje un resultado menor a cuarenta por ciento (<40 %) y mayor o igual a treinta por ciento (≥ 30 %).

5.2.- RAP

5.2.1.- Agregado grueso proveniente del RAP

5.2.1.1. Definición de agregado grueso

Se define como agregado grueso, la parte del agregado total retenida en el tamiz 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.1.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

Los requisitos por cumplir para los agregados gruesos recuperados del RAP se establecen en la Tabla 8. Cualquier otro requisito puede ser solicitado en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM 1703	Determinación obligatoria.

Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP

5.2.2. Agregado fino proveniente del RAP

5.2.2.1. Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz IRAM 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.2.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP

Los requisitos sobre el agregado fino recuperado del RAP se establecen en la Tabla 9. Se pueden establecer requisitos adicionales en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 35

Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP

5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular

La mezcla de las diferentes fracciones de agregados que componen el esqueleto granular debe cumplir las prescripciones de la Tabla 10.

Parámetro	Norma	Exigencia
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μm ⁽¹⁾	IRAM 10501	≤ 6

Tabla 10. Requisitos del esqueleto granular

- ⁽¹⁾ Al momento de efectuar la mezcla de componentes en las proporciones participantes, se deben de considerar los espesores y las densidades in-situ de los materiales provenientes de las capas existentes en el pavimento a reciclar.

5.4.- Suelos de aporte

El Director de Obra puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear suelos de aporte cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran.

5.4.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 11.

Característica	Requisitos
Procedencia	❖ Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica.

Resistencia, durabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa estabilizada no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. ❖ Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el Punto 5.4.2. "Requisitos de los Suelos de aporte". ❖ Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas. ❖ Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada. ❖ No se permite el uso de suelos de aporte que provengan de acopios congelados, o que contengan hielo.

Tabla 11. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte

5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte

Los requisitos para cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 9. Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza.

En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 12.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	VN-E18-89	< 1,2 %
Sulfatos	VN-E18-89	< 0,3 %
Límite líquido	IRAM 10501	≤ 35
Índice de plasticidad	IRAM 10501	≤ 10
Granulometría	IRAM 1505	Determinación obligatoria

Tabla 12. Requisitos de los suelos de aporte

5.5.- Cementos

5.5.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los cementos para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 13.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los cementos deben cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Los cementos deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los materiales aglomerantes deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ El cemento envasado se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Los cementos de distinto tipo, marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, el cemento se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si el cemento estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o

	<p>mayor a mil kilogramos (1.000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se detecten anomalías en el suministro de cemento, estas partidas se deben almacenar por separado hasta confirmar su aceptabilidad.
--	--

Tabla 13. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos

5.5.2.- Cemento Portland para uso general

El cemento Portland para uso general a emplear se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50000.

5.5.3.- Cemento Portland con propiedades especiales

Cuando se requiera el uso de cemento con propiedades especiales, el cemento se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50001.

5.6.- Cal hidratada

5.6.1.- Características generales

Los requisitos generales que debe cumplir la cal hidratada para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 14.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La cal hidráulica empleada debe cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Debe de tener trazabilidad y llevarse un registro de la procedencia de estos.

Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ La cal hidráulica envasada se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Las cales hidráulicas de distinta marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, la cal se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si la cal estuvo almacenada en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1.000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento.
----------------	--

Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica

5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo

La cal hidratada debe ser homogénea, seca y libre de grumos provenientes de las partículas. La misma se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 1508. Asimismo, debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 15.

Ensayo	Norma	Exigencia
Granulometría	IRAM 1505	Requisitos establecidos en la Tabla 16

Tabla 15. Requisitos de la cal hidratada

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

La granulometría de la cal hidratada debe estar comprendida dentro de los límites definidos en la Tabla 16.

Ensayo	Porcentaje en peso que pasa
425 μm (N° 40)	100%
150 μm (N° 100)	>90%
75 μm (N° 200)	>75%

Tabla 16. Requisitos granulométricos de la cal hidratada

5.7.- Ligante asfáltico

El ligante asfáltico a emplear para el proceso de espumado y posterior mezclado se debe encuadrar dentro de la norma ASTM D3381.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede establecer el uso de un ligante asfáltico que no se encuadre dentro de la norma mencionada, dependiendo de las condiciones de proyecto.

En este caso, el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares debe establecer las características y requisitos a solicitar para el ligante asfáltico.

5.8.- Agua

El agua empleada para mezclar la capa de estabilizado con asfalto espumado in-situ debe cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1601.

5.9.- Aditivos

Los aditivos por emplear en el estabilizado con asfalto espumado in-situ, en el caso de emplearse, se deben presentar en Estado líquido o pulverulento.

Los aditivos en estado pulverulento deben incorporarse a la mezcla según las instrucciones indicadas por el fabricante. En caso de emplearse más de un aditivo, previo a su uso en obra, el Contratista debe verificar mediante ensayos que dichos aditivos son compatibles. Cada aditivo debe tener características y propiedades uniformes durante todo el desarrollo de la obra.

Los aditivos deben ser almacenados y conservados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferiblemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo, fecha de recepción y fecha de vencimiento.

El tipo de aditivo, como así también su dotación y forma de empleo, debe estar aprobado por el Director de Obra previo a su uso.

6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA

En casos excepcionales, y por indicación del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, la ejecución del estabilizado con asfalto espumado in-situ puede incluir también la incorporación de aditivos y/u otros.

Salvo indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el agregado de aditivos, etc., con el objetivo de alcanzar la resistencia establecida en la Tabla 18 y/o mejorar alguna característica del material, corren a cuenta y responsabilidad del Contratista; y no reciben pago directo alguno.

6.1.- Espesor de la capa

El espesor de la capa de estabilizado con asfalto espumado in-situ debe de estar establecida en la especificación técnica particular.

Al margen de ello, es recomendable que la misma se encuentre comprendida dentro del entorno de los 0,15 m a 0,30 m, de modo de garantizar una correcta homogeneización de la mezcla y posteriormente una correcta compactación de la capa.

En aquellos casos en los cuales resulte necesario incorporar agregados pétreos de aporte y/o filler activo, el espesor total de la capa debe de ser al menor superior en 0,05 m al espesor de los materiales de aporte precompactados.

6.2.- Huso granulométrico

La granulometría resultante de la mezcla o composición de las diferentes fracciones de agregados pétreos correctores, suelos, RAP y filler activo que componen la capa de estabilizado con asfalto espumado in-situ, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en el huso granulométrico definido en las Tabla 17.

Tamices	Porcentaje en peso que pasa ⁽¹⁾
50 mm (2")	100
25,4 mm (1")	75 - 100
12,7 mm (1/2")	60 - 85
4,75 mm (No 4)	40 - 70
2 mm (N°10)	25 - 50
0,42 mm (N°40)	12-28
75 µm (N°200)	5-15

Tabla 17. Husos granulométricos para estabilizado con asfalto espumado in-situ

⁽¹⁾ Si existe una diferencia entre las densidades de las fracciones utilizadas superior a 0,2 g/cm³, la distribución granulométrica debe evaluarse y ser ajustada en volumen.

6.3.- Criterios para el proceso de diseño

Los criterios por considerar en el proceso de diseño en laboratorio del estabilizado con asfalto espumado in-situ destinado a la obtención de la Fórmula de Obra, se resumen en la Tabla 18.

Ensayo		Método	Exigencia	
Relación de expansión de espuma (ER)		ANEXO A	≥ 8 veces	
Vida media de la espuma (τ _{1/2})		ANEXO A	≥ 6 seg.	
Densidad máxima seca y humedad óptima ⁽¹⁾		AASTHO T180	Determinación obligatoria	
Resistencia a tracción indirecta ⁽¹⁾	Condición seca (RTI _{seca})	ANEXO C	Clasificación por prestación	
			P1	P2
	≥ 225 KPa		≥ 150 KPa	
	≥ 125KPa		≥ 100KPa	
Ensayo triaxial ⁽¹⁾	Cohesión (C)	ANEXO D	Clasificación por prestación	
			P1	P2
	≥ 225 KPa		≥ 180 KPa	
	Ángulo de fricción (ϕ)		≥ 40 °	≥ 36 °
Cohesión retenida			≥ 75 %	≥ 70 %
Contenido máximo de cemento (respecto del peso de agregados seco)			≤ 1 %	

Tabla 18. Criterios de diseño para estabilizado con asfalto espumado in-situ

⁽¹⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al cien por ciento ($\leq 100\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir del Ensayo Proctor Modificado AASHTO T180.

6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra

La ejecución del estabilizado con asfalto espumado in-situ no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 19.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados, suelos de aporte, filler activo y mezcla de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado. Identificación, características y proporción de cada suelo de aporte. Identificación, características y proporción de filler activo. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte grueso, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.2. “Agregado de aporte grueso”. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte fino, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.3. “Agregado de aporte fino”. ❖ Ensayos realizados sobre los suelos de aporte, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.4. “Suelos de aporte”. ❖ Ensayos realizados sobre el filler activo empleado. ❖ Ensayos realizados sobre los materiales componentes combinados, como mínimo todos los contemplados en el Punto 6.2. “Huso granulométrico” y Punto 6.3. “Criterios para el proceso de diseño”.
Ligante asfáltico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción en la Fórmula de Obra aprobada y vigente, respecto de la masa total de la mezcla asfáltica (incluido el o los filleres minerales).
Humedad óptima de compactación	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Características de la espuma	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Temperatura del asfalto en el proceso de espumado, contenido de agua de inyección, relación de expansión y vida media.

Aditivos	❖ Cuando se empleen aditivos, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.
Ensayo de resistencia a tracción indirecta	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ensayo triaxial	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ajustes en el Tramo de Prueba	❖ La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	❖ Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 19. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Equipos de obra

7.1.1.- Recicladora

La máquina recicladora que se emplee en la obra debe ajustarse a los requisitos que se establecen en la Tabla 20.

Características	Requisitos
Capacidad de producción	❖ Se indica en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, en función del plan de trabajo.
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La recicladora empleada debe contar con una potencia suficiente para cortar/fresar el pavimento hasta la profundidad requerida y al mismo tiempo empujar el tren de reciclaje (camiones cisterna que suministran el ligante asfáltico y el agua). ❖ El volumen de la cámara de mezclado debe tener un tamaño tal que permita realizar las tareas de acomodamiento y mezclado del material recuperado sin inconvenientes. ❖ Las recicladoras deben tener dos sistemas de aplicación independientes controlados con barras rociadoras

	<p>separadas, una para aplicar el ligante asfáltico y la otra para aplicar agua para aumentar el contenido de humedad del material reciclado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Las recicladoras deben de contar con un sistema de control que permita gestionar adecuadamente la profundidad de corte y la inclinación transversal del mismo.
Sistema de aplicación del ligante asfáltico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El mecanismo de bombeo del ligante asfáltico debe de estar controlado por un sistema que permita ajustar la tasa de aplicación de acuerdo con el volumen de material recuperado a medida que avanza el reciclador. ❖ Debe de contar con un sistema que permita extraer el ligante asfáltico del equipo de transporte, depositarlo en las cámaras de expansión en donde se produce la espuma y aplicarlo mediante las barras rociadoras. ❖ La capacidad del sistema debe de ser adecuada para producir un suministro uniforme y consistente de betún espumado desde cada una de las cámaras de expansión. ❖ El sistema debe tener la capacidad de demostrar que está libre de bloqueos, tanto antes del inicio del trabajo como en cualquier etapa durante la operación. ❖ Además, el sistema debe estar equipado con una “boquilla de prueba” que opere bajo las mismas condiciones de temperatura y presión que la barra rociadora con la capacidad de producir una muestra representativa de betún espumado en cualquier etapa de la operación.

Tabla 20. Requisitos que deben cumplir las máquinas recicladoras

7.1.2.- Equipos para suministro del ligante asfáltico

Los equipos destinados a realizar el suministro de ligante asfáltico deben de ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 21.

Características	Requisitos
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Son preferibles las cisternas tipo semirremolques, con capacidad mínima de 15.000 litros. Al margen de ello, el tipo de cisterna adoptado debe de adecuarse a la naturaleza del proyecto y a las características del terreno.

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe de contar con un sistema de calentamiento indirecto que permita controlar la temperatura del asfalto durante el proceso constructivo. ❖ Todos los camiones cisterna deben ser inspeccionados para detectar fugas antes de acoplarlos al tren de reciclaje. Una fuga de betún o agua causa poco daño mientras el tren está en movimiento, pero puede dar lugar a manchas húmedas o esponjosas cuando el tren está parado, por ejemplo, al revisar las herramientas de corte.
--	---

Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de asfalto

7.1.3.- Equipos para suministro del agua

Los equipos destinados a realizar el suministro de agua deben de ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 22.

Características	Requisitos
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Son preferibles las cisternas tipo semirremolques, con capacidad mínima de 15.000 litros. Al margen de ello, el tipo de cisterna adoptado debe de adecuarse a la naturaleza del proyecto y a las características del terreno. ❖ Todos los camiones cisterna deben ser inspeccionados para detectar fugas antes de acoplarlos al tren de reciclaje. Una fuga de betún o agua causa poco daño mientras el tren está en movimiento, pero puede dar lugar a manchas húmedas o esponjosas cuando el tren está parado, por ejemplo, al revisar las herramientas de corte.

Tabla 22. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de agua

7.1.4.- Equipos de suministro y distribución del filler activo

Los equipos para efectuar las tareas de suministro y distribución del filler activo deben ajustarse a los requisitos que se indican en la Tabla 23.

Característica	Requisitos
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los equipos de suministro y distribución del filler activo deben de tener la capacidad de controlar de modo adecuado la aplicación de tasas de filler menores a 1 % (en peso) con la precisión requerida en la presente especificación técnica.

Tabla 23. Requisitos que debe cumplir equipos de suministro filler activo

7.1.5.- Equipos de compactación

Los equipos de compactación a emplearse en la construcción del estabilizado con asfalto espumado in-situ deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 24.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactadores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave; también deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).
Compactadores metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades en las superficies cilíndricas. ❖ Los compactadores vibratorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado u oscilado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de veinte toneladas (20 t) para la compactación primaria y diez toneladas (10 t) para la compactación secundaria (luego de la motoniveladora).
Compactador pata de cabra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).

Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación

7.2.- Ejecución de las obras

7.2.1.- Trabajos preliminares

Previo ejecución de la capa estabilizada con asfalto espumado in-situ, la superficie de apoyo se debe encontrar aprobada por la Director de Obra.

Los trabajos preliminares que deben de llevarse adelante previo al paso de a recicladora son los que se listan seguidamente.

7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente

Se deben de eliminar todos los restos de materiales sueltos y materias extrañas. Además, es necesario limpiar el agua estancada de la superficie de la carretera antes de realizar cualquier trabajo de reciclaje.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.2.1.2.- Fresado

En los casos en los cuales resulte necesario, ya sea porque estar provisto en el proyecto (y por ende contemplado en la especificación técnica particular de la obra) o por solicitud del Director de Obra cuando, se debe de realizar un prefresado de un determinado espesor de la capa asfáltica a reciclar del paquete estructural existente previamente al reciclado y estabilizado propiamente dicho. Para esta tarea se debe de utilizar una fresadora en lugar de la recicladora.

El prefresado suele ser necesario en aquellos casos en los cuales se debe de eliminar una porción del material asfáltico existente para garantizar que los niveles finales de la superficie ya reciclada cumplan con los requisitos del proyecto. También puede ser necesario el fresado previo en ciertas ocasiones en las cuales la capa asfáltica existente se encuentra en un estado muy deteriorado, por lo cual es recomendable ejecutar un fresado previo en una profundidad parcial de la capa asfáltica existente sin retirar el RAP; el objetivo de este prefresado es eliminar partículas de gran tamaño, como trozos o panes de mezcla asfáltica. Para lograr esta desintegración la profundidad del prefresado debe ser menor que el espesor de la o las capas asfálticas existentes.

7.2.1.3.- Prepulverización

Esta actividad sólo se debe considerar cuando se cumplan las siguientes condiciones, y siempre a juicio y aprobación del Director de Obra o cuando se encuentre especificado en el proyecto y por ende en la especificación técnica particular:

- ❖ Las irregularidades de la superficie son significativas en relación con la profundidad del reciclaje

o la superficie está tan deformada que el reciclador no podrá lograr una profundidad de corte constante.

- ❖ La profundidad de reciclaje incluye capas de pavimento que requieren más potencia de la que el reciclador puede entregar para disgregar el material y al mismo tiempo lograr una velocidad de avance de la recicladora consecuente con el ritmo de producción necesario del plan de trabajo.
- ❖ Cuando el material involucrado en la capa estabilizada necesita ser mezclado para lograr uniformidad. Esta situación normalmente sólo se encuentra cuando la carretera se ensanchó previamente utilizando materiales diferentes a los utilizados en el pavimento original.
- ❖ Cuando el material necesita ser modificado químicamente antes de estabilizarlo con asfalto, normalmente esto ocurre cuando es necesario emplear cal para disminuir el índice de plasticidad de los materiales que conforman la capa reciclada ($IP > 10$).

Cuando se considere necesaria una pulverización previa, se debe controlar cuidadosamente la profundidad del corte para garantizar que quede una capa fina (normalmente de 50 mm) del pavimento existente, que luego se integrará a la capa a reciclar cuando se estabilice la capa.

La capa que se encuentre alcanzada por a prepulverización debe de ser compactada luego del pulverizado, el requisito de compactación para dicha capa es alcanzar luego del paso de los equipos una densidad seca mayor o igual al 95 % de la Densidad Seca Máxima correspondiente al ensayo Proctor AASHTO T180.

Hay que tener en cuenta que el material reciclado siempre se abulta (aumenta de volumen). Este aumento de elevación debe de considerarse cuando el reciclador realiza la segunda pasada de estabilización; se debe aumentar la profundidad de corte para lograr el plano de corte correcto.

7.2.1.4.- Distribución del material corrector (agregado y/o suelo)

Algunos proyectos requieren que se utilice agregados pétreos y/o suelos correctores que permitan lograr un esqueleto granular que cumpla con los requisitos establecidos en la presente especificación técnica.

Este o estos materiales deben ser distribuidos sobre la superficie de la carretera existente antes de su reciclaje. Dicho material normalmente se transporta al sitio y se vierte desde camiones para posteriormente proceder a mezclarlo y colocarlo con una motoniveladora hasta darle la forma de superficie requerida. Luego, el material se compacta hasta un grado de compactación mínimo del 95 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 de la mezcla de materiales correctores.

Cuando la carretera existente presente una deformación transversal tal que el espesor de la capa de materiales correctores varía excesivamente, el pavimento existente debe pulverizarse previamente.

La distribución del material corrector se debe de realizar inmediatamente antes del reciclaje.

7.2.1.5.- Distribución del filler activo

El filler activo debe esparcirse con precisión sobre la superficie de la carretera inmediatamente antes de comenzar a trabajar con la recicladora.

Para evitar pérdidas debido al viento u otras perturbaciones, como dar marcha atrás al tren sobre polvo previamente esparcido, la distribución del filler activo se limita a un ancho de corte a la vez en lugar de extenderse a todo el ancho que se reciclará ese día.

Resulta deseable y recomendable realizar la distribución del filler activo mediante medios mecánicos con equipos de acuerdo con lo establecido en el Punto 7.1.4. Sin embargo, cuando no se dispone de dicho equipo, se puede realizar la aplicación mediante la distribución y apertura manual de bolsas; el cálculo de la superficie a cubrir por cada bolsa y el proceso de distribución deben de estar aprobados por el Director de Obra.

7.2.2.- Estabilizado y mezclado mediante recicladora

Antes de iniciar el proceso de estabilizado y mezclado mediante la recicladora, es necesario armar el tren de reciclado ubicando el equipo de suministro del ligante inmediatamente frente a la recicladora y el equipo de suministro de agua delante del tanque de asfalto.

Los tubos de conducción del agua y del asfalto deben de estar sujetos de manera firme para evitar arrastre. Se tiene que purgar el sistema antes de iniciar la actividad con la recicladora.

Al comenzar a reciclar, la máquina debe acelerar lo más rápido posible hasta la velocidad óptima de avance, la cual debe de estar comprendida entre los 6 m/min y los 10 m/min. Se debe de verificar en el inicio si la profundidad de reciclado es la correcta.

Se debe de verificar la calidad de la espuma de asfalto mediante el cumplimiento de los parámetros relación de expansión y vida media. La temperatura del asfalto no debe de ser inferior a 160 °C durante el proceso de espumado y nunca debe de estar por encima de los 195 °C.

Es necesario en el inicio de la actividad ajustar la cantidad de agua inyectada dado que puede diferir en +/- 0,5 % respecto de la determinada en laboratorio. Es importante comprobar siempre la calidad de la formación de espuma de cada carga de ligante asfáltico mediante la boquilla de prueba; esta comprobación es estimativa y a nivel campo, dado que el caudal y las presiones operativas de un reciclador son significativamente más altos que los de una unidad de laboratorio, por lo cual las características de formación de espuma no se pueden medir utilizando la boquilla de prueba.

Es importante verificar el funcionamiento de la barra rociadora de agua y la humedad del material detrás de la recicladora (la cual debe estar comprendida dentro del entorno del 80 % al 90 % de la humedad óptima correspondiente a la densidad máxima seca obtenida del ensayo AASHTO T180) dado que dicho parámetro es una de las variables más importantes que influye en el producto final.

7.2.3.- Compactación primaria

Inmediatamente detrás de la recicladora se debe de iniciar el proceso de compactación primaria antes del paso de la niveladora, con el objetivo de lograr una uniformidad en el grado de compactación en todo el ancho de corte de la recicladora (caso contrario el material entre las huellas de las ruedas de la recicladora presenta un grado de compactación menor que el material debajo de las huellas de las ruedas de la compactadora).

El proceso de compactación primario debe de realizarse con un compactador metálico liso funcionando en modo de vibración de alta amplitud limitando la velocidad de trabajo de estos por debajo de los 3 km/h (50 m/min). Se podrá emplear, de ser necesario, para esta etapa de la compactación un rodillo tipo pata de cabra que complemente el efecto del rodillo liso.

El número de equipos de compactación debe ser tal que permita seguir el ritmo de trabajo planteado evitando que se dé una pérdida de humedad en los casos en los cuales la velocidad de la recicladora resulte superior a la del tren de compactación.

En esta etapa es recomendable alcanzar un grado de compactación tal que la densidad seca del material e la capa resulte igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

El número de pasadas del o de los equipos de compactación empujados se debe de establecer en el tramo de prueba; dicho número de pasadas dependerá de varios factores tales como peso del rodillo, amplitud de vibración, estado del pavimento subyacente, espesor de la capa, etc.

7.2.4.- Nivelación y corte de la capa precompactada

Una vez finalizado el proceso de precompactación indicado en el Punto 7.2.3 se procede a realizar el corte y nivelación de la capa mediante el uso de una motoniveladora.

La primera tarea de la motoniveladora es volver a trabajar los 50 a 75 mm superiores de la capa para eliminar los escalones y otras deformaciones que quedan después de la compactación primaria. Antes del inicio de estas tareas es necesario que un equipo regador de agua humedezca la superficie de la capa a tratar, de modo de evitar que material suelto que es movido por la motoniveladora se sitúe sobre una

superficie seca; esto podría producir una fina capa que posteriormente se “deslamine” provocando una superficie de debilidad.

El corte de la motoniveladora debe de iniciarse en el lado superior del ancho hacia el inferior. La inclinación del corte debe ajustarse al perfil transversal del proyecto.

7.2.5.- Compactación final

Finalizadas las tareas con la motoniveladora, se procede a realizar la compactación final de la capa. Este proceso se debe de realizar utilizando un rodillo vibratorio de tambor liso, pudiendo incorporar de ser necesario un rodillo de neumáticos. Dado que el espesor de esta capa es relativamente delgado, el rodillo que se utiliza normalmente suele tener un peso del orden de las 10 t.

En esta instancia se debe de alcanzar un grado de compactación igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

De ser necesario alguna tarea extra de la motoniveladora, por ciertas imperfecciones que pueden aparecer, la misma debe de realizar el corte final desde el lado alto de la sección. Un rodillo vibratorio de tambor liso debe de seguir a la motoniveladora. A continuación, se humedece bien la superficie y se remata con el rodillo de neumáticos a una velocidad de entre 10 y 20 km/h. Mientras el rodillo neumático efectúa las pasadas, se agrega suficiente agua para generar un suave lodo (barro) que los neumáticos esparcen lateralmente, creando así un acabado superficial muy unido.

7.2.6.- Juntas transversales y longitudinales

7.2.6.1.- Juntas longitudinales

En la especificación técnica particular, o en su defecto antes de iniciar los trabajos, se debe de elaborar una planificación para la materialización de las juntas longitudinales. Esta planificación debe de estar autorizada por el Director de Obra antes del comienzo de las tareas.

El diseño de las juntas longitudinales dependerá principalmente del ancho de la sección a reciclar y del ancho de trabajo de la recicladora con la cual se van a llevar adelante las tareas.

Se debe de considerar un solapamiento mínimo entre dos fajas estabilizadas de 0,15 m. Dependiendo del caso particular (ancho a tratar y ancho de recicladora), pueden ser necesarios solapes de pasadas de más de 0,15 m; en ese caso solo se activarán los picos de las barras de suministro de agua y espuma de asfalto que permitan cumplir la premisa de solapamiento 0,15 m en la zona de junta longitudinal. De no realizar esta operatoria se estaría duplicando la dosis de agua y ligante asfáltico (con las consecuencias negativas desde el punto de vista técnico y económico) en un sector del ancho de tratamiento.

Dentro de las posibilidades de cada caso, se debe de evitar que las juntas longitudinales se materialicen dentro de la zona correspondiente a las huellas del tránsito o coincidan con las juntas longitudinales que tendrá la carpeta asfáltica o el tratamiento bituminoso que posteriormente se construya sobre la base estabilizada.

7.2.6.2.- Juntas transversales

Estas juntas generalmente corresponden con juntas de trabajo o constructivas, las cuales se constituyen en cada momento en el cual se detiene la recicladora.

El tratamiento que se le debe dar a la construcción de estas juntas depende del modelo y marca de la recicladora que se emplee en la obra, dado que existen diferencias en la gestión del arranque, especialmente en lo que respecta a los sistemas de aplicación de agua y agentes estabilizantes bituminosos.

La metodología adoptada debe ser indicada en la especificación técnica particular o propuesta por la empresa contratista y aprobada por el Director. El objetivo que se persigue lograr con la metodología constructiva propuesta para este tipo de juntas es asegurar la continuidad del tratamiento en toda la junta, obteniendo propiedades similares del material en ambos lados de esta, evitando la denominada “unión seca” (que un sector de esta quede sin la aplicación de los agentes estabilizantes, en este caso asfalto espumado) que inevitablemente resultara en una falla prematura.

7.2.7.- Curado

Al compactarse, el aumento instantáneo de la cohesión hace que las capas estabilizadas con asfalto espumado sean resistentes a los daños del tráfico. Sin embargo, permanecen vulnerables hasta que se reduce el contenido de humedad.

La resistencia a los daños causados por el tráfico se puede controlar estacionando un vehículo muy cargado, por ejemplo, un camión lleno de agua, sobre la nueva capa. Después de un período relativamente corto (< 1 hora), las ruedas se asentarán en el material, dejando hendiduras localizadas que pueden tener una profundidad de hasta 10 mm. A medida que el material se seca, esta propensión a deformarse se reduce hasta que, después de uno o dos días de clima cálido, cesa por completo. Este fenómeno debe tenerse en cuenta a la hora de planificar el cierre de carreteras. Los controles de parada/arranque deben ubicarse de manera que el tráfico diario solo pueda permanecer donde se colocó y compactó la capa al menos 24 horas antes.

Dado que las partículas en la superficie sólo se mantienen en su lugar mediante pequeños puntos de soldadura a lo largo de sus caras inferiores, las fuerzas dinámicas impartidas por cargas pesadas de neumáticos tienden a aflojar y eliminar las partículas más gruesas en la superficie.

Se recomienda por ello aplicar la capa asfáltica de base o rodamiento, previa ejecución del riego de liga correspondiente, lo antes posible para brindar protección contra el ingreso de agua y la abrasión excesiva del tráfico. Sin embargo, la superficie no debe colocarse antes de que el contenido de humedad en la nueva capa granular se haya reducido lo suficiente como para resistir el punzonado.

No es recomendable especificar un requisito de contenido de humedad en relación con el valor de humedad óptima de compactación.

El mejor indicador del contenido de humedad en una capa granular estabilizada con asfalto espumado es la estabilidad. La capa debe ser rodillada con un compactador pesado de neumáticos (o un camión cisterna de agua completamente cargado) para determinar si la capa se deforma (levanta) bajo tal carga. Si no se observa deflexión, entonces el contenido de humedad se ha reducido lo suficiente como para pavimentar y compactar de manera segura una capa asfáltica de rodamiento. Sin embargo, si se detecta movimiento, el contenido de humedad aún es demasiado alto y se debe retrasar la colocación de la superficie asfáltica para permitir que el contenido de humedad se reduzca aún más.

7.2.8.- Limpieza

El Contratista debe prestar especial atención en no afectar durante la realización de las obras la calzada existente o recién construida. Para tal efecto, todo vehículo que se retire del sector de obra debe ser sometido a una limpieza de los neumáticos, de manera tal que no marque ni ensucie tanto la calzada como la demarcación existente.

En caso de detectarse sectores de calzada manchados y/o sucios con material de obra, dentro del área de obra o fuera de ella, el Contratista debe hacerse cargo de la limpieza de estas de modo de reestablecer las condiciones iniciales.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Previo al inicio de los trabajos de manera sistemática, se debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de espumado del asfalto (dosis de agua y temperatura del asfalto), el agua de humectación, el mezclado, compactación y terminación necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente.

El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no el proceso constructivo. En el primer caso, se pueden iniciar las obras de manera sistemática. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.
- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la construcción de la capa de base estabilizada con asfalto espumado in-situ sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de estas.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN PARA COLOCACIÓN DE CAPA DE RODAMIENTO

9.1.- Temperatura de los agregados

No se debe iniciar la ejecución del estabilizado con asfalto espumado cuando:

- ❖ La temperatura de los agregados resulte inferior a 10 °C.

Cuando la temperatura del agregado resulte inferior a 10 °C pero superior a 8 °C se podrá ejecutar la construcción siempre y cuando el ligante asfáltico empleado presente características espumantes excepcionales (especialmente la vida media) y bajo la supervisión del Director de obra.

9.2.- Precipitaciones

Se debe interrumpir la ejecución de las obras cuando sea inminente la caída de precipitaciones.

9.3.- Habilitación para colocación capa de rodamiento

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares podrá fijar la condición que se debe cumplimentar para una vez concluida la construcción de la capa estabilizada con asfalto espumado in-situ se pueda colocar sobre ella una capa bituminosa.

A diferencia de las capas granulares tradicionales, en este tipo de aplicaciones no tiene sentido especificar un requisito de contenido de humedad en relación con el contenido de humedad óptima del material que conforma la capa.

El mejor indicador del contenido de humedad en una capa estabilizada con asfalto es la estabilidad. La capa debe ser sometida al paso de un rodillo pesado de neumáticos (o un camión cisterna de agua completamente cargado) para determinar si la capa se deforma o se levanta bajo tal carga:

- ❖ Si no se observa deflexión, entonces el contenido de humedad se ha reducido lo suficiente como para pavimentar y compactar de manera segura una capa de rodadura.
- ❖ Sin embargo, si se detecta movimiento, el contenido de humedad aún es demasiado alto y se debe retrasar la colocación de la superficie asfáltica para permitir que el contenido de humedad se reduzca aún más.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, del proceso de espumado del asfalto, mezclado y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de Obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el Punto 10. "Plan de Control de Calidad" del presente documento.

- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de Obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de Obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10.000 m³) de base estabilizada construida.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Control de Calidad: ensayos sobre materiales, proceso de mezclado y unidad terminada, de los diferentes lotes ejecutados en este período.

El Director de Obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El presente Plan de Control de Calidad queda complementado con lo establecido en el Punto 11. “Requisitos del proceso constructivo y de la unidad terminada” para la cantidad de muestras, condiciones de ensayo, determinación de los parámetros en estudio y demás consideraciones.

El Director de Obra puede disponer el envío de una o más muestras de cualquier material involucrado en la obra (agregados, RAP, cementos, probetas, testigos, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de Obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de Obra. Si el Director de Obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo a adoptar del parámetro considerado.

Para determinar el equipo de transporte sobre el cual efectuar el muestreo para el control de un lote de producción, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. El mismo método se debe utilizar para determinar los puntos sobre la calzada donde efectuar el control de un lote de obra (para extracción de testigos, determinación de puntos de ensayo, etc.).

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o la aprobada por el Director de Obra.

Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de Obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

10.2.- Lotes

El control del proceso de mezclado, compactación y terminado de la capa estabilizada con asfalto espumado in-situ se organiza por lotes de producción (dosificación y mezclado) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de obra

Se considera como lote de obra o lote de capa estabilizado con asfalto espumado in-situ colocada a la fracción menor que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- ❖ Una longitud menor o igual a mil metros (≤ 1.000 m) lineales de construcción, colocados en una sola capa.
- ❖ Lo ejecutado en media o una jornada de trabajo (el Director de Obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales. Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de diseño, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados

10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte gruesos es la que se indica en la Tabla 25.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes

Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coeficiente de desgaste Los Ángeles ⁽¹⁾	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Caras de fractura	IRAM 1851	Cada 30 lotes
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio ^{(2) (3)}	IRAM 1525	Cada 60 lotes
Limpieza ⁽⁴⁾	---	Cada 15 lotes

Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso

- ⁽¹⁾ En el caso de agregados “tipo basálticos”, la frecuencia de ensayo es de quince (15) días.
- ⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽⁴⁾ La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

10.3.1.2.- Agregados de aporte finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte finos es la que se indica en la Tabla 26.

Parámetro	Método	Frecuencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Cada 15 lotes
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE EN 933-9	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1520	Cada 15 lotes

Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino

- ⁽¹⁾ Cuando corresponda.

10.3.2.- Agregados provenientes del RAP

10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 27.

Parámetro	Método	Frecuencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM1703	Al presentar fórmula de obra

Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente del RAP

10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 28.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Mensual

Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente del RAP

10.3.3.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para los suelos de aporte es la que se indica en la Tabla 29.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Sulfatos	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Límite líquido	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes

Tabla 29. Plan de ensayos sobre los suelos de aporte

10.3.4.- Cementos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases de doble bolsa de 200 micrómetros y cierre con precintos plásticos) desde el camión tolva, y serán debidamente conformadas e identificadas por el Director de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas por un período de 30 días en perfecto estado de conservación. Los grupos

quedarán en poder de la Contratista y del Director de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.5.- Cal hidráulica

La frecuencia mínima de ensayos para la cal hidráulica es la que se indica en la Tabla 30.

Parámetro	Método	Frecuencia
Densidad ⁽¹⁾	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1542	Cada 15 lotes

Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

10.3.6.- Ligante asfáltico

La frecuencia mínima de ensayos para el ligante asfáltico convencional (IRAM 6835) es la que se indica en la Tabla 31.

Parámetro	Método	Frecuencia
Viscosidad rotacional a 60°C ⁽¹⁾	IRAM 6837	Cada 15 lotes
Resto de los parámetros contemplados en la Norma IRAM 6835 ^{(1) (2)}	---	Cada 60 lotes

Tabla 31. Plan de ensayos sobre el ligante asfáltico convencional

⁽¹⁾ Se debe realizar sobre una muestra representativa del tanque de almacenamiento.

⁽²⁾ El método de ensayo de cada parámetro se indica en la Norma.

10.3.7.- Aditivos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deben tomar muestras duplicadas de quinientos centímetros cúbicos (500 cm³) de cada partida de aditivo. Para ello, se deben emplear envases plásticos herméticos, sin uso previo, debidamente conformado e identificado por el Director de Obra y el Contratista, a fin de proceder a su mantenimiento en reserva por un período de treinta (30) días. Los grupos de muestras deben quedar en poder de la Contratista y del Director de Obra.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con asfalto espuma in-situ (dosificación y mezclado)

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la elaboración (dosificación y mezclado); la misma se resume en la Tabla 32.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Humedad óptima	AASTHO T180	Cada lote de obra
Densidad máxima seca	AASTHO T180	Cada lote de obra
Granulometría	IRAM 1501 IRAM 1505	Cada lote de obra
Contenido de ligante asfáltico	⁽¹⁾	Cada lote de obra
Dotación de filler activo	⁽²⁾	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI _{SECA}) ⁽³⁾	ANEXO C	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI _{HUMEDA}) ⁽³⁾	ANEXO C	Cada 5 lotes de obra

Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración

⁽¹⁾ La metodología se detalla en el Punto 11.1.2. “Contenido de ligante asfáltico (lote de obra)”.

⁽²⁾ La metodología se detalla en el Punto 11.1.3. “Dotación de filler activo (lote de obra)”.

⁽³⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida en el ensayo AASHTO T180.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada. Los mismos se resumen en la Tabla 33.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Determinación del ancho	---	Cada 100 m
Evaluación visual superficial ⁽¹⁾	---	Cada lote de obra
Grado de compactación ^{(2) (3)}	VN-E8-66	Cada lote de obra
Humedad	IRAM 10519	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra

Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada

- ⁽¹⁾ Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.
- ⁽²⁾ La verificación del grado de compactación debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas luego de finalizado el proceso de compactación.
- ⁽³⁾ El empleo del densímetro nuclear o densímetro eléctrico debe ser aprobado por el Director de Obra; asimismo el uso de estos debe ser contemplado sólo para aquellos casos en los que se haya correlacionado el método el Tramo de Prueba, y en que la granulometría informada en la Fórmula de Obra así lo permita.

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra)

11.1.1.- Granulometría (lote de obra)

Para la determinación de la granulometría del lote de obra en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de la parte trasera de la recicladora, es decir, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera granulometría media del esqueleto granular al promedio de las granulometrías obtenidas en los ensayos realizados sobre el lote de obra en estudio.

La granulometría media de los agregados debe cumplir con las tolerancias admisibles, respecto a la granulometría de la Fórmula de Obra vigente, indicadas en la Tabla 34.

Sin perjuicio de lo anterior, la granulometría media de la capa estabilizada, con sus tolerancias, bajo ningún concepto puede salirse por fuera del huso granulométrico establecido en el Punto 6.2 “Huso granulométrico”.

50 mm (2")	25,4 mm (1")	12,7 mm (1/2")	4,75 um (N° 4)	2 mm (N° 10)	0,42 mm (N° 40)	75 um (N° 200)
+/- 6 %	+/- 5 %	+/- 5 %	+/- 4 %	+/- 4 %	+/- 3 %	+/- 2 %

Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

Para la determinación del contenido de ligante asfáltico del lote de obra de la mezcla reciclada y estabilizada, se debe de efectuar el cálculo de la cantidad de cemento asfáltico utilizado en la construcción del lote de obra en estudio.

Para ello, una vez finalizados los trabajos de reciclaje del lote de obra, se debe determinar el consumo de cemento asfáltico a partir de realizar pesadas (antes del inicio de las tareas y al finalizar las mismas) en una báscula calibrada del equipo de suministro del ligante asfáltico.

Luego con los valores del ancho del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.3), espesor del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.2), densidad máxima seca del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.1) y la cantidad de cemento asfáltico consumido se debe calcular el contenido de ligante asfáltico del lote en estudio.

El contenido medio de ligante asfáltico del material que conforma la capa estabilizada del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas porcentuales ($\pm 0,5 \%$) respecto del contenido de cemento asfáltico correspondiente a la Fórmula se Obra aprobada y vigente.

11.1.3.- Dotación de filler activo

Para la determinación de la dotación de filler activo aplicado (cal hidratada o cemento), la metodología de control depende del sistema de distribución.

Si la distribución se realiza mediante un equipo para tal fin, se debe emplear como método de control el “parche de lona”, el cual consiste en disponer sobre la superficie a cubrir no menos de tres lonas de 1 m² de superficie. La ubicación de estas sobre la superficie a tratar debe ser de manera aleatoria, según lo indicado en el Punto 10.1. “Generalidades”. En cada uno de estos elementos o parches se debe determinar la dotación de filler activo en kg/m², adoptando como dotación media de filler activo el lote de obra en estudio al promedio de dichos valores individuales.

Cuando la distribución del filler activo se realice manualmente mediante bolsas, se cuenta el número de bolsas abiertas y esparcidas en una determinada área del lote de obra en estudio. Luego, el peso de filler activo que se esparció se divide por el área en el cual se encontraban las bolsas contadas, obteniendo la dotación de filler activo del lote de obra en kg/m².

La dotación media de filler activo del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas porcentuales ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Dotación de filler activo correspondiente a la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición seca de la capa estabilizada con asfalto espumado se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa estabilizada; muestra que deberá ser tomada en la zona detrás de la recicladora.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio debe verificar el requisito establecido en el Punto 6.3 de la presente especificación.

11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición húmeda del estabilizado con asfalto espumado se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa estabilizada; muestra que deberá ser tomada en la zona detrás de la recicladora.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado, acondicionamiento en agua y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio debe verificar el requisito establecido en el Punto 6.3 de la presente especificación.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

Se deben determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, cinco o más (≥ 5) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad seca del material compactado. La determinación de la densidad seca debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas desde que se finaliza la compactación de la capa.

La determinación de los puntos a evaluar sobre la superficie del lote de obra se debe efectuar según lo descrito en el Punto 10.1. “Generalidades”.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 35.

Valor medio de densidad seca ≥ 100 %
Valor individual de densidad seca ≥ 98 % ⁽¹⁾

Tabla 35. Requisitos de densidad seca de caca compactada

⁽⁴⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

11.2.2.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor del estabilizado con asfalto espumado in-situ se puede hacer sobre los puntos empleados para cumplimentar el Punto 11.2.1. “Grado de compactación (lote de obra)”.

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimétrica. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores de los testigos del lote de obra resulte inferior al cinco por ciento (5 %).

11.2.3.- Ancho (cada 100 m)

La determinación del ancho de la capa se debe verificar en perfiles transversales cada cien metro (100 m).

El ancho de cada capa considerada en ningún caso debe ser inferior al ancho teórico indicado en los Planos de Proyecto.

11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual de la superficie del lote de obra, o de un área parcial del mismo, debe mostrar homogeneidad y no se debe observar ningún tipo de segregación, desprendimiento, manchas de suelos cohesivos, o ningún otro defecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo se aplican sobre los lotes definidos en el *Punto 10.2. "Lotes"*.

En todos los casos en que se rechace un lote o zonas puntuales con problemas superficiales por segregaciones, todos los costos asociados a la remediación de la situación (remoción, tratamiento de los productos generados de la demolición, reposición de la capa, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra)

12.1.1.- Granulometría (lote de obra)

La aceptación del lote de obra en relación con la granulometría se da si se cumple lo establecido en el Punto 11.1.1. "Granulometría (lote de obra)".

Si, con la excepción de un tamiz de control, la granulometría media cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el Punto 11.1.1. "Granulometría (lote de obra)", y este tamiz se encuadra dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote de obra.

Si, con dos o más tamices de control, la granulometría media de los agregados no cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el Punto 11.1.1. "Granulometría (lote de obra)", pero se encuadran dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote en estudio con un descuento del cinco por ciento (5 %).

37,5 mm (1 1/2")	9,5 mm (3/4")	4,75mm (N°4)	75 um (N°200)
+/- 9 %	+/- 8 %	+/- 6 %	+/- 4 %

Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

Si la granulometría media de los agregados no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio, teniendo el Contratista que proceder, excepto indicación contraria

del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con este último ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

El contenido de ligante asfáltico del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.2. “Contenido de ligante asfáltico (lote de obra)”.

Si el contenido medio de ligante asfáltico del lote de obra en estudio no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,5 \%$) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos siete décimas por ciento ($\pm 0,70 \%$), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la capa estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si el contenido medio de ligante asfáltico no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.3.- Dotación de filler activo

La dotación de filler activo del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.3. “Dotación de filler activo (lote de obra)”.

Si la dotación media de filler activo del lote de obra no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas por ciento ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,50 \%$), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la capa estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si la dotación media de filler activo del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La resistencia media a tracción indirecta en condición seca del lote en estudio del estabilizado con asfalto espumado in-situ debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.1.4. "Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})"*.

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.4 pero resulta superior a 150 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición seca no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca ($RTI_{HÚMEDA}$)

La resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda del lote en estudio del estabilizado con asfalto espumado in-situ debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.1.5. "Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda ($RTI_{HÚMEDA}$)"*.

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.5 pero resulta superior a 75 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación del lote del estabilizado con asfalto espumado in-situ debe cumplimentar lo establecido en el Punto 12.2.1. "Grado de compactación (lote de obra)".

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el Punto 12.2.1. "Grado de compactación (lote de obra)" pero se verifica lo establecido en la Tabla 37, se acepta el lote de obra, pero corresponde un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra en estudio.

Valor medio de densidad seca $\geq 98 \%$

Valor individual de densidad seca $\geq 96\%$ ⁽¹⁾
--

Tabla 37. Requisitos de densidad seca

- ⁽⁵⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

Si la densidad media del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa.

12.2.2.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.2. “Espesor (lote de obra)”.

Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumplimenta que el coeficiente de variación es mayor al veinte por ciento (20 %) y menor al veinticinco por ciento (25 %), se acepta el lote de obra con una penalidad (descuento) del cinco por ciento (5 %).

Si el espesor medio del lote de obra es inferior al espesor de proyecto o el coeficiente de variación es mayor al ocho por ciento (25 %), se rechaza el lote.

En este caso el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa; o, previa autorización y aprobación del Director de Obra, arbitrar los medios necesarios sobre la capa rechazada para reparar el defecto, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Esto es posible si la capa resultante cumple con el resto de los requisitos de los establecidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.

12.2.3.- Ancho (cada 100 m)

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.3. “Ancho (cada 100 m)” de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.4. “Evaluación visual de la superficie (lote de obra)”.

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación

contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y reposición de la capa rechazada.

13.- MEDICIÓN

La ejecución de las capas consideradas en el presente documento se mide en metros cuadrados (m²) ejecutados. Los valores surgen del producto entre la longitud del lote ejecutado por su ancho.

Al área resultante se le debe aplicar, si los hubiese, los descuentos por penalidades o bonos adicionales; estos son acumulativos.

14.- FORMA DE PAGO

Los insumos, su transporte, la ejecución, compactación y terminación del estabilizado con asfalto espumado in-situ se paga por metro cuadrado terminado, medida en la forma establecida en el Punto 13. “Medición”, a los precios unitarios de contrato para los ítems respectivos.

Estos precios son compensación total por las siguientes tareas:

- ❖ Barrido y soplado de la superficie a recubrir.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados y suelos.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del filler activo y adiciones minerales.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del cemento asfáltico.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del agua de mezclado.
- ❖ El proceso de dosificación, mezclado y distribución de la capa estabilizada.
- ❖ Los procesos involucrados en la compactación, terminación y curado de la capa estabilizada.
- ❖ Las posibles correcciones de los defectos constructivos.
- ❖ La señalización y conservación de los desvíos durante la ejecución de los trabajos.
- ❖ Todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación del ítem según lo especificado.

No se abonan los sobreanchos, los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes, ni los aumentos de espesor por correcciones superficiales.

14.- CONSERVACIÓN

La conservación de cada una de las capas contempladas en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Si el deterioro de alguna de las capas ejecutadas afectara la calzada, bases, capas intermedias y/o subrasante, el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas, como así también de depresiones, de baches aislados y de pequeñas superficies se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

ÍNDICE

Sección 3.D2 – Capas Estabilizadas con asfalto espumado en planta

ÍNDICE DE TABLAS.....	5
1.- DESCRIPCIÓN	6
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.....	6
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA.....	6
3.1. Definición de RAP.....	6
3.2. Asfalto espumado	6
3.3.- Nomenclatura para capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante asfalto espumado.....	7
4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN.....	7
5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES.....	8
5.1.- Agregados de aporte.....	8
5.1.1.- Características generales	8
5.1.2.- Agregado grueso.....	9
5.1.2.1.- Definición de agregado grueso	9
5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso	9
5.1.3.- Agregado fino virgen.....	11
5.1.3.1.- Definición de agregado fino.....	11
5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen.....	11
5.2.- RAP.....	12
5.2.1.- Características generales	12
5.2.2.- Agregado grueso proveniente del RAP	13
5.2.2.1. Definición de agregado grueso	13
5.2.2.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP.....	14
5.2.3. Agregado fino proveniente del RAP.....	14
5.2.3.1. Definición de agregado fino	14
5.2.3.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP.....	14
5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular	14
5.4.- Suelos de aporte.....	15
5.4.1.- Características generales.....	15
5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte.....	16

5.5.- Cementos	16
5.5.1.- Características generales.....	16
5.5.2.- Cemento Portland para uso general.....	17
5.5.2.- Cemento Portland con propiedades especiales	17
5.6.- Cal hidratada	18
5.6.1.- Características generales.....	18
5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo	19
5.7.- Ligante asfáltico.....	19
5.8.- Agua.....	19
5.9.- Aditivos.....	20
 6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA.....	 20
6.1.- Espesor de la capa	20
6.2.- Huso granulométrico	21
6.3.- Criterios para el proceso de diseño	21
6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra	22
 7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	 24
7.1.- Equipos de obra.....	24
7.1.1.- Tanques de almacenamiento del ligante asfáltico.....	24
7.1.2.- Planta de mezcla en frío.....	24
7.1.3.- Equipos de distribución.....	26
7.1.4.- Equipos de compactación	26
7.2.- Ejecución de las obras.....	27
7.2.1.- Preparación de la superficie de apoyo	27
7.2.2.- Proceso de elaboración del material granular	28
7.2.2.1.- Alimentación de los agregados	28
7.2.2.2.- Alimentación del RAP.....	28
7.2.2.3.- Carga en los equipos de transporte.....	28
7.2.3.- Transporte del material estabilizado	28
7.2.4.- Colocación.....	29
7.2.5.- Compactación primaria.....	29
7.2.6.- Compactación final.....	30
7.2.7.- Juntas transversales y longitudinales.....	30
7.2.7.1.- Juntas longitudinales.....	30
7.2.7.2.- Juntas transversales.....	31
7.2.8.- Curado.....	31

7.2.9.- Limpieza	32
8.- TRAMO DE PRUEBA	32
9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN	33
9.1.- Temperatura de los agregados	33
9.2.- Precipitaciones.....	34
10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	34
10.1.- Generalidades	34
10.2.- Lotes	35
10.2.1.- Definición de lote de producción	35
10.2.2.- Definición de lote de obra	36
10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales	36
9.3.1.- Agregados	36
10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos	36
10.3.1.2.- Agregados de aporte finos	37
10.3.2.- Agregados provenientes del RAP	37
10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP	37
10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP	38
10.3.3.- Suelos de aporte	38
10.3.4.- Cementos	38
10.3.5.- Cal hidráulica	38
10.3.6.- Ligante asfáltico	39
10.3.7.- Aditivos.....	39
10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con asfalto espuma en planta (dosificación y mezclado).....	39
10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada	40
11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA.....	41
11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción).....	41
11.1.1.- Granulometría (lote de producción).....	41
11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico	41
11.1.3.- Dotación de filler activo	42
11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})	42
11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA}).....	43
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)	43

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	43
11.2.2.- Espesor (lote de obra).....	44
11.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	44
10.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)	44
12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO	44
12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)	44
12.1.1.- Granulometría (lote de producción).....	44
12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico	45
12.1.3.- Dotación de filler activo	45
12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})	46
12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{HUMEDA})	46
12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	47
12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	47
12.2.2.- Espesor (lote de obra).....	47
12.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	48
12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)	48
13.- MEDICIÓN	48
14.- FORMA DE PAGO	48
15.- CONSERVACIÓN.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación	6
Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con asfalto espumado en planta.....	7
Tabla 3. Índices de prestación.....	7
Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.....	9
Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos.....	10
Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos “tipo basálticos”	11
Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.....	12
Tabla 8. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio del RAP	13
Tabla 9. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP	14
Tabla 10. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP.....	14
Tabla 11. Requisitos del esqueleto granular	14
Tabla 12. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte.....	16
Tabla 13. Requisitos de los suelos de aporte	16
Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos.....	17
Tabla 15. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica	18
Tabla 16. Requisitos de la cal hidratada	19
Tabla 17. Requisitos granulométricos de la cal hidratada.....	19
Tabla 18. Husos granulométricos para estabilizado con asfalto espumado en planta.....	21
Tabla 19. Criterios de diseño para estabilizado con asfalto espumado en planta.....	22
Tabla 20. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra.....	23
Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los tanques de almacenamiento de los ligantes asfálticos.....	24
Tabla 22. Requisitos que deben cumplir las plantas	26
Tabla 23. Requisitos que debe cumplir el equipo de distribución y colocación	26
Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación	27
Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso	37
Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino	37
Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente del RAP	38
Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente del RAP	38
Tabla 29. Plan de ensayos sobre los suelos de aporte.....	38
Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica.....	39
Tabla 31. Plan de ensayos sobre el ligante asfáltico convencional.....	39
Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.....	40
Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	40
Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados.....	41
Tabla 35. Requisitos de densidad seca de caca compactada.....	43
Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados.....	45
Tabla 37. Requisitos de densidad seca	47

1.- DESCRIPCIÓN

Esta sección comprende a la construcción de material estabilizado en planta mediante asfalto espumado consiste en una mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de una carpeta asfáltica existente (RAP), agregados de aporte, suelo de aporte, cemento, agua y un ligante asfáltico en forma de espuma, dosificada y mezclada en una planta fija diseñada para tal fin, transportada, colocada, compactada y curada convenientemente para ser utilizada como capa estructural en pavimentos.

Las cantidades de betún residual en la estabilización no suelen exceder el 2,5% (expresado en peso) del agregado seco. En la mayoría de las situaciones, también se agrega a la mezcla un filler activo que puede ser cemento o cal hidratada; la adición de cemento nunca debe exceder el 1%.

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1. Definición de RAP

Se define como RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) en la presente especificación técnica a todo material proveniente del fresado de una capa asfáltica. El RAP está compuesto por agregados pétreos cubiertos de un ligante asfáltico que ha experimentado cambios en su comportamiento reológico durante su vida en servicio.

3.2. Asfalto espumado

El asfalto espumado se produce inyectando una pequeña cantidad de agua a un ligante asfáltico cuya temperatura debe de estar en el entorno de los 160 °C. El agua cambia instantáneamente de estado

líquido a vapor, expandiéndose unas 1.500 veces a presión atmosférica produciendo una masa de burbujas (espuma) que son finas películas de betún que rodean el vapor de agua.

La espuma es inestable y se colapsa en menos de un minuto. El proceso de espumado se lleva adelante en una cámara de expansión, las cuales están constituidas por tubos de acero de paredes gruesas, de aproximadamente 50 mm de profundidad y diámetro, en los que se inyecta el asfalto caliente, agua y aire a una presión del orden de 3 bares.

3.3.- Nomenclatura para capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante asfalto espumado

A continuación, se resume en la Tabla 2, el sistema de designación para estabilizados con asfalto espumado en planta que se utiliza a lo largo de la presente especificación técnica general.

EA-ES-EP

Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con asfalto espumado en planta

Donde:

EA-ES-EP: Estabilizado con asfalto espumado en planta (también denominado BSM- Foam)

4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN

Los requisitos de los materiales componentes, de las mezclas elaboradas, como así también de la calidad final de la capa, se encuentran diferenciados en la presente especificación técnica de acuerdo con el índice de prestación adoptado para cada proyecto.

El índice de prestación debe ser indicado en la especificación técnica particular, si así no ocurriese se debe de adoptar el índice de prestación P1.

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los dos (2) índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (IP)	P1	P2
---------------------------	----	----

Tabla 3. Índices de prestación

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados de aporte

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los agregados de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos. ❖ Deben provenir de rocas sanas y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin que se verifique segregación. ❖ Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m). El terreno debe

	<p>tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.
--	--

Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados

5.1.2.- Agregado grueso

5.1.2.1.- Definición de agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas estabilizadas con asfalto espumado, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas estabilizadas con asfalto espumado, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

El agregado grueso será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria
Índice de lajas	IRAM 1687-1	≤40

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles” ⁽¹⁾	IRAM 1532	≤35
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No Plástico
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Recomendado ⁽²⁾
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1533	Determinación obligatoria
Caras de fractura	IRAM 1851	El 90 % de las partículas debe tener al menos una cara de fractura
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio	IRAM 1525	Recomendado ^{(2) (3)}

Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos

⁽¹⁾ Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla 6.

⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
--------	-------	-----------

Coeficiente de desgaste "Los Ángeles"	IRAM 1532	≤ 25
--	-----------	-----------

Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos "tipo basálticos"

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos dependen del índice de prestación. Los mismos se establecen en la Tabla 7.

El agregado fino debe ser por lo general de una única procedencia y naturaleza. En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 7.

Los agregados finos que emplear en la construcción de capas granulares cementadas recicladas in-situ no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste "Los Ángeles"	IRAM 1532	La fracción gruesa de la cual proviene el agregado fino debe cumplir las exigencias de la Tabla 5 y Tabla 6 (si corresponde) para el Coeficiente de desgaste Los Ángeles.
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 40
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.

Ensayo	Norma	Exigencia
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. Requisitos de los agregados finos

⁽¹⁾ El Índice de Azul de Metileno se debe hacer sólo en caso de que el Ensayo de Equivalente de Arena arroje un resultado menor a cincuenta por ciento (<40 %) y mayor o igual cuarenta por ciento (≥ 30 %).

5.2.- RAP

5.2.1.- Características generales

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades o requisitos adicionales cuando se vaya a emplear RAP cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requiera.

El RAP por incorporar debe tener un tamaño máximo menor o igual a treinta milímetros (≤ 30 mm), o el que establezca el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

Los requisitos generales que debe cumplir el RAP para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 8.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El RAP debe provenir de mezclas asfálticas, ya sea del pavimento existente en la obra a rehabilitar o de un acopio de otro origen. El mismo debe cumplir con las exigencias de la presente especificación técnica. ❖ El RAP debe tener trazabilidad vinculada con la procedencia de este. ❖ El agregado pétreo del RAP debe provenir de rocas sanas y no debe ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cada fracción se debe identificar y acopiar en forma separada, de acuerdo con criterios basados en el tamaño máximo, origen del RAP o tipos de mezclas asfálticas.

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El número mínimo de fracciones debe ser de uno (1). El Director de Obra puede exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario, para cumplir las tolerancias exigidas en el Punto 5.2. “Husos granulométricos”. ❖ Cada fracción de RAP se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. ❖ Los acopios se deben disponer sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m). ❖ El terreno debe tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje. Es recomendable que los acopios de RAP se mantengan cubiertos (al resguardo de las lluvias), permitiendo la circulación de aire. ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de RAP, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia del RAP, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. ❖ El tiempo de almacenamiento en acopio del RAP debe ser el mínimo posible, para evitar que el contenido de humedad del RAP aumente excesivamente, de todas maneras, dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a siete (7) días de trabajo con la producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.
--	--

Tabla 8. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio del RAP

5.2.2.- Agregado grueso proveniente del RAP

5.2.2.1. Definición de agregado grueso

Se define como agregado grueso, la parte del agregado total retenida en el tamiz 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.2.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

Los requisitos por cumplir para los agregados gruesos recuperados del RAP se establecen en la Tabla 9. Cualquier otro requisito puede ser solicitado en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM1703	Determinación obligatoria.

Tabla 9. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP

5.2.3. Agregado fino proveniente del RAP

5.2.3.1. Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz IRAM 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.3.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP

Los requisitos sobre el agregado fino recuperado del RAP se establecen en la Tabla 10. Se pueden establecer requisitos adicionales en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 35

Tabla 10. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP

5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular

La mezcla de las diferentes fracciones de agregados que componen el esqueleto granular debe cumplir las prescripciones de la Tabla 11.

Parámetro	Norma	Exigencia
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μm ⁽¹⁾	IRAM 10501	≤ 6

Tabla 11. Requisitos del esqueleto granular

⁽¹⁾ Al momento de efectuar la mezcla de componentes en las proporciones participantes, se deben de considerar los espesores y las densidades in-situ de los materiales provenientes de las capas existentes

en el pavimento a reciclar.

5.4.- Suelos de aporte

El Director de Obra puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear suelos de aporte cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran.

5.4.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 12.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica.
Resistencia, durabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa granular no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa granular, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. ❖ Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el Punto 5.4.2. "Requisitos de los Suelos de aporte". ❖ Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas. ❖ Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista.

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada. ❖ No se permite el uso de suelos de aporte que provengan de acopios congelados, o que contengan hielo.
--	---

Tabla 12. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte

5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte

Los requisitos para cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 13. Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza.

En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 13.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	VN-E18-89	< 1,2 %
Sulfatos	VN-E18-89	< 0,3 %
Límite líquido	IRAM 10501	≤ 35
Índice de plasticidad	IRAM 10501	≤ 10
Granulometría	IRAM 1505	Determinación obligatoria

Tabla 13. Requisitos de los suelos de aporte

5.5.- Cementos

5.5.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los cementos para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 14.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los cementos deben cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Los cementos deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos.

Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los materiales aglomerantes deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ El cemento envasado se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Los cementos de distinto tipo, marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, el cemento se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si el cemento estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1.000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento. ❖ Cuando se detecten anomalías en el suministro de cemento, estas partidas se deben almacenar por separado hasta confirmar su aceptabilidad.
----------------	--

Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos

5.5.2.- Cemento Portland para uso general

El cemento Portland para uso general a emplear se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50000.

5.5.2.- Cemento Portland con propiedades especiales

Cuando se requiera el uso de cemento con propiedades especiales, el cemento se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50001.

5.6.- Cal hidratada

5.6.1.- Características generales

Los requisitos generales que debe cumplir la cal hidratada para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 15.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La cal hidráulica empleada debe cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Debe de tener trazabilidad y llevarse un registro de la procedencia de estos.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ La cal hidráulica envasada se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Las cales hidráulicas de distinta marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, la cal se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si la cal estuvo almacenada en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento.

Tabla 15. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica

5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo

La cal hidratada debe ser homogénea, seca y libre de grumos provenientes de las partículas. La misma se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 1508. Asimismo, debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 16.

Ensayo	Norma	Exigencia
Granulometría	IRAM 1505	Requisitos establecidos en la Tabla 17

Tabla 16. Requisitos de la cal hidratada

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

La granulometría de la cal hidratada debe estar comprendida dentro de los límites definidos en la Tabla 17.

Ensayo	Porcentaje en peso que pasa
425 μm (N° 40)	100%
150 μm (N° 100)	>90%
75 μm (N° 200)	>75%

Tabla 17. Requisitos granulométricos de la cal hidratada

5.7.- Ligante asfáltico

El ligante asfáltico a emplear para el proceso de espumado y posterior mezclado se debe encuadrar dentro de la norma ASTM D3381.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede establecer el uso de un ligante asfáltico que no se encuadre dentro de la norma mencionada, dependiendo de las condiciones de proyecto.

En este caso, el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares debe establecer las características y requisitos a solicitar para el ligante asfáltico.

5.8.- Agua

El agua empleada para mezclar la capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante asfalto espumado debe cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1601.

5.9.- Aditivos

Los aditivos por emplear en el estabilizado con asfalto espumado in-situ, en el caso de emplearse, se deben presentar en Estado líquido o pulverulento.

Los aditivos en estado pulverulento deben incorporarse a la mezcla según las instrucciones indicadas por el fabricante. En caso de emplearse más de un aditivo, previo a su uso en obra, el Contratista debe verificar mediante ensayos que dichos aditivos son compatibles. Cada aditivo debe tener características y propiedades uniformes durante todo el desarrollo de la obra.

Los aditivos deben ser almacenados y conservados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferiblemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo, fecha de recepción y fecha de vencimiento.

El tipo de aditivo, como así también su dotación y forma de empleo, debe estar aprobado por el Director de Obra previo a su uso.

6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA

En casos excepcionales, y por indicación del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, la ejecución del estabilizado con asfalto espumado en planta puede incluir también la incorporación de aditivos y/u otros.

Salvo indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el agregado de aditivos, etc., con el objetivo de alcanzar la resistencia establecida en la Tabla 19 y/o mejorar alguna característica del material, corren a cuenta y responsabilidad del Contratista; y no reciben pago directo alguno.

6.1.- Espesor de la capa

El espesor de la capa de estabilizado con asfalto espumado en planta debe de estar establecida en la especificación técnica particular.

Al margen de ello, es recomendable que la misma se encuentre comprendida dentro del entorno de los 0,15 m a 0,30 m, de modo de garantizar una correcta homogeneización de la mezcla y posteriormente una correcta compactación de la capa.

En aquellos casos en los cuales resulte necesario incorporar agregados pétreos de aporte y/o filler activo, el espesor total de la capa debe de ser al menor superior en 0,05 m al espesor de los materiales de aporte precompactados.

6.2.- Huso granulométrico

La granulometría resultante de la mezcla o composición de las diferentes fracciones de agregados pétreos correctores, suelos, RAP y filler activo que componen el estabilizado con asfalto espumado en planta, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en el huso granulométrico definido en la Tabla 18.

Tamices	Porcentaje en peso que pasa (%)
50 mm (2")	100
25,4 mm (1")	75 - 100
12,7 mm (1/2")	60 - 85
4,75 mm (No 4)	40 - 70
2 mm (N°10)	25 - 50
0,42 mm (N°40)	12 - 28
75 µm (N°200)	5 - 15

Tabla 18. Husos granulométricos para estabilizado con asfalto espumado en planta

- ⁽¹⁾ Si existe una diferencia entre las densidades de las fracciones utilizadas superior a 0,2 g/cm³, la distribución granulométrica debe evaluarse y ser ajustada en volumen.

6.3.- Criterios para el proceso de diseño

Los criterios por considerar en el proceso de diseño en laboratorio del estabilizado con asfalto espumado en planta destinado a la obtención de la Fórmula de Obra, se resumen en la Tabla 19.

Ensayo		Método	Exigencia	
Relación de expansión de espuma (ER)		ANEXO A	≥ 8 veces	
Vida media de la espuma ($\tau_{1/2}$)		ANEXO A	≥ 6 seg.	
Densidad máxima seca y humedad óptima ⁽¹⁾		AASTHO T180	Determinación obligatoria	
Resistencia a tracción indirecta ⁽¹⁾	Condición seca (RTI _{seca})	ANEXO C	Clasificación por prestación	
			P1	P2
	≥ 225 KPa		≥ 150 KPa	
	≥ 125KPa		≥ 100KPa	
Ensayo triaxial ⁽¹⁾	Cohesión (C)	ANEXO D	Clasificación por prestación	

			P1	P2
			≥ 225 KPa	≥ 180 KPa
	Ángulo de fricción (ϕ)		$\geq 40^\circ$	$\geq 36^\circ$
	Cohesión retenida		$\geq 75\%$	$\geq 70\%$
Contenido máximo de cemento (respecto del peso de agregados seco)			$\leq 1\%$	

Tabla 19. Criterios de diseño para estabilizado con asfalto espumado en planta

- ⁽¹⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir del Ensayo Proctor Modificado AASHTO T180.

6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra

La ejecución del estabilizado con asfalto espumado en planta no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 20.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados, suelos de aporte, filler activo y mezcla de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado. Identificación, características y proporción de cada suelo de aporte. Identificación, características y proporción de filler activo. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte grueso, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.2. “Agregado de aporte grueso”.

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte fino, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.3. "Agregado de aporte fino". ❖ Ensayos realizados sobre los suelos de aporte, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.4. "Suelos de aporte". ❖ Ensayos realizados sobre el filler activo empleado. ❖ Ensayos realizados sobre los materiales componentes combinados, como mínimo todos los contemplados en el Punto 6.2. "Huso granulométrico" y Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ligante asfáltico	❖ Identificación, características y proporción en la Fórmula de Obra aprobada y vigente, respecto de la masa total de la mezcla asfáltica (incluido el o los filleres minerales).
Humedad óptima de compactación	❖ Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	❖ Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Características de la espuma	❖ Temperatura del asfalto en el proceso de espumado, contenido de agua de inyección, relación de expansión y vida media.
Aditivos	❖ Cuando se empleen aditivos, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.
Ensayo de resistencia a tracción indirecta	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ensayo triaxial	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ajustes en el Tramo de Prueba	❖ La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	❖ Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 20. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Equipos de obra

7.1.1.- Tanques de almacenamiento del ligante asfáltico

Los ligantes asfálticos se deben almacenar en tanques que se ajusten a los requisitos que se establecen en la Tabla 21.

Características	Requisitos
Tanques de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los tanques de almacenamiento de los ligantes asfálticos deben ser, preferiblemente, cilíndricos y verticales y estar térmicamente aislados entre sí y el medio ambiente. ❖ El tanque de almacenamiento debe tener un sistema de calentamiento que permita mantener la temperatura de almacenamiento del ligante asfáltico dentro del entorno indicado por el proveedor del ligante. ❖ Los tanques de almacenamiento deben disponer de un sistema de recirculación. Para el caso de los asfaltos modificados, es deseable contar con un sistema de agitación. ❖ Todas las tuberías directas y bombas, utilizadas para el traspaso del ligante asfáltico desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento, y de éste al mezclador de la planta o mezclado, deben estar dotados de un sistema que permita la perfecta limpieza y barrido de los conductos después de cada jornada de trabajo.

Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los tanques de almacenamiento de los ligantes asfálticos

7.1.2.- Planta de mezcla en frío

Las capas estabilizadas con asfalto espumado se deben fabricar en plantas que se ajusten a los requisitos que se establecen en la Tabla 22.

Características	Requisitos
Capacidad de producción	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se indica en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, en función del plan de trabajo.
Alimentación de agregados	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe contar con una cantidad de silos de dosificación en frío al menos igual al número de fracciones de los agregados que componen la Fórmula de Obra aprobada y vigente. ❖ La planta debe contar con dispositivos que eviten la contaminación

	de las distintas fracciones entre tolvas al momento de efectuar la alimentación de estas.
Alimentación de agua	❖ La planta debe de contar con un tanque de agua integrado con capacidad suficiente para permitir la operación continua de la planta.
Alimentación y almacenamiento del Filler de aporte	❖ Debe contar con un sistema de almacenamiento y adición controlado.
Alimentación y almacenamiento de cal	❖ Debe contar con un sistema de almacenamiento y adición controlado.
Mezclado	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe posibilitar la obtención de una mezcla homogénea, con las proporciones ajustadas a la respectiva Fórmula de Obra aprobada y vigente. ❖ Debe de contar con un mezclador tipo pugmill o similar de doble eje con potencia suficiente para mezclar el material con un rendimiento que permita una producción mínima de 100 T/h..
Sistema de formación y alimentación de asfalto espumado	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El mecanismo de bombeo del ligante asfáltico debe de estar controlado por un sistema que permita ajustar la tasa de aplicación de acuerdo con la producción horaria de la planta. ❖ Debe de contar con un sistema que permita extraer el ligante asfáltico del tanque de almacenamiento, depositarlo en las cámaras de expansión en donde se produce la espuma y aplicarlo mediante las barras rociadoras. ❖ La capacidad del sistema debe de ser adecuada para producir un suministro uniforme y consistente de betún espumado desde cada una de las cámaras de expansión. ❖ El sistema debe tener la capacidad de demostrar que está libre de bloqueos, tanto antes del inicio del trabajo como en cualquier etapa durante la operación. ❖ Además, el sistema debe estar equipado con una “boquilla de prueba” que opere bajo las mismas condiciones de temperatura y presión que la barra rociadora con la capacidad de producir una muestra representativa de betún espumado en cualquier etapa de la operación
Sistema de carga	❖ La planta debe de contar con un sistema de carga del material a los equipos de transporte.

	❖ El transportador debe ser capaz de girar lo suficiente como para permitir que se almacene temporalmente una cantidad razonable de material debajo de la cinta durante al menos una hora de producción.
--	--

Tabla 22. Requisitos que deben cumplir las plantas

7.1.3.- Equipos de distribución

Los equipos de distribución de la capa estabilizada con asfalto espumado en planta (terminadoras asfálticas), deben ajustarse a los requisitos que se indican en la Tabla 23.

Característica	Requisitos
Sensores de uniformidad de distribución	❖ Debe contar con equipamiento que permite tomar referencias altimétricas y de línea, destinadas a proveer regularidad en la superficie de la mezcla distribuida.
Alimentación de la mezcla	❖ De poder abastecer de mezcla asfáltica a la caja de distribución de forma constante y pareja.
Tornillos helicoidales	❖ Los tornillos helicoidales deben tener una extensión tal que sus extremos se encuentren entre diez y veinte centímetros (10-20 cm) de los bordes de la caja de distribución.
Distribución transversal de la mezcla	❖ Debe contar con sensores y/o algún sistema que permita mantener una altura uniforme de la mezcla asfáltica en todo el ancho de la caja de distribución, coincidente con la posición del eje de los tornillos helicoidales.
Plancha	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La posición altimétrica de la plancha debe poder ser regulada en forma automática mediante sensores referidos a la capa base u otra referencia que permita distribuir la mezcla asfáltica con regularidad a lo largo del perfil longitudinal. ❖ La plancha principal y las extensiones telescópicas deben contar con un sistema de precompactación constituido por alguno de estos sistemas (o combinación de estos): barras apisonadoras frontales (tamper), barras de presión en la parte posterior de la plancha o vibración. ❖ Se prefieren reglas unitarias con cajas de extensión atornillables para obtener el ancho de extendido requerido

Tabla 23. Requisitos que debe cumplir el equipo de distribución y colocación

7.1.4.- Equipos de compactación

Los equipos de compactación a emplearse en la construcción de las capas estabilizadas con asfalto espumado en planta deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 24.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactadores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave; también deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).
Compactadores metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades en las superficies cilíndricas. ❖ Los compactadores vibratorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado u oscilado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de veinte toneladas (20 t) para la compactación primaria y diez toneladas (10 t) para la compactación secundaria (luego de la motoniveladora).
Compactador pata de cabra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).

Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación

7.2.- Ejecución de las obras

7.2.1.- Preparación de la superficie de apoyo

Previo colocación de la capa estabilizada con asfalto espumado, la superficie de apoyo se debe encontrar aprobada por el Director de Obra, de acuerdo con el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares de la misma.

La superficie de apoyo debe ser regular y no debe exhibir deterioros, de modo tal que el espesor de colocación de la capa estabilizada pueda encuadrar dentro de las tolerancias establecidas para este parámetro.

La superficie de apoyo debe estar libre de manchas o huellas de suelos cohesivos, los que deben eliminarse totalmente de la superficie.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.2.2.- Proceso de elaboración del material granular

7.2.2.1.- Alimentación de los agregados

Durante la producción, cada tolva en uso debe mantener un nivel de material entre el cincuenta por ciento (50 %) y el cien por ciento (100 %) de su capacidad.

No se deben utilizar en la elaboración agregados que contengan agua congelada. No se permite la aplicación de sales descongelantes en los acopios y/o tolvas para contrarrestar el efecto del congelamiento.

7.2.2.2.- Alimentación del RAP

Durante la producción, la tolva de alimentación del RAP debe mantenerse con suficiente material, de manera que permita un suministro continuo, sin que se produzcan contaminaciones por rebalse entre tolvas.

7.2.2.3.- Carga en los equipos de transporte

La carga del material en los equipos de transporte debe realizarse en masa, evitando la descarga de pequeñas cantidades para completar la carga. Se deben formar varias pilas contiguas en la caja de transporte, de manera de minimizar la segregación.

7.2.3.- Transporte del material estabilizado

El material estabilizado, una vez elaborado, se debe transportar en equipos de transporte desde la planta de producción hasta la terminadora.

En el momento de la descarga en la terminadora, su humedad debe encontrarse dentro del rango permitido respecto al valor especificado en la Fórmula de Obra.

7.2.4.- Colocación

La altura de los tornillos helicoidales durante la colocación de la capa estabilizada debe ser tal que su parte inferior se sitúe a no más de cinco (5) centímetros del plano de la placa o plancha de la terminadora. Debe procurarse que el tornillo sin fin gire en forma lenta y continua.

La colocación del material se debe realizar por franjas longitudinales, salvo que el Director de Obra indique otro procedimiento. El ancho de estas franjas debe ser tal que minimice el número de juntas longitudinales y considerando los siguientes aspectos: el ancho de la sección, la coincidencia con la futura demarcación horizontal, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la terminadora y el desfasaje con la junta longitudinal de la/las capas inferior y superior.

La terminadora se debe regular de forma que la superficie de la capa colocada resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante, espesor y sección transversal indicados en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el presente documento para los mismos. La colocación se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la terminadora a la producción de la planta de mezcla en frío, de modo que sea constante y que no se detenga.

En caso de parada, se debe comprobar que la humedad del material que quede sin colocar en la tolva de la terminadora y debajo de ésta, no baje de la prescrita en la Fórmula de Obra aprobada y vigente para el inicio de la compactación; de lo contrario, se debe descartar y ejecutar una junta transversal.

7.2.5.- Compactación primaria

Inmediatamente detrás de la terminadora se debe de iniciar el proceso de compactación primaria, con el objetivo de lograr una uniformidad en el grado de compactación en todo el ancho de la franja.

El proceso de compactación primaria debe de realizarse con un compactador metálico liso funcionando en modo de vibración de alta amplitud limitando la velocidad de trabajo de estos por debajo de los 3 km/h (50 m/min). Se podrá emplear, de ser necesario, para esta etapa de la compactación un rodillo tipo pata de cabra que complemente el efecto del rodillo liso.

El número de equipos de compactación debe ser tal que permita seguir el ritmo de trabajo planteado evitando que se dé una pérdida de humedad en los casos en los cuales la velocidad de la recicladora resulte superior a la del tren de compactación.

En esta etapa es recomendable alcanzar un grado de compactación tal que la densidad seca del material e la capa resulte igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

El número de pasadas del o de los equipos de compactación empelados se debe de establecer en el tramo de prueba; dicho número de pasadas dependerá de varios factores tales como peso del rodillo, amplitud de vibración, estado del pavimento subyacente, espesor de la capa, etc.

7.2.6.- Compactación final

Finalizadas las tareas de compactación primaria, se procede a realizar la compactación final de la capa. Este proceso se debe de realizar utilizando un rodillo vibratorio de tambor liso, pudiendo incorporar de ser necesario un rodillo de neumáticos. Dado que el espesor de esta capa es relativamente delgado, el rodillo que se utiliza normalmente suele tener un peso del orden de las 10 t.

En esta instancia se debe de alcanzar un grado de compactación igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

De ser necesario alguna tarea de terminación extra con motoniveladora, por ciertas imperfecciones que pueden aparecer, la misma debe de realizar el corte final desde el lado alto de la sección. Un rodillo vibratorio de tambor liso debe de seguir a la motoniveladora. A continuación, se humedece bien la superficie y se remata con el rodillo de neumáticos a una velocidad de entre 10 y 20 km/h. Mientras el rodillo neumático efectúa las pasadas, se agrega suficiente agua para generar un suave lodo (barro) que los neumáticos esparcen lateralmente, creando así un acabado superficial muy unido.

7.2.7.- Juntas transversales y longitudinales

7.2.7.1.- Juntas longitudinales

En la especificación técnica particular, o en su defecto antes de iniciar los trabajos, se debe de elaborar una planificación para la materialización de las juntas longitudinales. Esta planificación debe de estar autorizada por el Director antes del comienzo de las tareas.

Una vez colocada la primera faja, la zona de 50 cm de ancho más cercano a la línea central solo debe de recibir una pasada con el rodillo sin vibraciones, dejándolo en un estado relativamente poco compactado. Se debe evitar que todos los vehículos (del tráfico público y de la construcción) pasen por encima del escalón de material formado en la línea central.

Inmediatamente antes de extender la segunda faja, el borde expuesto en la línea central junto con la tira parcialmente compactada se humedece hasta llevarlo a la humedad óptima de compactación. Esta tarea normalmente se lleva a cabo un equipo para tal fin con pulverizadores manuales delante de la extendedora.

Si la terminadora empleada tuviera una placa biselada en el extremo, ésta se debe de quitar de modo de permitir que la plancha toque el escalón expuesto de la primera faja.

Una vez colocada la segunda faja, contigua a la primera faja, la tira de material parcialmente compactada de la primera faja recibe luego el tratamiento completo de compactación y acabado junto con la segunda faja.

7.2.7.2.- Juntas transversales

Estas juntas generalmente corresponden con juntas de trabajo o constructivas, las cuales se constituyen en cada momento en el cual se detiene la terminadora. Se debe construir una rampa para el tránsito hasta el momento en el cual se retomen las actividades de colocación de la capa estabilizada.

Al día siguiente, o cuando se reinicie la pavimentación, se debe retirar el material de la rampa y recortar el material previamente colocado y compactado para lograr una pendiente de 45°. A continuación, el material que se encuentra en la pendiente se humedece hasta alcanzar la humedad óptima de compactación antes de continuar con el extendido.

Posteriormente la zona de la junta transversal recibe el mismo tratamiento en lo que a compactación y acabado se refiere que el resto de la faja.

7.2.8.- Curado

Al compactarse, el aumento instantáneo de la cohesión hace que las capas estabilizadas con asfalto espumado sean resistentes a los daños del tráfico. Sin embargo, permanecen vulnerables hasta que se reduce el contenido de humedad.

La resistencia a los daños causados por el tráfico se puede controlar estacionando un vehículo muy cargado, por ejemplo, un camión lleno de agua, sobre la nueva capa. Después de un período relativamente corto (< 1 hora), las ruedas se asentarán en el material, dejando hendiduras localizadas que pueden tener una profundidad de hasta 10 mm. A medida que el material se seca, esta propensión a deformarse se reduce hasta que, después de uno o dos días de clima cálido, cesa por completo. Este fenómeno debe tenerse en cuenta a la hora de planificar el cierre de carreteras. Los controles de parada/arranque deben ubicarse de manera que el tráfico diario solo pueda permanecer donde se colocó y compactó la capa al menos 24 horas antes.

Dado que las partículas en la superficie sólo se mantienen en su lugar mediante pequeños puntos de soldadura a lo largo de sus caras inferiores, las fuerzas dinámicas impartidas por cargas pesadas de neumáticos tienden a aflojar y eliminar las partículas más gruesas en la superficie.

Se recomienda por ello aplicar la capa asfáltica de base o rodamiento, previa ejecución del riego de liga correspondiente, lo antes posible para brindar protección contra el ingreso de agua y la abrasión excesiva del tráfico. Sin embargo, la superficie no debe colocarse antes de que el contenido de humedad en la nueva capa granular se haya reducido lo suficiente como para resistir el punzonado.

No es recomendable especificar un requisito de contenido de humedad en relación con el valor de humedad óptima de compactación.

El mejor indicador del contenido de humedad en una capa granular estabilizada con asfalto espumado es la estabilidad. La capa debe ser rodillada con un compactador pesado de neumáticos (o un camión cisterna de agua completamente cargado) para determinar si la capa se deforma (levanta) bajo tal carga. Si no se observa deflexión, entonces el contenido de humedad se ha reducido lo suficiente como para pavimentar y compactar de manera segura una capa asfáltica de rodamiento. Sin embargo, si se detecta movimiento, el contenido de humedad aún es demasiado alto y se debe retrasar la colocación de la superficie asfáltica para permitir que el contenido de humedad se reduzca aún más.

7.2.9.- Limpieza

El Contratista debe prestar especial atención en no afectar durante la realización de las obras la calzada existente o recién construida. Para tal efecto, todo vehículo que se retire del sector de obra debe ser sometido a una limpieza de los neumáticos, de manera tal que no marque ni ensucie tanto la calzada como la demarcación existente.

En caso de detectarse sectores de calzada manchados y/o sucios con material de obra, dentro del área de obra o fuera de ella, el Contratista debe hacerse cargo de la limpieza de estas de modo de reestablecer las condiciones iniciales.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Previo al inicio de los trabajos de manera sistemática, se debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de espumado del asfalto (dosis de agua y temperatura del asfalto), el agua de humectación, el mezclado, transporte, colocación, compactación y terminación necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente.

El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no el proceso constructivo. En el primer caso, se pueden iniciar las obras de manera sistemática. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.
- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la construcción de la capa estabilizada con asfalto espumado en planta sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de estas.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN

9.1.- Temperatura de los agregados

No se debe iniciar la ejecución de la capa estabilizada con asfalto espumado cuando:

- ❖ La temperatura de los agregados resulte inferior a 15 °C.

Cuando la temperatura del agregado resulte inferior a 15 °C pero superior a 12 °C se podrá ejecutar la construcción del ítem cuando el lígate asfáltico empleado presente características espumantes excepcionales (especialmente la vida media) y bajo la supervisión del Director de obra.

9.2.- Precipitaciones

Se debe interrumpir la ejecución de las obras cuando sea inminente la caída de precipitaciones.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, del proceso de espumado del asfalto, mezclado, transporte, colocación y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de Obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el Punto 10. “Plan de Control de Calidad” del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de Obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de Obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10.000 m³) capa estabilizada construida.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Control de Calidad: ensayos sobre materiales, ensayos de control de producción en el proceso de elaboración de la mezcla de estabilizado y de la unidad terminada en los diferentes lotes ejecutados en este período.

El Director de Obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El presente Plan de Control de Calidad queda complementado con lo establecido en el Punto 11. “Requisitos del proceso constructivo y de la unidad terminada” para la cantidad de muestras, condiciones de ensayo, determinación de los parámetros en estudio y demás consideraciones.

El Director de Obra puede disponer el envío de una o más muestras de cualquier material involucrado en la obra (agregados, RAP, cementos, probetas, testigos, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de Obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de Obra. Si el Director de Obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo a adoptar del parámetro considerado.

Para determinar el equipo de transporte sobre el cual efectuar el muestreo para el control de un lote de producción, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. El mismo método se debe utilizar para determinar los puntos sobre la calzada donde efectuar el control de un lote de obra (para extracción de testigos, determinación de puntos de ensayo, etc.).

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia. Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de Obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

10.2.- Lotes

El control del proceso de mezclado, compactación y terminado de la capa estabilizada con asfalto espumado en planta se organiza por lotes de producción (dosificación y mezclado) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de producción

Se considera como lote de producción a la menor fracción que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:

- ❖ Una cantidad de trescientas toneladas (300 t) de mezcla estabilizada con asfalto espumado.
- ❖ Lo ejecutado en media o una jornada de trabajo (el Director de Obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

La numeración de los lotes de producción debe ser acumulativa, comenzando con el número uno (1), que le corresponde al Tramo de Prueba.

10.2.2.- Definición de lote de obra

Se considera como lote de obra o lote de capa estabilizada con asfalto espumado en planta colocada a la fracción menor que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- ❖ Una longitud menor o igual a quinientos metros (≤ 500 m) lineales de construcción, colocados en una sola capa.
- ❖ Lo ejecutado en media o una jornada de trabajo (el Director de Obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales. Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de diseño, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

9.3.1.- Agregados

10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte gruesos es la que se indica en la Tabla 25.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coeficiente de desgaste Los Ángeles ⁽¹⁾	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μ m	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Caras de fractura	IRAM 1851	Cada 30 lotes

Durabilidad por ataque con sulfato de sodio ^{(2) (3)}	IRAM 1525	Cada 60 lotes
Limpieza ⁽⁴⁾	---	Cada 15 lotes

Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso

- ⁽¹⁾ En el caso de agregados “tipo basálticos”, la frecuencia de ensayo es de quince (15) días.
- ⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽⁴⁾ La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

10.3.1.2.- Agregados de aporte finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte finos es la que se indica en la Tabla 26.

Parámetro	Método	Frecuencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Cada 15 lotes
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE EN 933-9	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1520	Cada 15 lotes

Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino

- ⁽¹⁾ Cuando corresponda.

10.3.2.- Agregados provenientes del RAP

10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 27.

Parámetro	Método	Frecuencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM1703	Al presentar fórmula de obra

Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente del RAP

10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 28.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Mensual

Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente del RAP

10.3.3.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para los suelos de aporte es la que se indica en la Tabla 29.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Sulfatos	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Límite líquido	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes

Tabla 29. Plan de ensayos sobre los suelos de aporte

10.3.4.- Cementos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases de doble bolsa de 200 micrómetros y cierre con precintos plásticos) desde el camión tolva, y serán debidamente conformadas e identificadas por el Director de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas por un período de 30 días en perfecto estado de conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y del Director de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.5.- Cal hidráulica

La frecuencia mínima de ensayos para la cal hidráulica es la que se indica en la Tabla 30.

Parámetro	Método	Frecuencia
Densidad ⁽¹⁾	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1542	Cada 15 lotes

Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

10.3.6.- Ligante asfáltico

La frecuencia mínima de ensayos para el ligante asfáltico convencional (IRAM 6835) es la que se indica en la Tabla 31.

Parámetro	Método	Frecuencia
Viscosidad rotacional a 60°C ⁽¹⁾	IRAM 6837	Cada 15 lotes
Resto de los parámetros contemplados en la Norma IRAM 6835 ^{(1) (2)}	---	Cada 60 lotes

Tabla 31. Plan de ensayos sobre el ligante asfáltico convencional

⁽¹⁾ Se debe realizar sobre una muestra representativa del tanque de almacenamiento.

⁽²⁾ El método de ensayo de cada parámetro se indica en la Norma.

10.3.7.- Aditivos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deben tomar muestras duplicadas de quinientos centímetros cúbicos (500 cm³) de cada partida de aditivo. Para ello, se deben emplear envases plásticos herméticos, sin uso previo, debidamente conformado e identificado por el Director de Obra y el Contratista, a fin de proceder a su mantenimiento en reserva por un período de treinta (30) días. Los grupos de muestras deben quedar en poder de la Contratista y del Director de Obra.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con asfalto espuma en planta (dosificación y mezclado)

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la elaboración (dosificación y mezclado); la misma se resume en la Tabla 32.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Humedad óptima	AASTHO T180	Cada lote de obra
Densidad máxima seca	AASTHO T180	Cada lote de obra
Granulometría	IRAM 1501 IRAM 1505	Cada lote de obra
Contenido de ligante asfáltico	⁽¹⁾	Cada lote de obra
Dotación de filler activo	⁽²⁾	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI _{SECA}) ⁽³⁾	ANEXO C	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI _{HUMEDA}) ⁽³⁾	ANEXO C	Cada 5 lotes de obra

Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración

⁽¹⁾ La metodología se detalla en el Punto 11.1.2. “Contenido de ligante asfáltico (lote de obra)”.

⁽²⁾ La metodología se detalla en el Punto 11.1.3. “Dotación de filler activo (lote de obra)”.

⁽³⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida en el ensayo AASHTO T180.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada. Los mismos se resumen en la Tabla 33.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Determinación del ancho	---	Cada 100 m
Evaluación visual superficial ⁽¹⁾	---	Cada lote de obra
Grado de compactación ^{(2) (3)}	VN-E8-66	Cada lote de obra
Humedad	IRAM 10519	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra

Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada

- ⁽¹⁾ Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.
- ⁽²⁾ La verificación del grado de compactación debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas luego de finalizado el proceso de compactación.
- ⁽³⁾ El empleo del densímetro nuclear o densímetro eléctrico debe ser aprobado por el Director de Obra; asimismo el uso de estos debe ser contemplado sólo para aquellos casos en los que se haya correlacionado el método el Tramo de Prueba, y en que la granulometría informada en la Fórmula de Obra así lo permita.

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

11.1.1.- Granulometría (lote de producción)

Para la determinación de la granulometría del lote ~~de obra~~ en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de un equipo de transporte, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera granulometría media del esqueleto granular al promedio de las granulometrías obtenidas en los ensayos realizados sobre el lote ~~de obra~~ en estudio.

La granulometría media de los agregados debe cumplir con las tolerancias admisibles, respecto a la granulometría de la Fórmula de Obra vigente, indicadas en la Tabla 34.

Sin perjuicio de lo anterior, la granulometría media de la capa, con sus tolerancias, bajo ningún concepto puede salirse por fuera del huso granulométrico establecido en el Punto 6.2 “Huso granulométrico”.

50 mm (2")	25,4 mm (1")	12,7 mm (1/2")	4,75 um (N° 4)	2 mm (N° 10)	0,42 mm (N° 40)	75 um (N° 200)
+/- 6 %	+/- 5 %	+/- 5 %	+/- 4 %	+/- 4 %	+/- 3 %	+/- 2 %

Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

Para la determinación del contenido de ligante asfáltico del lote ~~de obra~~ de la mezcla estabilizada, se debe de efectuar el cálculo de la cantidad de cemento asfáltico utilizado en la construcción del lote de obra en estudio.

Para ello, una vez finalizado el lote de producción se debe determinar el consumo de cemento asfáltico a partir de realizar mediciones de cantidad (antes del inicio de las tareas y al finalizar las mismas).

Luego con los valores del ancho del lote de obra (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.3), espesor del lote de obra (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.2), densidad máxima seca del lote de obra (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.1) y la cantidad de cemento asfáltico consumido se debe calcular el contenido de ligante asfáltico del lote en estudio.

El contenido medio de ligante asfáltico del material que conforma la capa estabilizada del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas porcentuales ($\pm 0,5 \%$) respecto del contenido de cemento asfáltico correspondiente a la Fórmula se Obra aprobada y vigente.

11.1.3.- Dotación de filler activo

Para la determinación del contenido de filler activo del lote ~~de obra~~ de la mezcla estabilizada, se debe de efectuar el cálculo de la cantidad de filler activo utilizado en la construcción del lote de obra en estudio.

Para ello, una vez finalizado el lote de producción, se debe determinar el consumo de filler activo a partir de contabilizar el filler consumido en la elaboración del lote (mediante pesadas o conteo de bolsas, dependiendo de si se emplea filler envasado o a granel).

Luego con los valores del ancho del lote de obra (determinado de acuerdo con 11.2.3), espesor del lote de obra (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.2), densidad máxima seca del lote de obra (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.1) y la cantidad de filler activo consumido se debe calcular el contenido de filler activo del lote en estudio.

La dotación media de filler activo del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas porcentuales ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Dotación de filler activo correspondiente a la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición seca de la capa estabilizada con asfalto espumado en planta se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa estabilizada; muestra que deberá ser tomada de un equipo de transporte.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote en estudio debe verificar el requisito establecido en el Punto 6.3 de la presente especificación.

11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición húmeda de la capa estabilizada con asfalto espumado en planta se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa estabilizada; muestra que deberá ser tomada de un equipo de transporte.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado, acondicionamiento en agua y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote en estudio debe verificar el requisito establecido en el Punto 6.3 de la presente especificación.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

Se deben determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, cinco o más (≥ 5) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad seca del material compactado. La determinación de la densidad seca debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas desde que se finaliza la compactación de la capa.

La determinación de los puntos a evaluar sobre la superficie del lote de obra se debe efectuar según lo descrito en el Punto 10.1 "Generalidades".

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 35.

Valor medio de densidad seca $\geq 98 \%$
Valor individual de densidad seca $\geq 97 \%$ ⁽¹⁾

Tabla 35. Requisitos de densidad seca de caca compactada

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra

determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

11.2.2.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa estabilizada en planta mediante asfalto espumado se puede hacer sobre los puntos empleados para cumplimentar el Punto 11.2.1. “Grado de compactación (lote de obra)”.

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimétrica. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores de los testigos del lote de obra resulte inferior al cinco por ciento (5 %).

11.2.3.- Ancho (cada 100 m)

La determinación del ancho de la capa se debe verificar en perfiles transversales cada cien metro (100 m).

El ancho de cada capa considerada en ningún caso debe ser inferior al ancho teórico indicado en los Planos de Proyecto.

11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual de la superficie del lote de obra, o de un área parcial del mismo, debe mostrar homogeneidad y no se debe observar ningún tipo de segregación, desprendimiento, manchas de suelos cohesivos, o ningún otro defecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo se aplican sobre los lotes definidos en el Punto 10.2. “Lotes”.

En todos los casos en que se rechace un lote o zonas puntuales con problemas superficiales por segregaciones, todos los costos asociados a la remediación de la situación (remoción, tratamiento de los productos generados de la demolición, reposición de la capa, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

12.1.1.- Granulometría (lote de producción)

La aceptación del lote de ~~obra~~ producción en relación con la granulometría se da si se cumple lo establecido en el Punto 11.1.1. “Granulometría (lote de producción)”.

Si, con la excepción de un tamiz de control, la granulometría media cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el Punto 11.1.1. “Granulometría (lote de producción)”, y este tamiz se encuadra dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote de producción ~~obra~~.

Si, con dos o más tamices de control, la granulometría media de los agregados no cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el Punto 11.1.1. “Granulometría (lote de producción)”, pero se encuadran dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote en estudio con un descuento del cinco por ciento (5 %) sobre la superficie del lote de obra.

37,5 mm (1 ½")	9.5 mm (3/4")	4,75mm (N°4)	75 um (N°200)
+/- 9 %	+/- 8 %	+/- 6 %	+/- 4 %

Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

Si la granulometría media de los agregados no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio, teniendo el Contratista que proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con este último ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

El contenido de ligante asfáltico del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.2. “Contenido de ligante asfáltico (lote de producción)”.

Si el contenido medio de ligante asfáltico del lote de obra en estudio no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,5$ %) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos siete décimas por ciento ($\pm 0,70$ %), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la capa estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si el contenido medio de ligante asfáltico no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.3.- Dotación de filler activo

La dotación de filler activo del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.3. “Dotación de filler activo (lote de producción)”.

Si la dotación media de filler activo del lote de obra no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas por ciento ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,50 \%$), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la capa estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si la dotación media de filler activo del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La resistencia media a tracción indirecta en condición seca del lote en estudio de la capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante asfalto espumado debe cumplimentar lo establecido en el Punto 10.1.4. “Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})”.

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.4 pero resulta superior a 150 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición seca no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})

La resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda del lote en estudio de la capa estabilizada con asfalto espumado en planta debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.5. “Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})”.

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.5 pero resulta superior a 75 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación del lote de capa estabilizada con asfalto espumado en planta debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.2.1. “Grado de compactación (lote de obra)”.

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el Punto 11.2.1. “Grado de compactación (lote de obra)” pero se verifica lo establecido en la Tabla 37, se acepta el lote de obra, pero corresponde un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra en estudio.

Valor medio de densidad seca $\geq 97 \%$
Valor individual de densidad seca $\geq 96 \%$ ⁽¹⁾

Tabla 37. Requisitos de densidad seca

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

Si la densidad media del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa.

12.2.2.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.2 “Espesor (lote de obra)”.

Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumple que el coeficiente de variación es mayor al veinte por ciento (20 %) y menor al veinticinco por ciento (25 %), se acepta el lote de obra con una penalidad (descuento) del cinco por ciento (5 %).

Si el espesor medio del lote de obra es inferior al espesor de proyecto o el coeficiente de variación es mayor al ocho por ciento (25 %), se rechaza el lote.

En este caso el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa; o, previa autorización y aprobación del Director de Obra, arbitrar los medios necesarios sobre la capa rechazada para reparar el defecto, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Esto es posible si la capa resultante cumple con el resto de los requisitos de los establecidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.

12.2.3.- Ancho (cada 100 m)

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.3. “Ancho (cada 100 m)” de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.4. “Evaluación visual de la superficie (lote de obra)”.

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y reposición de la capa rechazada.

13.- MEDICIÓN

La ejecución de las capas consideradas en el presente documento se mide en metros cuadrados (m²) ejecutados. Los valores surgen del producto entre la longitud del lote ejecutado por su ancho.

Al área resultante se le debe aplicar, si los hubiese, los descuentos por penalidades o bonos adicionales; estos son acumulativos.

14.- FORMA DE PAGO

Los insumos, su transporte, la ejecución, compactación y terminación de la capa estabilizada en planta mediante asfalto espumado se pagan por metro cuadrado terminado, medida en la forma establecida en el Punto 13. “Medición”, a los precios unitarios de contrato para los ítems respectivos.

Estos precios son compensación total por las siguientes tareas:

- ❖ Barrido y soplado de la superficie a recubrir.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados y suelos.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del filler activo y adiciones minerales.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del cemento asfáltico.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del agua de mezclado.
- ❖ El proceso de dosificación, mezclado y distribución de la capa granular.
- ❖ Los procesos involucrados en la compactación, terminación y curado de la capa estabilizada.
- ❖ Las posibles correcciones de los defectos constructivos.
- ❖ La señalización y conservación de los desvíos durante la ejecución de los trabajos.

- ❖ Todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación del ítem según lo especificado.

No se abonan los sobreanchos, los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes, ni los aumentos de espesor por correcciones superficiales.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de cada una de las capas contempladas en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Si el deterioro de alguna de las capas ejecutadas afectara la calzada, bases, capas intermedias y/o subrasante, el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas, como así también de depresiones, de baches aislados y de pequeñas superficies se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

ÍNDICE

Sección 3.D3 – Capas Estabilizadas con emulsión asfáltica in-situ

ÍNDICE DE TABLAS.....	5
1.- DESCRIPCIÓN	6
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN	6
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA	6
3.1. Definición de RAP	6
3.2. Emulsión asfáltica.....	7
3.3.- Nomenclatura para capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ	7
4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN.....	7
5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES.....	8
5.1.- Agregados de aporte.....	8
5.1.1.- Características generales	8
5.1.2.- Agregado grueso	9
5.1.2.1.- Definición de agregado grueso.....	9
5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso.....	9
5.1.3.- Agregado fino virgen.....	11
5.1.3.1.- Definición de agregado fino.....	11
5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen	11
5.2.- RAP.....	12
5.2.1.- Agregado grueso proveniente del RAP	12
5.2.1.1. Definición de agregado grueso.....	12
5.2.1.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP	12
5.2.2. Agregado fino proveniente del RAP	12
5.2.2.1. Definición de agregado fino	12
5.2.2.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP	13
5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular.....	13

5.4.- Suelos de aporte	13
5.4.1.- Características generales.....	13
5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte	14
5.5.- Cementos	15
5.5.1.- Características generales.....	15
5.5.2.- Cemento Portland para uso general.....	16
5.5.2.- Cemento Portland con propiedades especiales.....	16
5.6.- Cal hidratada	16
5.6.1.- Características generales.....	16
5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo	17
5.7.- Emulsión asfáltica	18
5.8.- Agua.....	18
5.9.- Aditivos.....	18
6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA.....	19
6.1.- Espesor de la capa	19
6.2.- Huso granulométrico.....	19
6.3.- Criterios para el proceso de diseño.....	20
6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra.....	20
7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	22
7.1.- Equipos de obra.....	22
7.1.1.- Recicladora.....	22
7.1.2.- Equipos para suministro de la emulsión asfáltica	23
7.1.3.- Equipos para suministro del agua.....	23
7.1.4.- Equipos de suministro y distribución del filler activo	24
7.1.5.- Equipos de compactación.....	24
7.2.- Ejecución de las obras.....	25
7.2.1.- Trabajos preliminares.....	25
7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente.....	25
7.2.1.2.- Fresado.....	26
7.2.1.3.- Prepulverización.....	26
7.2.1.4.- Distribución del material corrector (agregado y/o suelo)	27

7.2.1.5.- Distribución del filler activo	27
7.2.2.- Estabilizado y mezclado mediante recicladora	28
7.2.3.- Compactación primaria	28
7.2.4.- Nivelación y corte de la capa precompactada	29
7.2.5.- Compactación final	29
7.2.6.- Juntas transversales y longitudinales	30
7.2.6.1.- Juntas longitudinales	30
7.2.6.2.- Juntas transversales	30
7.2.7.- Limpieza	31
8.- TRAMO DE PRUEBA	31
9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN PARA COLOCACIÓN DE CAPA DE RODAMIENTO	32
9.1.- Temperatura de los agregados	32
9.2.- Precipitaciones	32
9.3.- Habilitación par colocación capa de rodamiento	32
10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	33
10.1.- Generalidades	33
10.2.- Lotes	34
10.2.1.- Definición de lote de obra	34
10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales	34
10.3.1.- Agregados	35
10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos	35
10.3.1.2.- Agregados de aporte finos	35
10.3.2.- Agregados provenientes del RAP	36
10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP	36
10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP	36
10.3.3.- Suelos de aporte	36
10.3.4.- Cementos	37
10.3.5.- Cal hidráulica	37
10.3.6.- Emulsión asfáltica	37
10.3.7.- Aditivos	38
10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con emulsión asfáltica	

in-situ (dosificación y mezclado).....	38
10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	39
11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA.....	39
11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra).....	39
11.1.1.- Granulometría (lote de obra).....	39
11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico.....	40
11.1.3.- Dotación de filler activo.....	41
11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA}).....	41
11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA}).....	41
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	42
11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	42
11.2.2.- Espesor (lote de obra).....	42
11.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	43
11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	43
12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO.....	43
12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra).....	43
12.1.1.- Granulometría (lote de obra).....	43
12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico.....	44
12.1.3.- Dotación de filler activo.....	44
12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA}).....	45
12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA}).....	45
12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra).....	46
12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra).....	46
12.2.2.- Espesor (lote de obra).....	46
12.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	47
12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	47
13.- MEDICIÓN.....	47
14.- FORMA DE PAGO.....	47
15.- CONSERVACIÓN.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación	6
Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con emulsión asfáltica in-situ.....	7
Tabla 3. Índices de prestación.....	7
Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados.....	9
Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos.....	10
Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos “tipo basálticos”	11
Tabla 7. Requisitos de los agregados finos.....	12
Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP.....	12
Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP.....	13
Tabla 10. Requisitos del esqueleto granular.....	13
Tabla 10. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte	14
Tabla 12. Requisitos de los suelos de aporte.....	15
Tabla 13. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos.....	16
Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica	17
Tabla 15. Requisitos de la cal hidratada	17
Tabla 16. Requisitos granulométricos de la cal hidratada	18
Tabla 17. Husos granulométricos para estabilizado con emulsión asfáltica in-situ	20
Tabla 18. Criterios de diseño para estabilizado con emulsión asfáltica in-situ.....	20
Tabla 19. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra.....	22
Tabla 20. Requisitos que deben cumplir las máquinas recicladoras.....	23
Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de la emulsión asfáltica.....	23
Tabla 22. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de agua.....	24
Tabla 23. Requisitos que debe cumplir equipos de suministro filler activo.....	24
Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación.....	25
Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso	35
Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino.....	36
Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente del RAP.....	36
Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente del RAP.....	36
Tabla 29. Plan de ensayos sobre los suelos de aporte.....	37
Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica.....	37
Tabla 31. Plan de ensayos sobre el emulsión asfáltica.....	37
Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración.....	38
Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada.....	39
Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados.....	40
Tabla 35. Requisitos de densidad seca de caca compactada.....	42
Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados.....	44
Tabla 37. Requisitos de densidad seca	46

1.- DESCRIPCIÓN

Esta sección comprende a la construcción de material estabilizado in-situ mediante emulsión asfáltica consiste en una mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de una carpeta asfáltica existente (RAP), agregados de aporte, suelo de aporte, cemento, agua y una emulsión asfáltica en forma de emulsión asfáltica, dosificada y mezclada con equipos ambulo-operantes, convenientemente compactada y curada para ser utilizada como capa estructural en pavimentos.

Las cantidades de betún residual en la estabilización no suelen exceder el 2,5% (expresado en peso) del agregado seco. En la mayoría de las situaciones, también se agrega a la mezcla un filler activo que puede ser cemento o cal hidratada; la adición de cemento nunca debe exceder el 1%.

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1. Definición de RAP

Se define como RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) en la presente especificación técnica a todo material proveniente del fresado de una capa asfáltica. El RAP está compuesto por agregados pétreos cubiertos de una emulsión asfáltica que ha experimentado cambios en su comportamiento reológico durante su vida en servicio.

3.2. Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica es una dispersión coloidal de glóbulos de asfalto (fase dispersa) en agua (fase dispersante). Las emulsiones asfálticas contienen en el orden de 60 % en peso de asfalto y un 40 % de agua.

A temperatura ambiente presentan una viscosidad tal que permite su manipulación y el mezclado con agregados pétreos.

Se las clasifica en aniónicas y catiónicas de acuerdo a la carga eléctrica que los aditivos emulgentes les otorgan a los glóbulos de asfalto; también se las puede clasificar de acuerdo a la velocidad de rotura en rápidas, medias, lentas y superestables.

3.3.- Nomenclatura para capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ

A continuación, se resume en la Tabla 2, el sistema de designación para estabilizados con emulsión asfáltica in-situ que se utiliza a lo largo de la presente especificación técnica general.

EA-EM-IS

Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con emulsión asfáltica in-situ

Donde:

EA-EM-IS: Estabilizado con emulsión asfáltica in-situ (también denominado BSM- Emulsion)

4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN

Los requisitos de los materiales componentes, de las mezclas elaboradas, como así también de la calidad final de la capa, se encuentran diferenciados en la presente especificación técnica de acuerdo con el índice de prestación adoptado para cada proyecto.

El índice de prestación debe ser indicado en la especificación técnica particular, si así no ocurriese se debe de adoptar el índice de prestación P1.

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los dos (2) índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (IP)	P1	P2
---------------------------	----	----

Tabla 3. Índices de prestación

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados de aporte

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los agregados de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos. ❖ Deben provenir de rocas sanas y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin que se verifique segregación. ❖ Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m). El terreno debe

	<p>tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.
--	--

Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados

5.1.2.- Agregado grueso

5.1.2.1.- Definición de agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas estabilizadas con emulsión asfáltico in-situ, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso

Los requisitos que cumplir por los agregados gruesos dependen de la ubicación de la capa asfáltica. Los mismos se establecen en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

El agregado grueso será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria
Índice de lajas	IRAM 1687-1	≤40

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles” ⁽¹⁾	IRAM 1532	≤35
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No Plástico
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Recomendado ⁽²⁾
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1533	Determinación obligatoria
Caras de fractura	IRAM 1851	El 90 % de las partículas debe tener al menos una cara de fractura
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio	IRAM 1525	Recomendado ^{(2) (3)}

Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos

⁽¹⁾ Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla 5.

⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
--------	-------	-----------

Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	≤ 25
--	-----------	-----------

Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos “tipo basálticos”

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos dependen del índice de prestación. Los mismos se establecen en la Tabla 7.

El agregado fino debe ser por lo general de una única procedencia y naturaleza. En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 7.

Los agregados finos que emplear en la construcción de capas granulares cementadas recicladas in-situ no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	La fracción gruesa de la cual proviene el agregado fino debe cumplir las exigencias de la Tabla 5 y Tabla 6 (si corresponde) para el Coeficiente de desgaste Los Ángeles.
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 40
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.

Ensayo	Norma	Exigencia
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE-EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. Requisitos de los agregados finos

- ⁽²⁾ El Índice de Azul de Metileno se debe hacer sólo en caso de que el Ensayo de Equivalente de Arena arroje un resultado menor a cincuenta por ciento (<40 %) y mayor o igual cuarenta por ciento (≥ 30 %).

5.2.- RAP

5.2.1.- Agregado grueso proveniente del RAP

5.2.1.1. Definición de agregado grueso

Se define como agregado grueso, la parte del agregado total retenida en el tamiz 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.1.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

Los requisitos por cumplir para los agregados gruesos recuperados del RAP se establecen en la Tabla 8. Cualquier otro requisito puede ser solicitado en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM1703	Determinación obligatoria.

Tabla 8. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP

5.2.2. Agregado fino proveniente del RAP

5.2.2.1. Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz IRAM 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.2.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP

Los requisitos sobre el agregado fino recuperado del RAP se establecen en la tabla 9. Se pueden establecer requisitos adicionales en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 35

Tabla 9. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP

5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular

La mezcla de las diferentes fracciones de agregados que componen el esqueleto granular debe cumplir las prescripciones de la Tabla 10.

Parámetro	Norma	Exigencia
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μm ⁽¹⁾	IRAM 10501	≤ 6

Tabla 10. Requisitos del esqueleto granular

- ⁽¹⁾ Al momento de efectuar la mezcla de componentes en las proporciones participantes, se deben de considerar los espesores y las densidades in-situ de los materiales provenientes de las capas existentes en el pavimento a reciclar.

5.4.- Suelos de aporte

El Director de Obra puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear suelos de aporte cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran.

5.4.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 11.

Característica	Requisitos
Procedencia	❖ Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica.

Resistencia, durabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa estabilizada no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. ❖ Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el Punto 5.4.2. "Requisitos de los Suelos de aporte". ❖ Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas. ❖ Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada. ❖ No se permite el uso de suelos de aporte que provengan de acopios congelados, o que contengan hielo.

Tabla 11. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte

5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte

Los requisitos para cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 9. Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza.

En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 12.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	VN-E18-89	< 1,2 %
Sulfatos	VN-E18-89	< 0,3 %
Límite líquido	IRAM 10501	≤ 35
Índice de plasticidad	IRAM 10501	≤ 10
Granulometría	IRAM 1505	Determinación obligatoria

Tabla 12. Requisitos de los suelos de aporte

5.5.- Cementos

5.5.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los cementos para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 13.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los cementos deben cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Los cementos deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los materiales aglomerantes deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ El cemento envasado se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Los cementos de distinto tipo, marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, el cemento se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si el cemento estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble

	<p>y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se detecten anomalías en el suministro de cemento, estas partidas se deben almacenar por separado hasta confirmar su aceptabilidad.
--	---

Tabla 13. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos

5.5.2.- Cemento Portland para uso general

El cemento Portland para uso general a emplear se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50000.

5.5.2.- Cemento Portland con propiedades especiales

Cuando se requiera el uso de cemento con propiedades especiales, el cemento se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50001.

5.6.- Cal hidratada

5.6.1.- Características generales

Los requisitos generales que debe cumplir la cal hidratada para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 14.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La cal hidráulica empleada debe cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Debe de tener trazabilidad y llevarse un registro de la procedencia de estos.

Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ La cal hidráulica envasada se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Las cales hidráulicas de distinta marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, la cal se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si la cal estuvo almacenada en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1.000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento.
----------------	--

Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica

5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo

La cal hidratada debe ser homogénea, seca y libre de grumos provenientes de las partículas. La misma se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 1508. Asimismo, debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 15.

Ensayo	Norma	Exigencia
Granulometría	IRAM 1505	Requisitos establecidos en la Tabla 16

Tabla 15. Requisitos de la cal hidratada

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

La granulometría de la cal hidratada debe estar comprendida dentro de los límites definidos en la Tabla 16.

Ensayo	Porcentaje en peso que pasa
425 μm (Nº 40)	100%
150 μm (Nº 100)	>90%
75 μm (Nº 200)	>75%

Tabla 16. Requisitos granulométricos de la cal hidratada

5.7.- Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica a emplear para la elaboración de la capa estabilizada in-situ debe ser del tipo CRL o CRS de la norma IRAM 6691 (si se utilizan emulsiones asfálticas convencionales). En el caso de utilizar emulsiones asfálticas modificadas, la emulsión a emplear para la elaboración de la capa estabilizada in-situ debe ser del tipo CRLm o CRSm de la norma IRAM 6698.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede establecer el uso de una emulsión asfáltica que no se encuadre dentro de las normas mencionadas, dependiendo de las condiciones de proyecto.

En este caso, el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares debe establecer las características y requisitos a solicitar para la emulsión asfáltica.

5.8.- Agua

El agua empleada para mezclar la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ debe cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1601.

5.9.- Aditivos

Los aditivos por emplear en la preparación de las capas estabilizadas con emulsión asfáltica in-situ, en el caso de emplearse, se deben presentar en Estado líquido o pulverulento.

Los aditivos en estado pulverulento deben incorporarse a la mezcla según las instrucciones indicadas por el fabricante. En caso de emplearse más de un aditivo, previo a su uso en obra, el Contratista debe verificar mediante ensayos que dichos aditivos son compatibles. Cada aditivo debe tener características y propiedades uniformes durante todo el desarrollo de la obra.

Los aditivos deben ser almacenados y conservados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferiblemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo, fecha de recepción y fecha de vencimiento.

El tipo de aditivo, como así también su dotación y forma de empleo, debe estar aprobado por el Director de Obra previo a su uso.

6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA

En casos excepcionales, y por indicación del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, la ejecución del estabilizado con emulsión asfáltica in-situ puede incluir también la incorporación de aditivos y/u otros.

Salvo indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el agregado de aditivos, etc., con el objetivo de alcanzar la resistencia establecida en la Tabla 19 y/o mejorar alguna característica del material, corren a cuenta y responsabilidad del Contratista; y no reciben pago directo alguno.

6.1.- Espesor de la capa

El espesor de la capa de estabilizado con emulsión asfáltica in-situ debe de estar establecida en la especificación técnica particular.

Al margen de ello, es recomendable que la misma se encuentre comprendida dentro del entorno de los 0,15 m a 0,30 m, de modo de garantizar una correcta homogeneización de la mezcla y posteriormente una correcta compactación de la capa.

En aquellos casos en los cuales resulte necesario incorporar agregados pétreos de aporte y/o filler activo, el espesor total de la capa debe de ser al menor superior en 0,05 m al espesor de los materiales de aporte precompactados.

6.2.- Huso granulométrico

La granulometría resultante de la mezcla o composición de las diferentes fracciones de agregados pétreos correctores, suelos, RAP y filler activo que componen a la capa de estabilizado con emulsión asfáltica in-situ, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en el huso granulométrico definido en las Tabla 17.

Tamices	Porcentaje en peso que pasa (%)
50 mm (2")	100
25,4 mm (1")	75 - 100
12,7 mm (1/2")	55 - 100
4,75 mm (No 4)	35 - 70
2 mm (N°10)	25 - 48
0,42 mm (N°40)	10 - 26

75 μm (N°200)	2-10
--------------------------	------

Tabla 17. Husos granulométricos para estabilizado con emulsión asfáltica in-situ

- ⁽¹⁾ Si existe una diferencia entre las densidades de las fracciones utilizadas superior a 0,2 g/cm³, la distribución granulométrica debe evaluarse y ser ajustada en volumen.

6.3.- Criterios para el proceso de diseño

Los criterios por considerar en el proceso de diseño en laboratorio de la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ destinado a la obtención de la Fórmula de Obra, se resumen en la Tabla 18.

Ensayo		Método	Exigencia	
Densidad máxima seca y humedad óptima ⁽¹⁾		AASTHO T180	Determinación obligatoria	
Resistencia a tracción indirecta ⁽¹⁾	Condición seca (RTI _{seca})	ANEXO C	Clasificación por prestación	
			P1	P2
	≥ 225 KPa		≥ 150 KPa	
	≥ 150KPa		≥ 100KPa	
Ensayo triaxial ⁽¹⁾	Cohesión (C)	ANEXO D	Clasificación por prestación	
			P1	P2
	≥ 225 KPa		≥ 180 KPa	
	≥ 40 °		≥ 36 °	
	Cohesión retenida		≥ 75 %	≥ 70 %
Contenido máximo de cemento (respecto del peso de agregados seco)			≤ 1 %	

Tabla 18. Criterios de diseño para estabilizado con emulsión asfáltica in-situ

- ⁽¹⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98 \%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir del Ensayo Proctor Modificado AASHTO T180.

6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra

La ejecución del estabilizado con emulsión asfáltica in-situ no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 19.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados, suelos de aporte, filler activo y mezcla de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado. Identificación, características y proporción de cada suelo de aporte. Identificación, características y proporción de filler activo. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte grueso, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.2. “Agregado de aporte grueso”. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte fino, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.3. “Agregado de aporte fino”. ❖ Ensayos realizados sobre los suelos de aporte, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.4. “Suelos de aporte”. ❖ Ensayos realizados sobre el filler activo empleado. ❖ Ensayos realizados sobre los materiales componentes combinados, como mínimo todos los contemplados en el Punto 6.2. “Huso granulométrico” y Punto 6.3. “Criterios para el proceso de diseño”.
Emulsión asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción en la Fórmula de Obra aprobada y vigente, respecto de la masa total de la mezcla asfáltica (incluido el o los filleres minerales).
Humedad óptima de compactación	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.

Aditivos	❖ Cuando se empleen aditivos, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.
Ensayo de resistencia a tracción indirecta	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ensayo triaxial	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ajustes en el Tramo de Prueba	❖ La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	❖ Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 19. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Equipos de obra

7.1.1.- Recicladora

La máquina recicladora que se emplee en la obra debe ajustarse a los requisitos que se establecen en la Tabla 20.

Características	Requisitos
Capacidad de producción	❖ Se indica en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, en función del plan de trabajo.
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La recicladora empleada debe contar con una potencia suficiente para cortar/fresar el pavimento hasta la profundidad requerida y al mismo tiempo empujar el tren de reciclaje (camiones cisterna que suministran la emulsión asfáltica y el agua). ❖ El volumen de la cámara de mezclado debe tener un tamaño tal que permita realizar las tareas de acomodamiento y mezclado del material recuperado sin inconvenientes. ❖ Las recicladoras deben tener dos sistemas de aplicación independientes controlados con barras

	<p>rociadoras separadas, una para aplicar la emulsión asfáltica y la otra para aplicar agua para aumentar el contenido de humedad del material reciclado.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Las recicladoras deben de contar con un sistema de control que permita gestionar adecuadamente la profundidad de corte y la inclinación transversal del mismo.
Sistema de aplicación de la emulsión asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El mecanismo de bombeo de la emulsión asfáltica debe de estar controlado por un sistema que permita ajustar la tasa de aplicación de acuerdo con el volumen de material recuperado a medida que avanza el reciclador. ❖ Debe de contar con un sistema que permita extraer la emulsión asfáltica del equipo de transporte y aplicarlo mediante las barras rociadoras. ❖ El sistema debe tener la capacidad de demostrar que está libre de bloqueos, tanto antes del inicio del trabajo como en cualquier etapa durante la operación.

Tabla 20. Requisitos que deben cumplir las máquinas recicladoras

7.1.2.- Equipos para suministro de la emulsión asfáltica

Los equipos destinados a realizar el suministro de la emulsión asfáltica deben de ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 21.

Características	Requisitos
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Son preferibles las cisternas tipo semirremolques, con capacidad mínima de 15.000 litros. Al margen de ello, el tipo de cisterna adoptado debe de adecuarse a la naturaleza del proyecto y a las características del terreno. ❖ Todos los camiones cisterna deben ser inspeccionados para detectar fugas antes de acoplarlos al tren de reciclaje. Una fuga de betún o agua causa poco daño mientras el tren está en movimiento, pero puede dar lugar a manchas húmedas o esponjosas cuando el tren está parado, por ejemplo, al revisar las herramientas de corte.

Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de la emulsión asfáltica

7.1.3.- Equipos para suministro de agua

Los equipos destinados a realizar el suministro de agua deben de ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 22.

Características	Requisitos
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Son preferibles las cisternas tipo semirremolques, con capacidad mínima de 15.000 litros. Al margen de ello, el tipo de cisterna adoptado debe adecuarse a la naturaleza del proyecto y a las características del terreno. ❖ Todos los camiones cisterna deben ser inspeccionados para detectar fugas antes de acoplarlos al tren de reciclaje. Una fuga de betún o agua causa poco daño mientras el tren está en movimiento, pero puede dar lugar a manchas húmedas o esponjosas cuando el tren está parado, por ejemplo, al revisar las herramientas de corte.

Tabla 22. Requisitos que deben cumplir los equipos de suministro de agua

7.1.4.- Equipos de suministro y distribución del filler activo

Los equipos para efectuar las tareas de suministro y distribución del filler activo deben ajustarse a los requisitos que se indican en la Tabla 23.

Característica	Requisitos
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los equipos de suministro y distribución del filler activo deben de tener la capacidad de controlar de modo adecuado la aplicación de tasas de filler menores a 1 % (en peso) con la precisión requerida en la presente especificación técnica.

Tabla 23. Requisitos que debe cumplir equipos de suministro filler activo

7.1.5.- Equipos de compactación

Los equipos de compactación a emplearse en la construcción de las capas estabilizadas con emulsión asfáltica in-situ deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 24.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactadores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave; también deben poder obtener una superficie

	<p>homogénea, sin marcas o desprendimientos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).
Compactadores metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades en las superficies cilíndricas. ❖ Los compactadores vibratorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado u oscilado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de veinte toneladas (20 t) para la compactación primaria y diez toneladas (10 t) para la compactación secundaria (luego de la motoniveladora).
Compactador pata de cabra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).

Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación

7.2.- Ejecución de las obras

7.2.1.- Trabajos preliminares

Previo ejecución de la capa de estabilizado con emulsión asfáltica in-situ, la superficie de apoyo se debe encontrar aprobada por la Director de Obra.

Los trabajos preliminares que deben de llevarse adelante previo al paso de a recicladora son los que se listan seguidamente.

7.2.1.1.- Limpieza de la superficie existente

Se deben de eliminar todos los restos de materiales sueltos y materias extrañas. Además, es necesario limpiar el agua estancada de la superficie de la carretera antes de realizar cualquier trabajo de reciclaje.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.2.1.2.- Fresado

En los casos en los cuales resulte necesario, ya sea porque estar provisto en el proyecto (y por ende contemplado en la especificación técnica particular de la obra) o por solicitud del Director de la obra cuando, se debe de realizar un prefresado de un determinado espesor de la capa asfáltica a reciclar del paquete estructural existente previamente al estabilizado propiamente dicho. Para esta tarea se debe de utilizar una fresadora en lugar de la recicladora.

El prefresado suele ser necesario en aquellos casos en los cuales se debe de eliminar una porción del material asfáltico existente para garantizar que los niveles finales de la superficie ya reciclada cumplan con los requisitos del proyecto. También puede ser necesario el fresado previo en ciertas ocasiones en las cuales la capa asfáltica existente se encuentra en un estado muy deteriorado, por lo cual es recomendable ejecutar un fresado previo en una profundidad parcial de la capa asfáltica existente sin retirar el RAP; el objetivo de este prefresado es eliminar partículas de gran tamaño, como trozos o panes de mezcla asfáltica. Para lograr esta desintegración la profundidad del prefresado debe ser menor que el espesor de la o las capas asfálticas existentes.

7.2.1.3.- Prepulverización

Esta actividad sólo se debe considerar cuando se cumplan las siguientes condiciones, y siempre a juicio y aprobación del Director de Obra o cuando se encuentre especificado en el proyecto y por ende en la especificación técnica particular:

- ❖ Las irregularidades de la superficie son significativas en relación con la profundidad del reciclaje o la superficie está tan deformada que el reciclador no podrá lograr una profundidad de corte constante.
- ❖ La profundidad de reciclaje incluye capas de pavimento que requieren más potencia de la que el reciclador puede entregar para disgregar el material y al mismo tiempo lograr una velocidad de avance de la recicladora consecuente con el ritmo de producción necesario del plan de trabajo.
- ❖ Cuando el material involucrado en la capa estabilizada necesita ser mezclado para lograr uniformidad. Esta situación normalmente sólo se encuentra cuando la carretera se ensanchó previamente utilizando materiales diferentes a los utilizados en el pavimento original.
- ❖ Cuando el material necesita ser modificado químicamente antes de estabilizarlo con emulsión, normalmente esto ocurre cuando es necesario emplear cal para disminuir el índice de plasticidad de los materiales que conforman la capa reciclada ($IP > 10$).

Cuando se considere necesaria una pulverización previa, se debe controlar cuidadosamente la profundidad del corte para garantizar que quede una capa fina (normalmente de 50 mm) del pavimento existente, que luego se integrará a la capa a reciclar cuando se establezca la capa.

La capa que se encuentre alcanzada por la prepulverización debe de ser compactada luego del pulverizado, el requisito de compactación para dicha capa es alcanzar luego del paso de los equipos una densidad seca mayor o igual al 95% de la Densidad Seca Máxima correspondiente al ensayo Proctor AASHTO T180.

Hay que tener en cuenta que el material reciclado siempre se abulta (aumenta de volumen). Este aumento de elevación debe de considerarse cuando el reciclador realiza la segunda pasada de estabilización; se debe aumentar la profundidad de corte para lograr el plano de corte correcto.

7.2.1.4.- Distribución del material corrector (agregado y/o suelo)

Algunos proyectos requieren que se utilice agregados pétreos y/o suelos correctores que permitan lograr un esqueleto granular que cumpla con los requisitos establecidos en la presente especificación técnica.

Este o estos materiales deben ser distribuidos sobre la superficie de la carretera existente antes de su reciclaje. Dicho material normalmente se transporta al sitio y se vierte desde camiones para posteriormente proceder a mezclarlo y colocarlo con una motoniveladora hasta darle la forma de superficie requerida. Luego, el material se compacta hasta un grado de compactación mínimo del 95 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 de la mezcla de materiales correctores.

Cuando la carretera existente presente una deformación transversal tal que el espesor de la capa de materiales correctores varía excesivamente, el pavimento existente debe pulverizarse previamente.

La distribución del material corrector se debe de realizar inmediatamente antes del reciclaje.

7.2.1.5.- Distribución del filler activo

El filler activo debe esparcirse con precisión sobre la superficie de la carretera inmediatamente antes de comenzar a trabajar con la recicladora.

Para evitar pérdidas debido al viento u otras perturbaciones, como dar marcha atrás al tren sobre polvo previamente esparcido, la distribución del filler activo se limita a un ancho de corte a la vez en lugar de extenderse a todo el ancho que se reciclará ese día.

Resulta deseable y recomendable realizar la distribución del filler activo mediante medios mecánicos con equipos de acuerdo con lo establecido en el Punto 7.1.4. Sin embargo, cuando no se dispone de dicho

equipo, se puede realizar la aplicación mediante la distribución y apertura manual de bolsas; el cálculo de la superficie a cubrir por cada bolsa y el proceso de distribución deben de estar aprobados por el Director de Obra.

7.2.2.- Estabilizado y mezclado mediante recicladora

Antes de iniciar el proceso de estabilizado y mezclado mediante la recicladora, es necesario armar el tren de reciclado ubicando el equipo de suministro del ligante inmediatamente frente a la recicladora y el equipo de suministro de agua delante del tanque de emulsión asfáltica.

Los tubos de conducción del agua y de la emulsión asfáltica deben de estar sujetos de manera firme para evitar arrastre. Se tiene que purgar el sistema antes de iniciar la actividad con la recicladora.

Al comenzar a reciclar, la máquina debe acelerar lo más rápido posible hasta la velocidad óptima de avance, la cual debe de estar comprendida entre los 6 m/min y los 10 m/min. Se debe de verificar en el inicio si la profundidad de reciclado es la correcta.

Es necesario en el inicio de la actividad ajustar la cantidad de agua inyectada dado que puede diferir en +/- 0,5 % respecto de la determinada en laboratorio.

Es importante verificar el funcionamiento de la barra rociadora de agua y la humedad del material detrás de la recicladora (la cual debe estar comprendida dentro del entorno del 80 % al 90 % de la humedad óptima correspondiente a la densidad máxima seca obtenida del ensayo AASHTO T180) dado que dicho parámetro es una de las variables más importantes que influye en el producto final.

7.2.3.- Compactación primaria

Inmediatamente detrás de la recicladora se debe de iniciar el proceso de compactación primaria antes del paso de la niveladora, con el objetivo de lograr una uniformidad en el grado de compactación en todo el ancho de corte de la recicladora (caso contrario el material entre las huellas de las ruedas de la recicladora presenta un grado de compactación menor que el material debajo de las huellas de las ruedas de la compactadora).

El proceso de compactación primario debe de realizarse con un compactador metálico liso funcionando en modo de vibración de alta amplitud limitando la velocidad de trabajo de estos por debajo de los 3 km/h (50 m/min). Se podrá emplear, de ser necesario, para esta etapa de la compactación un rodillo tipo pata de cabra que complemente el efecto del rodillo liso.

El número de equipos de compactación debe ser tal que permita seguir el ritmo de trabajo planteado evitando que se dé una pérdida de humedad en los casos en los cuales la velocidad de la recicladora resulte superior a la del tren de compactación.

En esta etapa es recomendable alcanzar un grado de compactación tal que la densidad seca del material e la capa resulte igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

El número de pasadas del o de los equipos de compactación empelados se debe de establecer en el tramo de prueba; dicho número de pasadas dependerá de varios factores tales como peso del rodillo, amplitud de vibración, estado del pavimento subyacente, espesor de la capa, etc.

7.2.4.- Nivelación y corte de la capa precompactada

Una vez finalizado el proceso de precompactación indicado en el Punto 7.2.3 se procede a realizar el corte y nivelación de la capa mediante el uso de una motoniveladora.

La primera tarea de la motoniveladora es volver a trabajar los 50 a 75 mm superiores de la capa para eliminar los escalones y otras deformaciones que quedan después de la compactación primaria. Antes del inicio de estas tareas es necesario que un equipo regador de agua humedezca la superficie de la capa a tratar, de modo de evitar que material suelto que es movido por la motoniveladora se sitúe sobre una superficie seca; esto podría producir una fina capa que posteriormente se “deslamine” provocando una superficie de debilidad.

El corte de la motoniveladora debe de iniciarse en el lado superior del ancho hacia el inferior. La inclinación del corte debe ajustarse al perfil transversal del proyecto.

7.2.5.- Compactación final

Finalizadas las tareas con la motoniveladora, se procede a realizar la compactación final de la capa. Este proceso se debe de realizar utilizando un rodillo vibratorio de tambor liso, pudiendo incorporar de ser necesario un rodillo de neumáticos. Dado que el espesor de esta capa es relativamente delgado, el rodillo que se utiliza normalmente suele tener un peso del orden de las 10 t.

En esta instancia se debe de alcanzar un grado de compactación igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

De ser necesario alguna tarea extra de la motoniveladora, por ciertas imperfecciones que pueden aparecer, la misma debe de realizar el corte final desde el lado alto de la sección. Un rodillo vibratorio de tambor liso debe de seguir a la motoniveladora. A continuación, se humedece bien la superficie y se remata con el rodillo de neumáticos a una velocidad de entre 10 y 20 km/h. Mientras el rodillo neumático efectúa las pasadas, se agrega suficiente agua para generar un suave lodo (barro) que los neumáticos esparcen lateralmente, creando así un acabado superficial muy unido.

7.2.6.- Juntas transversales y longitudinales

7.2.6.1.- Juntas longitudinales

En la especificación técnica particular, o en su defecto antes de iniciar los trabajos, se debe de elaborar una planificación para la materialización de las juntas longitudinales. Esta planificación debe de estar autorizada por el Director de Obra antes del comienzo de las tareas.

El diseño de las juntas longitudinales dependerá principalmente del ancho de la sección a reciclar y del ancho de trabajo de la recicladora con la cual se van a llevar adelante las tareas.

Se debe de considerar un solapamiento mínimo entre dos fajas estabilizadas de 0,15 m. Dependiendo del caso particular (ancho a tratar y ancho de recicladora), pueden ser necesarios solapes de pasadas de más de 0,15 m; en ese caso solo se activarán los picos de las barras de suministro de agua y emulsión asfáltica que permitan cumplir la premisa de solapamiento 0,15 m en la zona de junta longitudinal. De no realizar esta operatoria se estaría duplicando la dosis de agua y emulsión asfáltica (con las consecuencias negativas desde el punto de vista técnico y económico) en un sector del ancho de tratamiento.

Dentro de las posibilidades de cada caso, se debe de evitar que las juntas longitudinales se materialicen dentro de la zona correspondiente a las huellas del tránsito o coincidan con las juntas longitudinales que tendrá la carpeta asfáltica o el tratamiento bituminoso que posteriormente se construya sobre la base estabilizada.

7.2.6.2.- Juntas transversales

Estas juntas generalmente corresponden con juntas de trabajo o constructivas, las cuales se constituyen en cada momento en el cual se detiene la recicladora.

El tratamiento que se le debe dar a la construcción de estas juntas depende del modelo y marca de la recicladora que se emplee en la obra, dado que existen diferencias en la gestión del arranque, especialmente en lo que respecta a los sistemas de aplicación de agua y emulsión asfáltica.

La metodología adoptada debe ser indicada en la especificación técnica particular o propuesta por la empresa contratista y aprobada por el Director de Obra. El objetivo que se persigue lograr con la metodología constructiva propuesta para este tipo de juntas es asegurar la continuidad del tratamiento en toda la junta, obteniendo propiedades similares del material en ambos lados de esta, evitando la denominada “unión seca” (que un sector de esta quede sin la aplicación de los agentes estabilizantes, en este caso emulsión asfáltica) que inevitablemente resultara en una falla prematura.

7.2.7.- Limpieza

El Contratista debe prestar especial atención en no afectar durante la realización de las obras la calzada existente o recién construida. Para tal efecto, todo vehículo que se retire del sector de obra debe ser sometido a una limpieza de los neumáticos, de manera tal que no marque ni ensucie tanto la calzada como la demarcación existente.

En caso de detectarse sectores de calzada manchados y/o sucios con material de obra, dentro del área de obra o fuera de ella, el Contratista debe hacerse cargo de la limpieza de estas de modo de reestablecer las condiciones iniciales.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Previo al inicio de los trabajos de manera sistemática, se debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de humectación, el mezclado, compactación y terminación necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente.

El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no el proceso constructivo. En el primer caso, se pueden iniciar las obras de manera sistemática. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.

- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la construcción de la base estabilizada con emulsión asfáltica in-situ sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de estas.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN Y HABILITACIÓN PARA COLOCACIÓN DE CAPA DE RODAMIENTO

9.1.- Temperatura de los agregados

No se debe iniciar la ejecución del estabilizado con asfalto espumado cuando:

- ❖ La temperatura de los agregados resulte inferior a 10 °C.

9.2.- Precipitaciones

Se debe interrumpir la ejecución de las obras cuando sea inminente la caída de precipitaciones.

9.3.- Habilitación para colocación capa de rodamiento

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares podrá fijar la condición que se debe cumplimentar para una vez concluida la construcción de la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ se pueda colocar sobre ella una capa bituminosa.

A diferencia de las capas granulares tradicionales, en este tipo de aplicaciones no tiene sentido especificar un requisito de contenido de humedad en relación con el contenido de humedad óptima del material que conforma la capa.

El mejor indicador del contenido de humedad en una capa estabilizada con emulsión es la estabilidad. La capa debe ser sometida al paso de un rodillo pesado de neumáticos (o un camión cisterna de agua completamente cargado) para determinar si la capa se deforma o se levanta bajo tal carga:

- ❖ Si no se observa deflexión, entonces el contenido de humedad se ha reducido lo suficiente como para pavimentar y compactar de manera segura una capa de rodadura.
- ❖ Sin embargo, si se detecta movimiento, el contenido de humedad aún es demasiado alto y se

debe retrasar la colocación de la superficie asfáltica para permitir que el contenido de humedad se reduzca aún más.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, mezclado y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el Punto 10. “Plan de Control de Calidad” del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra para realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote.
- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de Obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10.000 m³) de base granular construida.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Control de Calidad: ensayos sobre materiales, proceso de mezclado y unidad terminada, de los diferentes lotes ejecutados en este período.

El Director de Obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El presente Plan de Control de Calidad queda complementado con lo establecido en el Punto 11. “Requisitos del proceso constructivo y de la unidad terminada” para la cantidad de muestras, condiciones de ensayo, determinación de los parámetros en estudio y demás consideraciones.

El Director de Obra puede disponer el envío de una o más muestras de cualquier material involucrado en la obra (agregados, RAP, cementos, probetas, testigos, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV

con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de Obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de Obra. Si el Director de Obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo a adoptar del parámetro considerado.

Para determinar el equipo de transporte sobre el cual efectuar el muestreo para el control de un lote de producción, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. El mismo método se debe utilizar para determinar los puntos sobre la calzada donde efectuar el control de un lote de obra (para extracción de testigos, determinación de puntos de ensayo, etc.).

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o la aprobada por el Director de Obra.

Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de Obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

10.2.- Lotes

El control del proceso de mezclado, compactación y terminado de la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ se organiza por lotes de producción (dosificación y mezclado) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de obra

Se considera como lote de obra o lote de capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ colocada a la fracción menor que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- ❖ Una longitud menor o igual a mil metros (≤ 1.000 m) lineales de construcción, colocados en una sola capa.
- ❖ Lo ejecutado en media o una jornada de trabajo (el Director de Obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales. Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de diseño, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados

10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte gruesos es la que se indica en la Tabla 25.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coeficiente de desgaste Los Ángeles ⁽¹⁾	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Caras de fractura	IRAM 1851	Cada 30 lotes
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio ^{(2) (3)}	IRAM 1525	Cada 60 lotes
Limpieza ⁽⁴⁾	---	Cada 15 lotes

Tabla 25. Plan de ensayos sobre el agregado grueso

- ⁽¹⁾ En el caso de agregados “tipo basálticos”, la frecuencia de ensayo es de quince (15) días.
- ⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽⁴⁾ La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

9.3.1.2.- Agregados de aporte finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte finos es la que se indica en la Tabla 26.

Parámetro	Método	Frecuencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Cada 15 lotes
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes

Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE-EN 933-9	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1520	Cada 15 lotes

Tabla 26. Plan de ensayos sobre el agregado fino

⁽¹⁾ Cuando corresponda

10.3.2.- Agregados provenientes del RAP

10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 27.

Parámetro	Método	Frecuencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM1703	Al presentar fórmula de obra

Tabla 27. Plan de ensayos sobre el agregado grueso proveniente del RAP

10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 28.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Mensual

Tabla 28. Plan de ensayos sobre el agregado fino proveniente del RAP

10.3.3.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para los suelos de aporte es la que se indica en la Tabla 29.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Sulfatos	VN-E18-89	Cada 30 lotes

Límite líquido	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505	Cada 15 lotes
	IRAM 1501	

Tabla 29. Plan de ensayos sobre los suelos de aporte

10.3.4.- Cementos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases de doble bolsa de 200 micrómetros y cierre con precintos plásticos) desde el camión tolva, y serán debidamente conformadas e identificadas por el Director de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas por un período de 30 días en perfecto estado de conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y del Director de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.5.- Cal hidráulica

La frecuencia mínima de ensayos para la cal hidráulica es la que se indica en la Tabla 30.

Parámetro	Método	Frecuencia
Densidad ⁽¹⁾	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1542	Cada 15 lotes

Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

10.3.6.- Emulsión asfáltica

La frecuencia mínima de ensayos para la emulsión asfáltica es la que se indica en la Tabla 31.

Parámetro	Método	Frecuencia
Retenido en tamiz 850 um ⁽¹⁾	IRAM 6837	Cada 5 lotes
Contenido de asfalto ⁽¹⁾	IRAM 6719	Cada 5 lotes
Recuperación elástica torsional del residuo asfáltico ^{(1) (2)}	IRAM 6830	Cada 5 lotes
Resto de los parámetros contemplados en la Norma IRAM 6691 ⁽³⁾	---	Cada 60 lotes

Tabla 31. Plan de ensayos sobre el emulsión asfáltica

⁽¹⁾ Se debe realizar sobre una muestra representativa del tanque de almacenamiento.

- (2) Cuando la emulsión asfáltica empleada sea modificada.
- (3) Se debe de reemplazar por IRAM 6698 para el caso de utilizar emulsiones asfálticas modificadas.

10.3.7.- Aditivos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deben tomar muestras duplicadas de quinientos centímetros cúbicos (500 cm³) de cada partida de aditivo. Para ello, se deben emplear envases plásticos herméticos, sin uso previo, debidamente conformado e identificado por el Director de Obra y el Contratista, a fin de proceder a su mantenimiento en reserva por un período de treinta (30) días. Los grupos de muestras deben quedar en poder de la Contratista y del Director de Obra.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración del material estabilizado con emulsión asfáltica in-situ (dosificación y mezclado)

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la elaboración (dosificación y mezclado); la misma se resume en la Tabla 32.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Humedad óptima	ASTHO T180	Cada lote de obra
Densidad máxima seca	ASTHO T180	Cada lote de obra
Granulometría	IRAM 1501 IRAM 1505	Cada lote de obra
Contenido de ligante asfáltico	(1)	Cada lote de obra
Dotación de filler activo	(2)	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI _{SECA}) (3)	ANEXO C	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI _{HUMEDA}) (3)	ANEXO C	Cada 5 lotes de obra

Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración

(1) La metodología se detalla en el Punto 11.1.2. "Contenido de ligante asfáltico (lote de obra)".

(2) La metodología se detalla en el Punto 11.1.3. "Dotación de filler activo (lote de obra)".

- ⁽³⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida en el ensayo AASHTO T180.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada. Los mismos se resumen en la Tabla 33.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Determinación del ancho	---	Cada 100 m
Evaluación visual superficial ⁽¹⁾	---	Cada lote de obra
Grado de compactación ^{(2) (3)}	VN-E8-66	Cada lote de obra
Humedad	IRAM 10519	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra

Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada

- ⁽¹⁾ Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.
- ⁽²⁾ La verificación del grado de compactación debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas luego de finalizado el proceso de compactación.
- ⁽³⁾ El empleo del densímetro nuclear o densímetro eléctrico debe ser aprobado por el Director de Obra; asimismo el uso de estos debe ser contemplado sólo para aquellos casos en los que se haya correlacionado el método el Tramo de Prueba, y en que la granulometría informada en la Fórmula de Obra así lo permita.

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra)

11.1.1.- Granulometría (lote de obra)

Para la determinación de la granulometría del lote de obra en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de la parte trasera de la

recicladora, es decir, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera granulometría media del esqueleto granular al promedio de las granulometrías obtenidas en los ensayos realizados sobre el lote de obra en estudio.

La granulometría media de los agregados debe cumplir con las tolerancias admisibles, respecto a la granulometría de la Fórmula de Obra vigente, indicadas en la Tabla 34.

Sin perjuicio de lo anterior, la granulometría media de la capa granular, con sus tolerancias, bajo ningún concepto puede salirse por fuera del huso granulométrico establecido en el Punto 6.2 “Huso granulométrico”.

50 mm	25,4 mm	12,7 mm	4,75 mm	2 mm	0,42 mm	75 µm
(2")	(1")	(1/2")	(N° 4)	(N° 10)	(N° 40)	(N° 200)
+/- 6 %	+/- 5 %	+/- 5 %	+/- 4 %	+/- 4 %	+/- 3 %	+/- 2 %

Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

Para la determinación del contenido de ligante asfáltico del lote de obra de la mezcla estabilizada, se debe de efectuar el cálculo de la cantidad de emulsión asfáltica utilizada en la construcción del lote de obra en estudio.

Para ello, una vez finalizados los trabajos de reciclaje del lote de obra, se debe determinar el consumo de emulsión asfáltica a partir de realizar pesadas (antes del inicio de las tareas y al finalizar las mismas) en una báscula calibrada del equipo de suministro de la emulsión asfáltica.

Luego con los valores del ancho del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.3), espesor del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.2), densidad máxima seca del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.1) y la cantidad de emulsión asfáltica consumida se debe calcular el contenido de ligante asfáltico del lote en estudio.

El contenido medio de ligante asfáltico del material que conforma la capa estabilizada del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas porcentuales ($\pm 0,5 \%$) respecto del contenido de cemento asfáltico correspondiente a la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

11.1.3.- Dotación de filler activo

Para la determinación de la dotación de filler activo aplicado (cal hidratada o cemento), la metodología de control depende del sistema de distribución.

Si la distribución se realiza mediante un equipo para tal fin, se debe emplear como método de control el “parche de lona”, el cual consiste en disponer sobre la superficie a cubrir no menos de tres lonas de 1 m² de superficie. La ubicación de estas sobre la superficie a tratar debe ser de manera aleatoria, según lo indicado en el Punto 10.1. “Generalidades”. En cada uno de estos elementos o parches se debe determinar la dotación de filler activo en kg/m², adoptando como dotación media de filler activo el lote de obra en estudio al promedio de dichos valores individuales.

Cuando la distribución del filler activo se realice manualmente mediante bolsas, se cuenta el número de bolsas abiertas y esparcidas en una determinada área del lote de obra en estudio. Luego, el peso de filler activo que se esparció se divide por el área en el cual se encontraban las bolsas contadas, obteniendo la dotación de filler activo del lote de obra en kg/m².

La dotación media de filler activo del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas porcentuales ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Dotación de filler activo correspondiente a la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición seca de la capa estabilizada con emulsión asfáltica se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa estabilizada; muestra que deberá ser tomada en la zona detrás de la recicladora.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4”). Posteriormente se procede a la compactación, curado y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio debe verificar el requisito establecido en el Punto 6.3 de la presente especificación.

11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición húmeda del estabilizado con emulsión asfáltica se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra

del material que conforma la capa estabilizada; muestra que deberá ser tomada en la zona detrás de la recicladora.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado, acondicionamiento en agua y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio debe verificar el requisito establecido en el Punto 6.3 de la presente especificación.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

Se deben determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, cinco o más (≥ 5) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad seca del material compactado. La determinación de la densidad seca debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas desde que se finaliza la compactación de la capa.

La determinación de los puntos a evaluar sobre la superficie del lote de obra se debe efectuar según lo descrito en el Punto 10.1. "Generalidades".

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 35.

Valor medio de densidad seca $\geq 98 \%$
Valor individual de densidad seca $\geq 97 \%$ ⁽¹⁾

Tabla 35. Requisitos de densidad seca de capa compactada

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

11.2.2.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ se puede hacer sobre los puntos empleados para cumplimentar el Punto 11.2.1. "Grado de compactación (lote de obra)".

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimétrica. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores de los testigos del lote de obra resulte inferior al cinco por ciento (5 %).

11.2.3.- Ancho (cada 100 m)

La determinación del ancho de la capa se debe verificar en perfiles transversales cada cien metro (100 m).

El ancho de cada capa considerada en ningún caso debe ser inferior al ancho teórico indicado en los Planos de Proyecto.

11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual de la superficie del lote de obra, o de un área parcial del mismo, debe mostrar homogeneidad y no se debe observar ningún tipo de segregación, desprendimiento, manchas de suelos cohesivos, o ningún otro defecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo se aplican sobre los lotes definidos en el Punto 10.2. "Lotes".

En todos los casos en que se rechace un lote o zonas puntuales con problemas superficiales por segregaciones, todos los costos asociados a la remediación de la situación (remoción, tratamiento de los productos generados de la demolición, reposición de la capa, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de obra)

12.1.1.- Granulometría (lote de obra)

La aceptación del lote de obra en relación con la granulometría se da si se cumple lo establecido en el Punto 11.1.1. "Granulometría (lote de obra)".

Si, con la excepción de un tamiz de control, la granulometría media cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el Punto 11.1.1. "Granulometría (lote de obra)", y este tamiz se encuadra dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote de obra.

Si, con dos o más tamices de control, la granulometría media de los agregados no cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el Punto 11.1.1. "Granulometría (lote de obra)", pero se encuadran

dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote en estudio con un descuento del cinco por ciento (5 %).

37,5 mm (1 1/2")	9,5 mm (3/4")	4,75mm (N°4)	75 um (N°200)
+/- 9 %	+/- 8 %	+/- 6 %	+/- 4 %

Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

Si la granulometría media de los agregados no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio, teniendo el Contratista que proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con este último ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

El contenido de emulsión asfáltica del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.2. "Contenido de ligante asfáltico (lote de obra)".

Si el contenido medio de ligante asfáltico del lote de obra en estudio no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,5$ %) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos siete décimas por ciento ($\pm 0,70$ %), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la capa estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si el contenido medio de ligante asfáltico no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.3.- Dotación de filler activo

La dotación de filler activo del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.3. "Dotación de filler activo (lote de obra)".

Si la dotación media de filler activo del lote de obra no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas por ciento ($\pm 0,2$ %) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,50$ %), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre

que la base granular reciclada y estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si la dotación media de filler activo del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La resistencia media a tracción indirecta en condición seca del lote en estudio de la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.4. “Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})”.

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.4 pero resulta superior a 150 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición seca no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda ($RTI_{HÚMEDA}$)

La resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda del lote en estudio de la capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.5. “Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda ($RTI_{HÚMEDA}$)”.

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.5 pero resulta superior a 75 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación del lote de capa estabilizada con emulsión asfáltica in-situ debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.2.1. “Grado de compactación (lote de obra)”.

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el Punto 11.2.1. “Grado de compactación (lote de obra)” pero se verifica lo establecido en la Tabla 37, se acepta el lote de obra, pero corresponde un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra en estudio.

Valor medio de densidad seca $\geq 98 \%$
Valor individual de densidad seca $\geq 96 \%$ ⁽¹⁾

Tabla 37. Requisitos de densidad seca

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

Si la densidad media del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa.

12.2.2.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.2. “Espesor (lote de obra)”.

Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumple que el coeficiente de variación es mayor al veinte por ciento (20 %) y menor al veinticinco por ciento (25 %), se acepta el lote de obra con una penalidad (descuento) del cinco por ciento (5 %).

Si el espesor medio del lote de obra es inferior al espesor de proyecto o el coeficiente de variación es mayor al ocho por ciento (25 %), se rechaza el lote.

En este caso el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa; o, previa autorización y aprobación del Director de Obra, arbitrar los medios necesarios sobre la capa rechazada para reparar el defecto, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Esto es posible si la capa resultante cumple con el resto de los requisitos de los establecidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.

12.2.3.- Ancho (cada 100 m)

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el Punto 11.2.3. “Ancho (cada 100 m)” de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.4. “Evaluación visual de la superficie (lote de obra)”.

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y reposición de la capa rechazada.

13.- MEDICIÓN

La ejecución de las capas consideradas en el presente documento se mide en metros cuadrados (m²) ejecutados. Los valores surgen del producto entre la longitud del lote ejecutado por su ancho.

Al área resultante se le debe aplicar, si los hubiese, los descuentos por penalidades o bonos adicionales; estos son acumulativos.

14.- FORMA DE PAGO

Los insumos, su transporte, la ejecución, compactación y terminación del estabilizado con emulsión asfáltica in-situ se paga por metro cuadrado terminado, medida en la forma establecida en el Punto 13. “Medición”, a los precios unitarios de contrato para los ítems respectivos.

Estos precios son compensación total por las siguientes tareas:

- ❖ Barrido y soplado de la superficie a recubrir.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados y suelos.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del filler activo y adiciones minerales.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del cemento asfáltico.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del agua de mezclado.
- ❖ El proceso de dosificación, mezclado y distribución de la capa granular.
- ❖ Los procesos involucrados en la compactación, terminación y curado de la capa.

- ❖ Las posibles correcciones de los defectos constructivos.
- ❖ La señalización y conservación de los desvíos durante la ejecución de los trabajos.
- ❖ Todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación del ítem según lo especificado.

No se abonan los sobreanchos, los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes, ni los aumentos de espesor por correcciones superficiales.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de cada una de las capas contempladas en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Si el deterioro de alguna de las capas ejecutadas afectara la calzada, bases, capas intermedias y/o subrasante, el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas, como así también de depresiones, de baches aislados y de pequeñas superficies se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

ÍNDICE

Sección 3.D3 – Capas Estabilizadas con emulsión asfáltica en planta

ÍNDICE DE TABLAS.....	6
1.- DESCRIPCIÓN.....	8
2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.....	8
3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA.....	8
3.1. Definición de RAP.....	8
3.2. Emulsión asfáltica.....	9
3.3.- Nomenclatura para capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante emulsión asfáltica.....	9
4.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES.....	9
4.1.- Agregados de aporte.....	10
4.1.1.- Características generales.....	10
4.1.2.- Agregado grueso.....	11
4.1.2.1.- Definición de agregado grueso.....	11
4.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso.....	11
4.1.3.- Agregado fino virgen.....	13
4.1.3.1.- Definición de agregado fino.....	13
4.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen.....	13
4.2.- RAP.....	14
4.2.1.- Características generales.....	14
4.2.2.- Agregado grueso proveniente del RAP.....	16
4.2.2.1.- Definición de agregado grueso.....	16
4.2.2.2.- Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP.....	16

4.2.3. Agregado fino proveniente del RAP	16
4.2.3.1. Definición de agregado fino	16
4.2.3.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP	16
4.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular	16
4.4.- Suelos de aporte	17
4.4.1.- Características generales.....	17
4.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte	18
4.5.- Cementos	18
4.5.1.- Características generales.....	18
4.5.2.- Cemento Portland para uso general	19
4.5.2.- Cemento Portland con propiedades especiales.....	19
4.6.- Cal hidratada.....	20
4.6.1.- Características generales.....	20
4.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo.....	20
4.7.- Emulsión asfáltica.....	21
4.8.- Agua.....	21
4.9.- Aditivos.....	22
5.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA.....	22
5.1.- Espesor de la capa	22
5.2.- Huso granulométrico.....	22
5.3.- Criterios para el proceso de diseño	23
5.4.- Presentación de la Fórmula de Obra.....	24
6.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.....	25
6.1.- Equipos de obra.....	25
6.1.1.- Tanques de almacenamiento de la emulsión asfáltica	25
6.1.2.- Planta asfáltica.....	26
6.1.3.- Equipos de distribución.....	27

6.1.4.- Equipos de compactación	28
6.2.- Ejecución de las obras	29
6.2.1.- Preparación de la superficie de apoyo	29
6.2.2.- Proceso de elaboración del material granular	30
6.2.2.1.- Alimentación de los agregados	30
6.2.2.2.- Alimentación del RAP	30
6.2.2.3.- Carga en los equipos de transporte	30
6.2.3.- Transporte del material granular	30
6.2.4.- Colocación	30
6.2.5.- Compactación primaria	31
6.2.6.- Compactación final	31
6.2.7.- Juntas transversales y longitudinales	32
6.2.7.1.- Juntas longitudinales	32
6.2.7.2.- Juntas transversales	32
6.2.8.- Curado	33
6.2.9.- Limpieza	34
7.- TRAMO DE PRUEBA	34
8.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN	35
8.1.- Temperatura de los agregados	35
8.2.- Precipitaciones	35
9.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD	35
9.1.- Generalidades	35
9.2.- Lotes	35
9.2.1.- Definición de lote de producción	37
9.2.2.- Definición de lote de obra	37
9.3.- Plan de ensayos sobre los materiales	37
9.3.1.- Agregados	38
9.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos	38
9.3.1.2.- Agregados de aporte finos	38
9.3.2.- Agregados provenientes del RAP	39

9.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP	39
9.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP	39
9.3.3.- Suelos de aporte	39
9.3.4.- Cementos	40
9.3.5.- Cal hidráulica	40
9.3.6.- Emulsión asfáltica	40
9.3.7.- Aditivos	41
9.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración en planta (dosificación y mezclado) de la capa granular reciclada y estabilizada	41
9.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada	42
10.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA	42
10.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)	42
10.1.1.- Granulometría (lote de producción)	42
10.1.2.- Contenido de ligante asfáltico	43
10.1.3.- Dotación de filler activo	43
10.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})	44
10.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})	44
10.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)	45
10.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)	45
10.2.2.- Espesor (lote de obra)	45
10.2.3.- Ancho (cada 100 m)	46
10.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)	46
11.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO	46
11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)	46
11.1.1.- Granulometría (lote de producción)	46
11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico	47
11.1.3.- Dotación de filler activo	47
11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})	48
11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})	48
11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)	48
11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)	48

11.2.2.- Espesor (lote de obra).....	49
11.2.3.- Ancho (cada 100 m).....	49
11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra).....	49
12.- MEDICIÓN	50
13.- FORMA DE PAGO	50
14.- CONSERVACIÓN	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN.....	8
Tabla 2. SISTEMA DE DESIGNACIÓN DE LAS BASES GRANULARES RECICLADAS Y ESTABILIZADAS EN PLANTA MEDIANTE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 3. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE AGREGADOS.....	11
Tabla 4. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS.....	12
Tabla 5. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS “TIPO BASÁLTICOS”.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 6. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 7. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DEL RAP.....	15
Tabla 8. REQUISITOS PARA EL AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DEL RAP.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 9. REQUISITOS DE LOS AGREGADOS FINOS PROVENIENTES DEL RAP.....	16
Tabla 10. REQUISITOS DEL ESQUELETO GRANULAR.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 11. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ACOPIO DE LOS SUELOS DE APORTE.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 12. REQUISITOS DE LOS SUELOS DE APORTE.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 13. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE LOS CEMENTOS.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 14. REQUISITOS PARA EL APROVISIONAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE CAL HIDRÁULICA.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 15. REQUISITOS DE LA CAL HIDRATADA.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 16. REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DE LA CAL HIDRATADA.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 17. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE LAS CAPAS GRANULARES RECICLADAS Y ESTABILIZADAS EN PLANTA MEDIANTE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	23
Tabla 18. CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS CAPAS GRANULARES RECICLADAS Y ESTABILIZADAS EN PLANTA MEDIANTE EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	24
Tabla 19. REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA.....	iError! Marcador no definido.
Tabla 20. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LAS EMULSIONES ASFÁLTICAS.....	26
Tabla 21. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS.....	27

Tabla 22. REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN Y COLOCACIÓNiError!

Marcador no definido.

Tabla 23. REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN...iError! Marcador no definido.

Tabla 24. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO.....38

Tabla 25. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO.....39

Tabla 26. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DEL RAP.....39

Tabla 27. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO PROVENIENTE DEL RAP.....39

Tabla 28. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS SUELOS DE APORTE.....40

Tabla 29. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA CAL HIDRÁULICA.....40

Tabla 30. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....40

Tabla 31. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL PROCESO DE ELABORACIÓN.....41

Tabla 32. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LA UNIDAD TERMINADA.....42

Tabla 33. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....43

Tabla 34. REQUISITOS DE DENSIDAD SECA DE CACA COMPACTADA.....45

Tabla 35. TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS DE LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS.....46

Tabla 36. REQUISITOS DE DENSIDAD SECA.....49

1.- DESCRIPCIÓN

Esta sección comprende a la construcción de material estabilizado en planta mediante emulsión asfáltica consiste en una mezcla homogénea, en las proporciones adecuadas de RAP, agregados de aporte, suelo de aporte, cemento, agua y un ligante asfáltico en forma de emulsión asfáltica, dosificada y mezclada en una planta fija diseñada para tal fin, transportada, colocada, compactada y curada convenientemente para ser utilizada como capa estructural en pavimentos.

Las cantidades de betún residual en la estabilización no suelen exceder el 2,5% (expresado en peso) del agregado seco. En la mayoría de las situaciones, también se agrega a la mezcla un filler activo que puede ser cemento o cal hidratada; la adición de cemento nunca debe exceder el 1%.

2.- NORMAS TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Las Normas técnicas de aplicación en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales son las que se resumen en la Tabla 1.

UNIT	Instituto Uruguayo de Normas Técnicas Uruguayo de Normas Técnicas
IRAM	Normas del Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Argentina
AASHTO	American Association of State Highways and Transportation Officials, USA.
ASTM	American Society for Testing and Materials, USA.
EN	Normas Comunidad Europea

Tabla 1. Normas técnicas de aplicación

Para todos los casos en los cuales se utilicen las Normas mencionadas en el presente documento, se debe utilizar la última versión vigente.

3.- DEFINICIÓN Y NOMENCLATURA

3.1. Definición de RAP

Se define como RAP (Pavimento Asfáltico Reciclado) en la presente especificación técnica a todo material proveniente del fresado de una capa asfáltica. El RAP está compuesto por agregados pétreos cubiertos de un ligante asfáltico que ha experimentado cambios en su comportamiento reológico durante su vida en servicio.

3.2. Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica es una dispersión coloidal de glóbulos de asfalto (fase dispersa) en agua (fase dispersante). Las emulsiones asfálticas contienen en el orden de 60 % en peso de asfalto y un 40 % de agua.

A temperatura ambiente presentan una viscosidad tal que permite su manipulación y el mezclado con agregados pétreos.

Se las clasifica en aniónicas y catiónicas de acuerdo a la carga eléctrica que los aditivos emulgentes le otorgan a los glóbulos de asfalto; también se las puede clasificar de acuerdo a la velocidad de rotura en rápidas, medias, lentas y superestables.

3.3.- Nomenclatura para capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante emulsión asfáltica

A continuación, se resume en la tabla 2, el sistema de designación para las capas granulares recicladas y estabilizadas en planta mediante emulsión asfáltica que se utiliza a lo largo de la presente especificación técnica general.

EA-EM-EP

Tabla 2. Sistema de designación de estabilizados con emulsión asfáltica en planta

Donde:

EA-EM-EP: Estabilizado con emulsión asfáltica en planta (también denominado BSM-Emulsion)

4.- ÍNDICE DE PRESTACIÓN

Los requisitos de los materiales componentes, de las mezclas elaboradas, como así también de la calidad final de la capa, se encuentran diferenciados en la presente especificación técnica de acuerdo con el índice de prestación adoptado para cada proyecto.

El índice de prestación debe ser indicado en la especificación técnica particular, si así no ocurriese se debe de adoptar el índice de prestación P1.

A continuación, se resumen en la Tabla 3 los dos (2) índices de prestación considerados en el presente documento.

Índice de prestación (IP)	P1	P2
---------------------------	----	----

Tabla 3. Índices de prestación

5.- REQUISITOS DE LOS MATERIALES

5.1.- Agregados de aporte

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear agregados cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requieran.

En caso de emplearse materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, debe hacerse un estudio que demuestre la aptitud de este para ser empleado, que debe ser aprobado por el Director de Obra.

5.1.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los agregados de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 4.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. Los agregados deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos. ❖ Deben provenir de rocas sanas y no deben ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los agregados se deben producir o suministrar en fracciones granulométricas diferenciadas, que se deben acopiar y manejar por separado hasta su introducción en las tolvas en frío. Cada fracción debe ser suficientemente homogénea y se debe poder acopiar y manejar sin que se verifique segregación. ❖ Cada fracción del agregado se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar

	<p>los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m). El terreno debe tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de los agregados, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de un agregado, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.
--	---

Tabla 4. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de agregados

5.1.2.- Agregado grueso

5.1.2.1.- Definición de agregado grueso

Bajo la denominación de “Agregado grueso”, destinado a la preparación de capas estabilizadas con emulsión asfáltico en planta, se agruparán todos los agregados de origen mineral que queden retenidos en el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.2.2.- Requisitos del agregado grueso

Los requisitos que cumplir por los agregados gruesos dependen de la ubicación de la capa asfáltica. Los mismos se establecen en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

El agregado grueso será por lo general de una única procedencia y naturaleza. En el caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 5 y en la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
Elongación	IRAM 1687-2	Determinación obligatoria

Ensayo	Norma	Exigencia
Índice de lajas	IRAM 1687-1	≤40
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles” ⁽¹⁾	IRAM 1532	≤35
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	No Plástico
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Recomendado ⁽²⁾
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1533	Determinación obligatoria
Caras de fractura	IRAM 1851	El 90 % de las partículas debe tener al menos una cara de fractura
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio	IRAM 1525	Recomendado ^{(2) (3)}

Tabla 5. Requisitos de los agregados gruesos

⁽¹⁾ Para agregados tipo basálticos, se deben verificar los requisitos de la Tabla 6.

⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de “Tipo Basálticos”, los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla 6.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste "Los Ángeles"	IRAM 1532	≤ 25

Tabla 6. Requisitos de los agregados gruesos "tipo basálticos"

5.1.3.- Agregado fino virgen

5.1.3.1.- Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz N°4 (4,75 mm).

5.1.3.2.- Requisitos del agregado fino virgen

Los requisitos que cumplir por los agregados finos dependen del índice de prestación. Los mismos se establecen en la Tabla 7.

El agregado fino debe ser por lo general de una única procedencia y naturaleza. En caso de que se empleen agregados de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 7.

Los agregados finos que emplear en la construcción de capas granulares cementadas recicladas in-situ no deben provenir de canteras de naturaleza caliza.

Ensayo	Norma	Exigencia
Coeficiente de desgaste "Los Ángeles"	IRAM 1532	La fracción gruesa de la cual proviene el agregado fino debe cumplir las exigencias de la Tabla 5 y Tabla 6 (si corresponde) para el Coeficiente de desgaste Los Ángeles.
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 40

Ensayo	Norma	Exigencia
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Debe ser tal que permita cumplir con la granulometría establecida para la Fórmula de Obra.
Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE EN 933-9	≤ 7 gramos/kilogramo
Determinación de la densidad relativa y de la densidad aparente	IRAM 1520	Determinación obligatoria

Tabla 7. Requisitos de los agregados finos

⁽¹⁾ El Índice de Azul de Metileno se debe hacer sólo en caso de que el Ensayo de Equivalente de Arena arroje un resultado menor a cincuenta por ciento (<40 %) y mayor o igual cuarenta por ciento (≥ 30 %).

5.2.- RAP

5.2.1.- Características generales

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede exigir propiedades o requisitos adicionales cuando se vaya a emplear RAP cuya naturaleza, procedencia o estado fisicoquímico así lo requiera.

El RAP por incorporar debe tener un tamaño máximo menor o igual a treinta milímetros (≤ 30 mm), o el que establezca el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

Los requisitos generales que debe cumplir el RAP para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 8.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El RAP debe provenir de mezclas asfálticas, ya sea del pavimento existente en la obra a rehabilitar o de un acopio de otro origen. El mismo debe cumplir con las exigencias de la presente especificación técnica. ❖ El RAP debe tener trazabilidad vinculada con la procedencia de este. ❖ El agregado pétreo del RAP debe provenir de rocas sanas y no debe ser susceptibles de ningún tipo de meteorización o alteración fisicoquímica. ❖ Tampoco deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños

	a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
Acopios	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Cada fracción se debe identificar y acopiar en forma separada, de acuerdo con criterios basados en el tamaño máximo, origen del RAP o tipos de mezclas asfálticas. ❖ El número mínimo de fracciones debe ser de uno (1). El Director de Obra puede exigir un mayor número de fracciones, si lo estima necesario, para cumplir las tolerancias exigidas en el Punto 5.2. “Husos granulométricos”. ❖ Cada fracción de RAP se debe acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. ❖ Los acopios se deben disponer sobre zonas consolidadas o pavimentadas para evitar la contaminación con suelo. Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Los acopios no deben tener forma cónica ni una altura superior a tres metros (3 m). ❖ El terreno debe tener pendientes no inferiores al dos y medio por ciento (2,5 %) para el drenaje. Es recomendable que los acopios de RAP se mantengan cubiertos (al resguardo de las lluvias), permitiendo la circulación de aire. ❖ Cuando se detecten anomalías en la producción o suministro de RAP, estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptabilidad. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia del RAP, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra. ❖ El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. ❖ El tiempo de almacenamiento en acopio del RAP debe ser el mínimo posible, para evitar que el contenido de humedad del RAP aumente excesivamente, de todas maneras, dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a siete (7) días de trabajo con la producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de terrones de arcilla, materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la mezcla o capa con ellos eventualmente ejecutada.

Tabla 8. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio del RAP

5.2.2.- Agregado grueso proveniente del RAP

5.2.2.1. Definición de agregado grueso

Se define como agregado grueso, la parte del agregado total retenida en el tamiz 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.2.2. Requisitos del agregado grueso recuperado del RAP

Los requisitos por cumplir para los agregados gruesos recuperados del RAP se establecen en la Tabla 9. Cualquier otro requisito puede ser solicitado en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM1703	Determinación obligatoria.

Tabla 9. Requisitos para el agregado grueso proveniente del RAP

5.2.3. Agregado fino proveniente del RAP

5.2.3.1. Definición de agregado fino

Se define como agregado fino la parte del agregado total pasante por el tamiz IRAM 4,75 mm según Norma IRAM 1501.

5.2.3.2. Requisitos del agregado fino recuperado del RAP

Los requisitos sobre el agregado fino recuperado del RAP se establecen en la Tabla 10. Se pueden establecer requisitos adicionales en la especificación técnica particular.

Ensayo	Norma	Exigencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	≥ 35

Tabla 10. Requisitos de los agregados finos provenientes del RAP

5.3.- Requisitos de la mezcla de agregados que componen el esqueleto granular

La mezcla de las diferentes fracciones de agregados que componen el esqueleto granular debe cumplir las prescripciones de la Tabla 11.

Parámetro	Norma	Exigencia
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 μm ⁽¹⁾	IRAM 10501	≤ 6

Tabla 11. Requisitos del esqueleto granular

- ⁽¹⁾ Al momento de efectuar la mezcla de componentes en las proporciones participantes, se deben de considerar los espesores y las densidades in-situ de los materiales provenientes de las capas existentes en el pavimento a reciclar.

5.4.- Suelos de aporte

El Director de Obra puede exigir propiedades, requisitos y/o ensayos adicionales cuando se vayan a emplear suelos de aporte cuya naturaleza, procedencia o estado físico-químico así lo requieran.

5.4.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los suelos de aporte para el aprovisionamiento y acopio son los que se establecen en la Tabla 12.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte deben ser de origen natural, y deben cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica.
Resistencia, durabilidad y reactividad	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los suelos de aporte a emplear en la ejecución de la capa granular no deben contener sustancias que afecten la resistencia y durabilidad de la capa granular, en cantidades mayores a las establecidas en la presente especificación. ❖ Los suelos de aporte no deben dar origen, con el agua, a disoluciones que causen daños a estructuras u otras capas del paquete estructural o contaminar corrientes de agua.
	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Previo acopio, en caso de ser necesario, los suelos de aporte deben ser cribados y pulverizados, de manera de verificar los requisitos establecidos en el Punto 5.4.2. "Requisitos de los Suelos de aporte" ❖ Los suelos de aporte de diferente procedencia se deben acopiar separada de las demás, para evitar contaminaciones. Los acopios se deben disponer preferiblemente sobre zonas consolidadas. ❖ Si se dispusieran sobre el terreno natural, no se deben utilizar los quince centímetros (15 cm) inferiores. ❖ Cuando se detecten anomalías en suministro de los Suelos de aporte,

Acopios	<p>estas partidas se deben acopiar por separado hasta confirmar su aceptación o rechazo. Esta misma medida se debe aplicar cuando esté pendiente de autorización el cambio de procedencia de los Suelos de aporte, lo cual obliga al estudio de una nueva Fórmula de Obra.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ El Director de Obra, debe fijar el volumen mínimo de acopios antes de iniciar las obras. Salvo justificación en contrario dicho volumen no debe ser inferior al correspondiente a quince (15) días de trabajo para el nivel de producción prevista. ❖ Los acopios deben estar limpios, exentos de materia vegetal u otras materias extrañas que puedan afectar la durabilidad de la capa con ellos eventualmente ejecutada. ❖ No se permite el uso de suelos de aporte que provengan de acopios congelados, o que contengan hielo.
---------	---

Tabla 12. Requisitos para el aprovisionamiento y acopio de los suelos de aporte

5.4.2.- Requisitos de los suelos de aporte

Los requisitos para cumplir por los suelos de aporte se establecen en la Tabla 13. Los suelos de aporte son por lo general de una única procedencia y naturaleza.

En el caso de que se empleen suelos de aporte de distinta procedencia, cada una de ellas debe cumplir individualmente las prescripciones establecidas en la Tabla 13.

Ensayo	Norma	Exigencia
Sales totales	VN-E18-89	< 1,2 %
Sulfatos	VN-E18-89	< 0,3 %
Límite líquido	IRAM 10501	≤ 35
Índice de plasticidad	IRAM 10501	≤ 10
Granulometría	IRAM 1505	Determinación obligatoria

Tabla 13. Requisitos de los suelos de aporte

5.5.- Cementos

5.5.1.- Características generales

Los requisitos generales que deben cumplir los cementos para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 14.

Característica	Requisitos
----------------	------------

Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los cementos deben cumplir las exigencias establecida en la presente especificación técnica. ❖ Los cementos deben tener trazabilidad, debe llevarse un registro de la procedencia de estos.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los materiales aglomerantes deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ El cemento envasado se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Los cementos de distinto tipo, marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, el cemento se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si el cemento estuvo almacenado en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1.000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento. ❖ Cuando se detecten anomalías en el suministro de cemento, estas partidas se deben almacenar por separado hasta confirmar su aceptabilidad.

Tabla 14. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de los cementos

5.5.2.- Cemento Portland para uso general

El cemento Portland para uso general a emplear se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50000.

5.5.2.- Cemento Portland con propiedades especiales

Cuando se requiera el uso de cemento con propiedades especiales, el cemento se debe encuadrar dentro de los requisitos establecidos en la norma IRAM 50001.

5.6.- Cal hidratada

5.6.1.- Características generales

Los requisitos generales que debe cumplir la cal hidratada para el aprovisionamiento y almacenamiento son los que se establecen en la Tabla 15.

Característica	Requisitos
Procedencia	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La cal hidráulica empleada debe cumplir las exigencias establecidas en la presente especificación técnica. ❖ Debe de tener trazabilidad y llevarse un registro de la procedencia de estos.
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Deben protegerse de la humedad durante el transporte y el almacenamiento. ❖ La cal hidráulica envasada se debe conservar en su envase original hasta el momento de su empleo, y se debe acopiar bajo techo, separando las bolsas del suelo y de las paredes, como mínimo, a una distancia de quince centímetros (15 cm). La altura del acopio debe ser igual o menor que diez (10) bolsas. ❖ Las cal hidráulicas de distinta marca o partida se deben almacenar separadamente y por orden cronológico de llegada. Su empleo se debe efectuar en el mismo orden. En el momento de incorporarlo a la mezcladora, la cal se debe encontrar en perfecto estado pulverulento. ❖ Si la cal estuvo almacenada en obra durante períodos mayores de treinta (30) días en bolsas originales, o de ciento ochenta (180) días en bolsones con protecciones de plástico doble y capacidad igual o mayor a mil kilogramos (1.000 kg), o un (1) año en silos metálicos con cierre hermético, o en el momento de ser usado muestra signos inequívocos de prehidratación, antes de su empleo se debe ensayar nuevamente para verificar si se cumplen los requisitos establecidos en el presente documento.

Tabla 15. Requisitos para el aprovisionamiento y almacenamiento de cal hidráulica

5.6.2.- Cal hidratada para uso como filler activo

La cal hidratada debe ser homogénea, seca y libre de grumos provenientes de las partículas. La misma se debe encuadrar dentro de la Norma IRAM 1508. Asimismo, debe cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 16.

Ensayo	Norma	Exigencia
Granulometría	IRAM 1505	Requisitos establecidos en la Tabla 17

Tabla 16. Requisitos de la cal hidratada

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

La granulometría de la cal hidratada debe estar comprendida dentro de los límites definidos en la Tabla 17

Ensayo	Porcentaje en peso que pasa
425 μm (N° 40)	100%
150 μm (N° 100)	>90%
75 μm (N° 200)	>75%

Tabla 17. Requisitos granulométricos de la cal hidratada

5.7.- Emulsión asfáltica

La emulsión asfáltica a emplear para la elaboración de la capa estabilizada en planta debe ser del tipo CRL o CRS de la norma IRAM 6691 (si se utilizan emulsiones asfálticas convencionales). En el caso de utilizar emulsiones asfálticas modificadas, la emulsión a emplear para la elaboración de la capa granular reciclada y estabilizada in situ debe ser del tipo CRLm o CRSm de la norma IRAM 6698.

El Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares puede establecer el uso de una emulsión asfáltica que no se encuadre dentro de las normas mencionadas, dependiendo de las condiciones de proyecto.

En este caso, el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares debe establecer las características y requisitos a solicitar para el emulsión asfáltica.

5.8.- Agua

El agua empleada para mezclar la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta debe cumplir las condiciones establecidas en la norma IRAM 1601.

5.9.- Aditivos

Los aditivos por emplear en la preparación de las capas estabilizadas con emulsión asfáltica en planta, en el caso de emplearse, se deben presentar en Estado líquido o pulverulento.

Los aditivos en estado pulverulento deben incorporarse a la mezcla según las instrucciones indicadas por el fabricante. En caso de emplearse más de un aditivo, previo a su uso en obra, el Contratista debe verificar mediante ensayos que dichos aditivos son compatibles. Cada aditivo debe tener características y propiedades uniformes durante todo el desarrollo de la obra.

Los aditivos deben ser almacenados y conservados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. El acopio se debe realizar al reparo del sol y de las bajas temperaturas, y preferiblemente bajo techo, separando e identificando cada marca, tipo, fecha de recepción y fecha de vencimiento.

El tipo de aditivo, como así también su dotación y forma de empleo, debe estar aprobado por el Director de Obra previo a su uso.

6.- ESTUDIO Y OBTENCIÓN DE LA FÓRMULA DE OBRA

En casos excepcionales, y por indicación del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, la ejecución del estabilizado con emulsión asfáltica en planta puede incluir también la incorporación de aditivos y/u otros.

Salvo indicación contraria del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, el agregado de aditivos, etc., con el objetivo de alcanzar la resistencia establecida en la Tabla 19 y/o mejorar alguna característica del material, corren a cuenta y responsabilidad del Contratista; y no reciben pago directo alguno.

6.1.- Espesor de la capa

El espesor de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta debe de estar establecida en la especificación técnica particular.

Al margen de ello, es recomendable que la misma se encuentre comprendida dentro del entorno de los 0,15 m a 0,30 m, de modo de garantizar una correcta homogeneización de la mezcla y posteriormente una correcta compactación de la capa.

En aquellos casos en los cuales resulte necesario incorporar agregados pétreos de aporte y/o filler activo, el espesor total de la capa debe de ser al menor superior en 0,05 m al espesor de los materiales de aporte precompactados.

6.2.- Huso granulométrico

La granulometría resultante de la mezcla o composición de las diferentes fracciones de agregados pétreos correctores, suelos, RAP y filler activo que componen a la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta, debe estar comprendida dentro de los límites establecidos en el huso granulométrico definido en las Tabla 18.

Tamices	Porcentaje en peso que pasa (%)
50 mm (2")	100
25,4 mm (1")	75 - 100
12,7 mm (1/2")	55 - 100
4,75 mm (No 4)	35 - 70
2 mm (N°10)	25 - 48
0,42 mm (N°40)	10 - 26
75 µm (N°200)	2 - 10

Tabla 18. Husos granulométricos para estabilizado con emulsión asfáltica in-situ

- ⁽¹⁾ Si existe una diferencia entre las densidades de las fracciones utilizadas superior a 0,2 g/cm³, la distribución granulométrica debe evaluarse y ser ajustada en volumen.

6.3.- Criterios para el proceso de diseño

Los criterios por considerar en el proceso de diseño en laboratorio de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta destinado a la obtención de la Fórmula de Obra, se resumen en la Tabla 19.

Ensayo		Método	Exigencia	
Densidad máxima seca y humedad óptima ⁽¹⁾		AASTHO T180	Determinación obligatoria	
Resistencia a tracción indirecta ⁽¹⁾	Condición seca (RTI _{seca})	ANEXO C	Clasificación por prestación	
			P1	P2
	≥ 225 KPa		≥ 150 KPa	
	Condición húmeda (RTI _{húmeda})		≥ 125KPa	≥ 100KPa
Ensayo triaxial ⁽¹⁾	Cohesión (C)	ANEXO D	Clasificación por prestación	
			P1	P2
			≥ 225 KPa	≥ 180 KPa

	Ángulo de fricción (ϕ)		$\geq 40^\circ$	$\geq 36^\circ$
	Cohesión retenida		$\geq 75\%$	$\geq 70\%$
Contenido máximo de cemento (respecto del peso de agregados seco)			$\leq 1\%$	

Tabla 19. Criterios de diseño para estabilizado con emulsión asfalta en planta

- ⁽¹⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida a partir del Ensayo Proctor Modificado AASHTO T180.

6.4.- Presentación de la Fórmula de Obra

La ejecución del estabilizado con emulsión asfáltica en planta no se debe iniciar hasta que el Director de Obra haya aprobado la correspondiente Fórmula de Obra presentada por el Contratista. Para la aprobación de la Fórmula de Obra, es necesario verificar y ajustar la misma en el Tramo de Prueba correspondiente.

La fórmula debe emplearse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características y el origen de los materiales que la componen.

Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, o se excedan sus tolerancias de calidad, la Fórmula de Obra debe ser reformulada y sometida a consideración del Director de Obra para su nueva aprobación, siguiendo los lineamientos del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, por lo tanto, debe excluirse el concepto de “Fórmula de Obra única e inamovible”.

Los informes de presentación de la Fórmula de Obra deben incluir como mínimo los requerimientos establecidos en la Tabla 20.

Parámetro	Información que debe ser consignada
Agregados, suelos de aporte, filler activo y mezcla de materiales	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Identificación, características y proporción de cada fracción del agregado. Identificación, características y proporción de cada suelo de aporte. Identificación, características y proporción de filler activo. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte grueso, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.2. “Agregado de aporte grueso”. ❖ Ensayos realizados sobre el agregado de aporte fino, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.1.3. “Agregado de aporte fino”.

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Ensayos realizados sobre los suelos de aporte, como mínimo todos los contemplados en el Punto 5.4. "Suelos de aporte". ❖ Ensayos realizados sobre el filler activo empleado. ❖ Ensayos realizados sobre los materiales componentes combinados, como mínimo todos los contemplados en el Punto 6.2. "Huso granulométrico" y Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Emulsión asfáltica	❖ Identificación, características y proporción en la Fórmula de Obra aprobada y vigente, respecto de la masa total de la mezcla asfáltica (incluido el o los filleres minerales).
Humedad óptima de compactación	❖ Debe informarse la humedad óptima de compactación y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Densidad máxima seca	❖ Debe informarse la densidad máxima seca y el tipo de ensayo empleado para su determinación.
Aditivos	❖ Cuando se empleen aditivos, debe indicarse su forma de incorporación, denominación, hoja técnica del producto, la hoja de seguridad, características, ensayos y proporción empleada respecto de la masa de cemento.
Ensayo de resistencia a tracción indirecta	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ensayo triaxial	❖ Como mínimo los contemplados en el Punto 6.3. "Criterios para el proceso de diseño".
Ajustes en el Tramo de Prueba	❖ La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el Tramo de Prueba.
Informe de presentación de la Fórmula de Obra	❖ Se debe presentar un Informe con la Fórmula de Obra.

Tabla 20. Requisitos que debe reunir la fórmula de obra

7.- REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

7.1.- Equipos de obra

7.1.1.- Tanques de almacenamiento de la emulsión asfáltica

Las emulsiones asfálticas se deben almacenar en tanques que se ajusten a los requisitos que se establecen en la Tabla 21.

Características	Requisitos
Tanques de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los tanques de almacenamiento del material bituminoso deben ser, preferiblemente, cilíndricos y verticales y estar térmicamente aislados del medio ambiente. ❖ El tanque de almacenamiento debe tener un sistema que permita mantener la temperatura de almacenamiento del producto bituminoso dentro del entorno indicado por el proveedor. ❖ Si se empleara una emulsión asfáltica, para evitar la rotura de la capa de la emulsión en contacto con el aire y la formación de espuma, el caño de alimentación debe llegar hasta el fondo del tanque. ❖ Es recomendable que los tanques se encuentren dotados de un sistema de agitación de bajas revoluciones. ❖ El sistema de bombeo empleado debe ser tal que no ingresen aire que genere espuma en los productos bituminosos.

Tabla 21. Requisitos que deben cumplir los tanques de almacenamiento de las emulsiones asfálticas

7.1.2.- Planta de mezcla en frío

Las capas estabilizadas con emulsión asfáltica se deben fabricar en plantas que se ajusten a los requisitos que se establecen en la Tabla 22.

Características	Requisitos
Capacidad de producción	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Se indica en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares, en función del plan de trabajo.
Alimentación de agregados	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe contar con una cantidad de silos de dosificación en frío al menos igual al número de fracciones de los agregados que componen la Fórmula de Obra aprobada y vigente. ❖ La planta debe contar con dispositivos que eviten la contaminación de las distintas fracciones entre tolvas al momento de efectuar la alimentación de estas.
Alimentación de agua	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe de contar con un tanque de agua integrado con capacidad suficiente para permitir la operación continua de la planta.
Alimentación y almacenamiento del Filler de aporte	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe contar con un sistema de almacenamiento y adición controlado.

Alimentación y almacenamiento de cal	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe contar con un sistema de almacenamiento y adición controlado.
Mezclado	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe posibilitar la obtención de una mezcla homogénea, con las proporciones ajustadas a la respectiva Fórmula de Obra aprobada y vigente. ❖ Debe de contar con un mezclador tipo pugmill o similar de doble eje con potencia suficiente para mezclar el material con un rendimiento que permita una producción mínima de 100 T/h..
Sistema de alimentación de emulsión asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El mecanismo de bombeo de la emulsión asfáltica debe de estar controlado por un sistema que permita ajustar la tasa de aplicación de acuerdo con el volumen de material recuperado a medida que avanza el reciclador. ❖ Debe de contar con un sistema que permita extraer la emulsión asfáltica del equipo de transporte y aplicarlo mediante las barras rociadoras. ❖ El sistema debe tener la capacidad de demostrar que está libre de bloqueos, tanto antes del inicio del trabajo como en cualquier etapa durante la operación.
Sistema de carga	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La planta debe de conta con un sistema de carga del material a los equipos de transporte. ❖ El transportador debe ser capaz de girar lo suficiente como para permitir que se almacene temporalmente una cantidad razonable de material debajo de la cinta durante al menos una hora de producción.

Tabla 22. Requisitos que deben cumplir las plantas

7.1.3.- Equipos de distribución

Los equipos de distribución de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta (terminadoras asfálticas), deben ajustarse a los requisitos que se indican en la Tabla 23.

Característica	Requisitos
Sensores de uniformidad de distribución	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Debe contar con equipamiento que permite tomar referencias altimétricas y de línea, destinadas a proveer regularidad en la superficie de la mezcla distribuida.

Característica	Requisitos
Alimentación de la mezcla	❖ De poder abastecer de mezcla asfáltica a la caja de distribución de forma constante y pareja.
Tornillos helicoidales	❖ Los tornillos helicoidales deben tener una extensión tal que sus extremos se encuentren entre diez y veinte centímetros (10-20 cm) de los bordes de la caja de distribución.
Distribución transversal de la mezcla	❖ Debe contar con sensores y/o algún sistema que permita mantener una altura uniforme de la mezcla asfáltica en todo el ancho de la caja de distribución, coincidente con la posición del eje de los tornillos helicoidales.
Plancha	<ul style="list-style-type: none"> ❖ La posición altimétrica de la plancha debe poder ser regulada en forma automática mediante sensores referidos a la capa base u otra referencia que permita distribuir la mezcla asfáltica con regularidad a lo largo del perfil longitudinal. ❖ La plancha principal y las extensiones telescópicas deben contar con un sistema de precompactación constituido por alguno de estos sistemas (o combinación de estos): barras apisonadoras frontales (tamper), barras de presión en la parte posterior de la plancha o vibración. ❖ Se prefieren reglas unitarias con cajas de extensión atornillables para obtener el ancho de extendido requerido

Tabla 23. Requisitos que debe cumplir el equipo de distribución y colocación

7.1.4.- Equipos de compactación

Los equipos de compactación a emplearse en la construcción de las capas estabilizadas con emulsión asfáltica en planta deben ajustarse a los requisitos indicados en la Tabla 24.

Característica	Requisitos
Número y tipo de equipo	❖ El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie, espesor de la capa que se debe compactar y al nivel de producción (ritmo de trabajo).
Compactadores neumáticos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores neumáticos deben tener ruedas lisas, en número, tamaño y configuración tales que permitan el solape de las huellas de las delanteras y traseras. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave; también deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimientos.

	<ul style="list-style-type: none"> ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de quince toneladas (15 t).
Compactadores metálicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores metálicos no deben presentar surcos ni irregularidades en las superficies cilíndricas. ❖ Los compactadores vibratorios deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado u oscilado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de veinte toneladas (20 t) para la compactación primaria y diez toneladas (10 t) para la compactación secundaria (luego de la motoniveladora).
Compactador pata de cabra	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Los compactadores pata de cabra deben tener dispositivos automáticos para eliminar la vibración/oscilación cuando se lo desee. ❖ Los compactadores deben poder invertir la marcha mediante una acción suave, en este proceso se debe suspender el vibrado. ❖ El peso mínimo del equipo debe ser de doce toneladas (12 t).

Tabla 24. Requisitos que deben cumplir los equipos de compactación

7.2.- Ejecución de las obras

7.2.1.- Preparación de la superficie de apoyo

Previo colocación de la capa granular, la superficie de apoyo se debe encontrar aprobada por el Director de Obra, de acuerdo con el Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares de la misma.

La superficie de apoyo debe ser regular y no debe exhibir deterioros, de modo tal que el espesor de colocación de la capa granular pueda encuadrar dentro de las tolerancias establecidas para este parámetro.

La superficie de apoyo debe estar libre de manchas o huellas de suelos cohesivos, los que deben eliminarse totalmente de la superficie.

Las banquetas y/o trochas aledañas se deben mantener durante los trabajos en condiciones tales que eviten la contaminación de la superficie.

7.2.2.- Proceso de elaboración del material granular

7.2.2.1.- Alimentación de los agregados

Durante la producción, cada tolva en uso debe mantener un nivel de material entre el cincuenta por ciento (50%) y el cien por ciento (100%) de su capacidad.

No se deben utilizar en la elaboración agregados que contengan agua congelada. No se permite la aplicación de sales descongelantes en los acopios y/o tolvas para contrarrestar el efecto del congelamiento.

7.2.2.2.- Alimentación del RAP

Durante la producción, la tolva de alimentación del RAP debe mantenerse con suficiente material, de manera que permita un suministro continuo, sin que se produzcan contaminaciones por rebalse entre tolvas.

7.2.2.3.- Carga en los equipos de transporte

La carga del material granular en los equipos de transporte debe realizarse en masa, evitando la descarga de pequeñas cantidades para completar la carga. Se deben formar varias pilas contiguas en la caja de transporte, de manera de minimizar la segregación.

7.2.3.- Transporte del material granular

El material granular, un vez elaborado, se debe transportar en equipos de transporte desde la planta de producción hasta la terminadora.

En el momento de la descarga en la terminadora, su humedad debe de encontrarse dentro del rango permitido respecto al valor especificado en la Fórmula de Obra.

7.2.4.- Colocación

La altura de los tornillos helicoidales durante la colocación de la capa estabilizada debe ser tal que su parte inferior se sitúe a no más de cinco centímetros del plano de la placa o plancha de la terminadora. Debe procurarse que el tornillo sin fin gire en forma lenta y continua.

La colocación del material granular se debe realizar por franjas longitudinales, salvo que el Director de Obra indique otro procedimiento. El ancho de estas franjas debe ser tal que minimice el número de juntas longitudinales y considerando los siguientes aspectos: el ancho de la sección, la coincidencia con la futura demarcación horizontal, el eventual mantenimiento de la circulación, las características de la terminadora y el desfasaje con la junta longitudinal de la/las capas inferior y superior.

La terminadora se debe regular de forma que la superficie de la capa colocada resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres, y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante, espesor y sección transversal indicados en los Planos del Proyecto, con las tolerancias establecidas en el presente documento para los mismos. La colocación se debe realizar con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de la terminadora a la producción de la planta asfáltica, de modo que sea constante y que no se detenga.

En caso de parada, se debe comprobar que la humedad del material que quede sin colocar en la tolva de la terminadora y debajo de ésta, no baje de la prescrita en la Fórmula de Obra aprobada y vigente para el inicio de la compactación; de lo contrario, se debe descartar y ejecutar una junta transversal.

7.2.5.- Compactación primaria

Inmediatamente detrás de la terminador se debe de iniciar el proceso de compactación primaria, con el objetivo de lograr una uniformidad en el grado de compactación en todo el ancho de la franja.

El proceso de compactación primaria debe de realizarse con un compactador metálico liso funcionando en modo de vibración de alta amplitud limitando la velocidad de trabajo de estos por debajo de los 3 km/h (50 m/min). Se podrá emplear, de ser necesario, para esta etapa de la compactación un rodillo tipo pata de cabra que complemente el efecto del rodillo liso.

El número de equipos de compactación debe ser tal que permita seguir el ritmo de trabajo planteado evitando que se dé una pérdida de humedad en los casos en los cuales la velocidad de la recicladora resulte superior a la del tren de compactación.

En esta etapa es recomendable alcanzar un grado de compactación tal que la densidad seca del material e la capa resulte igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

El número de pasadas del o de los equipos de compactación empujados se debe de establecer en el tramo de prueba; dicho número de pasadas dependerá de varios factores tales como peso del rodillo, amplitud de vibración, estado del pavimento subyacente, espesor de la capa, etc.

7.2.6.- Compactación final

Finalizadas las tareas de compactación primaria, se procede a realizar la compactación final de la capa. Este proceso se debe de realizar utilizando un rodillo vibratorio de tambor liso, pudiendo incorporar de ser necesario un rodillo de neumáticos. Dado que el espesor de esta capa es relativamente delgado, el rodillo que se utiliza normalmente suele tener un peso del orden de las 10 t.

En esta instancia se debe de alcanzar un grado de compactación igual o superior al 98 % de la densidad máxima seca correspondiente al ensayo AASHTO T180 o el requisito establecido en la especificación particular.

De ser necesario alguna tarea de terminación extra con motoniveladora, por ciertas imperfecciones que pueden aparecer, la misma debe de realizar el corte final desde el lado alto de la sección. Un rodillo vibratorio de tambor liso debe de seguir a la motoniveladora. A continuación, se humedece bien la superficie y se remata con el rodillo de neumáticos a una velocidad de entre 10 y 20 km/h. Mientras el rodillo neumático efectúa las pasadas, se agrega suficiente agua para generar un suave lodo (barro) que los neumáticos esparcen lateralmente, creando así un acabado superficial muy unido.

7.2.7.- Juntas transversales y longitudinales

7.2.7.1.- Juntas longitudinales

En la especificación técnica particular, o en su defecto antes de iniciar los trabajos, se debe de elaborar una planificación para la materialización de las juntas longitudinales. Esta planificación debe de estar autorizada por el Director antes del comienzo de las tareas.

Una vez colocada la primera faja, la zona de 500 mm de ancho más cercano a la línea central solo debe de recibir una pasada con el rodillo sin vibraciones, dejándolo en un estado relativamente poco compactado. Se debe evitar que todos los vehículos (del tráfico público y de la construcción) pasen por encima del escalón de material formado en la línea central.

Inmediatamente antes de extender la segunda faja, el borde expuesto en la línea central junto con la tira parcialmente compactada se humedece hasta llevarlo a la humedad óptima de compactación. Esta tarea normalmente se lleva a cabo un equipo para tal fin con pulverizadores manuales delante de la extendedora.

Si la terminadora empleada tuviera una placa biselada en el extremo, ésta se debe de quitar de modo de permitir que la plancha toque el escalón expuesto de la primera faja.

Una vez colocada la segunda faja, contigua a la primera faja, la tira de material parcialmente compactada de la primera faja recibe luego el tratamiento completo de compactación y acabado junto con la segunda faja.

7.2.7.2.- Juntas transversales

Estas juntas generalmente corresponden con juntas de trabajo o constructivas, las cuales se constituyen en cada momento en el cual se detiene la terminadora. Se debe construir una rampa para el tránsito hasta el momento en el cual se retomen las actividades de colocación de la capa granular estabilizada.

Al día siguiente, o cuando se reinicie la pavimentación, se debe retirar el material de la rampa y recortar el material granular previamente colocado y compactado para lograr una pendiente de 45°. A continuación, el material que se encuentra en la pendiente se humedece hasta alcanzar la humedad óptima de compactación antes de continuar con el extendido.

Posteriormente la zona de a junta transversal recibe el mismo tratamiento en lo que a compactación y acabado se refiere que el resto de la faja.

7.2.8.- Curado

Al compactarse, el aumento instantáneo de la cohesión hace que las capas estabilizadas con emulsión asfáltica sean resistentes a los daños del tráfico. Sin embargo, permanecen vulnerables hasta que se reduce el contenido de humedad.

La resistencia a los daños causados por el tráfico se puede controlar estacionando un vehículo muy cargado, por ejemplo, un camión lleno de agua, sobre la nueva capa. Después de un período relativamente corto (< 1 hora), las ruedas se asentarán en el material, dejando hendiduras localizadas que pueden tener una profundidad de hasta 10 mm. A medida que el material se seca, esta propensión a deformarse se reduce hasta que, después de uno o dos días de clima cálido, cesa por completo. Este fenómeno debe tenerse en cuenta a la hora de planificar el cierre de carreteras. Los controles de parada/arranque deben ubicarse de manera que el tráfico diario solo pueda permanecer donde se colocó y compactó la capa granular al menos 24 horas antes.

Dado que las partículas en la superficie sólo se mantienen en su lugar mediante pequeños puntos de soldadura a lo largo de sus caras inferiores, las fuerzas dinámicas impartidas por cargas pesadas de neumáticos tienden a aflojar y eliminar las partículas más gruesas en la superficie.

Se recomienda por ello aplicar la capa asfáltica de base o rodamiento lo antes posible para brindar protección contra el ingreso de agua y la abrasión excesiva del tráfico. Sin embargo, la superficie no debe colocarse antes de que el contenido de humedad en la nueva capa granular se haya reducido lo suficiente como para resistir el punzonado.

No es recomendable especificar un requisito de contenido de humedad en relación con el valor de humedad óptima de compactación.

El mejor indicador del contenido de humedad en una capa granular estabilizada mediante emulsión asfáltica es la estabilidad. La capa debe ser rodillada con un compactador pesado de neumáticos (o un camión cisterna de agua completamente cargado) para determinar si la capa se deforma (levanta) bajo tal carga. Si no se observa deflexión, entonces el contenido de humedad se ha reducido lo suficiente

como para pavimentar y compactar de manera segura una capa asfáltica de base o rodamiento. Sin embargo, si se detecta movimiento, el contenido de humedad aún es demasiado alto y se debe retrasar la colocación de la superficie asfáltica para permitir que el contenido de humedad se reduzca aún más.

7.2.9.- Limpieza

El Contratista debe prestar especial atención en no afectar durante la realización de las obras la calzada existente o recién construida. Para tal efecto, todo vehículo que se retire del sector de obra debe ser sometido a una limpieza de los neumáticos, de manera tal que no marque ni ensucie tanto la calzada como la demarcación existente.

En caso de detectarse sectores de calzada manchados y/o sucios con material de obra, dentro del área de obra o fuera de ella, el Contratista debe hacerse cargo de la limpieza de estas de modo de reestablecer las condiciones iniciales.

8.- TRAMO DE PRUEBA

Previo al inicio de los trabajos de manera sistemática, se debe ejecutar el Tramo de Prueba. El mismo tiene por objetivo efectuar los ajustes y/o correcciones en el proceso de humectación, el mezclado, compactación y terminación necesarios para alcanzar la conformidad total de las exigencias del presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y del Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares correspondiente.

El Contratista debe informar por escrito, en el Plan de Trabajo, los ajustes llevados a cabo en el Tramo de Prueba. Los mismos deben ser aprobados por el Director de Obra previo al inicio de las obras.

El Tramo de Prueba debe realizarse con anticipación a la fecha de inicio de las obras prevista por el Plan de Trabajo del Contratista. Debe permitir efectuar la totalidad de los ensayos involucrados y los ajustes derivados del análisis de dichos resultados.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por el Director de Obra, nunca menor a una longitud de cien metros (100 m).

Con el objetivo de determinar la conformidad con las condiciones y requisitos especificados en el presente documento, se deben realizar los ensayos establecidos en ambos documentos para el Tramo de Prueba. El Director de Obra puede solicitar la ejecución de otros ensayos además de los indicados en el presente documento.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, el Director de Obra debe decidir:

- ❖ Si es aceptable o no el proceso constructivo. En el primer caso, se pueden iniciar las obras de

manera sistemática. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir, de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.

- ❖ Si son aceptables o no los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos constructivos y el control de dichos procesos.

No se debe proceder a la construcción de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta sin que el Director de Obra haya autorizado el inicio de estas.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

9.- LIMITACIONES A LA EJECUCIÓN

9.1.- Temperatura de los agregados

No se debe iniciar la ejecución de la capa estabilizada con emulsión asfáltica cuando la temperatura de los agregados resulte inferior a 15 °C. Cuando la temperatura del agregado resulte inferior a 15 °C pero superior a 12 °C se podrá ejecutar la construcción del ítem cuando el ligante asfáltico empleado presente características espumantes excepcionales (especialmente la vida media) y bajo la supervisión del Director de Obra.

9.2.- Precipitaciones

Se debe interrumpir la ejecución de las obras cuando sea inminente la caída de precipitaciones.

10.- PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

10.1.- Generalidades

El Plan de Control de Calidad define el programa que debe cumplir el Contratista para el control de calidad de los materiales, mezclado y de la unidad terminada.

El Plan de Control de Calidad debe ser entregado por el Contratista y aprobado por el Director de Obra, el mismo debe incluir como mínimo los siguientes aspectos:

- ❖ Ensayos establecidos en el Punto 10. “Plan de Control de Calidad” del presente documento.
- ❖ Listado de equipos, instrumentos y elementos con los que cuenta el Laboratorio de Obra para

realizar los ensayos cuya frecuencia es cada lote.

- ❖ Certificado de Calibración y Plan de Calibración y Verificación de los equipos, instrumentos y elementos del Laboratorio de Obra.

Con la información generada por la implementación del Plan de Control de Calidad se debe elaborar un informe para presentar al Director de Obra. La frecuencia de presentación de este informe es determinada en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares o, en su defecto, por el Director de Obra. Nunca esta frecuencia puede ser inferior a:

- ❖ Una presentación mensual.
- ❖ Diez mil metros cúbicos (10.000 m³) de base estabilizada construida.

En el informe se debe volcar la información generada por el cumplimiento del Plan de Control de Calidad: ensayos sobre materiales, proceso de mezclado y unidad terminada, de los diferentes lotes ejecutados en este período.

El Director de Obra, o quién éste delegue, pueden supervisar la ejecución de los ensayos, por lo que el Contratista debe comunicar con suficiente anticipación su realización.

El presente Plan de Control de Calidad queda complementado con lo establecido en el Punto 11. “Requisitos del proceso constructivo y de la unidad terminada” para la cantidad de muestras, condiciones de ensayo, determinación de los parámetros en estudio y demás consideraciones.

El Director de Obra puede disponer el envío de una o más muestras de cualquier material involucrado en la obra (agregados, RAP, cementos, probetas, testigos, etc.) al sector responsable de calidad de la DNV con el objetivo de auditar periódicamente al laboratorio de control de calidad y/o Laboratorio de Obra del Contratista.

Para todos los casos en los cuales se verifique una diferencia en un parámetro determinado entre el laboratorio del Contratista y el laboratorio empleado por el Director de Obra, considerando la misma muestra, el valor que se debe tomar como definitivo es el correspondiente al laboratorio empleado por el Director de Obra. Si el Director de Obra lo considera conveniente, se puede emplear la metodología de la Norma ASTM D3244 para establecer el valor definitivo a adoptar del parámetro considerado.

Para determinar el equipo de transporte sobre el cual efectuar el muestreo para el control de un lote de producción, se debe emplear el sistema de muestreo aleatorio descrito en la Norma ASTM D3665. El mismo método se debe utilizar para determinar los puntos sobre la calzada donde efectuar el control de un lote de obra (para extracción de testigos, determinación de puntos de ensayo, etc.).

En todos los casos, la metodología de muestreo debe ser la establecida por las normas de referencia o la aprobada por el Director de Obra.

Para los casos donde no sea aplicable lo anterior, el Director de Obra debe siempre aprobar la metodología de muestreo.

10.2.- Lotes

El control del proceso de mezclado, compactación y terminado de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta se organiza por lotes de producción (dosificación y mezclado) y lotes de obra (unidad terminada). A continuación, se definen y especifican los mencionados conceptos y alcance de estos.

10.2.1.- Definición de lote de producción

Se considera como lote de producción a la menor fracción que resulte de la aplicación de los siguientes criterios:

- ❖ Lo ejecutado en media jornada de trabajo o una jornada de trabajo (el Director de obra decidirá el tamaño del lote de producción dependiendo del ritmo de la obra).
- ❖ Una cantidad de trescientas toneladas (300 t) de mezcla asfáltica.

La numeración de los lotes de producción debe ser acumulativa, comenzando con el número uno (1), que le corresponde al Tramo de Prueba.

10.2.2.- Definición de lote de obra

Se considera como lote de obra o lote de capa estabilizada con emulsión asfáltica en planta colocada a la fracción menor que resulte de aplicar los siguientes criterios:

- ❖ Una longitud de quinientos metros (500 m) lineales de construcción
- ❖ Lo ejecutado en media jornada de trabajo.

10.3.- Plan de ensayos sobre los materiales

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de los materiales. Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados previa la ejecución del Tramo de Prueba.

Si cambia la procedencia de algún material, se debe realizar cada uno de los ensayos contemplados en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales. Se debe también realizar nuevamente el proceso de diseño, con el objetivo de presentar la nueva Fórmula de Obra.

10.3.1.- Agregados

10.3.1.1.- Agregados de aporte gruesos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte gruesos es la que se indica en la Tabla 25.

Parámetro	Método	Frecuencia
Elongación	IRAM 1687-2	Cada 15 lotes
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Cada 15 lotes
Coeficiente de desgaste Los Ángeles ⁽¹⁾	IRAM 1532	Cada 30 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1533	Cada 15 lotes
Caras de fractura	IRAM 1851	Cada 30 lotes
Durabilidad por ataque con sulfato de sodio ^{(2) (3)}	IRAM 1525	Cada 60 lotes
Limpieza ⁽⁴⁾	---	Cada 15 lotes

Tabla 25. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO

- ⁽¹⁾ En el caso de agregados “tipo basálticos”, la frecuencia de ensayo es de quince (15) días.
- ⁽²⁾ El Director de Obra puede requerir la realización de dicho ensayo. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽³⁾ Se requiere la realización de dicho ensayo en caso de que exista riesgo de congelamiento. En tal caso, el mismo adquiere carácter de “Determinación Obligatoria”.
- ⁽⁴⁾ La determinación de la limpieza se realiza visualmente.

10.3.1.2.- Agregados de aporte finos

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados de aporte finos es la que se indica en la Tabla 26.

Parámetro	Método	Frecuencia
Coeficiente de desgaste “Los Ángeles”	IRAM 1532	Cada 15 lotes
Equivalente de arena	IRAM 1682	Cada 15 lotes
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 µm	IRAM 10501	Cada 15 lotes

Índice de Azul de Metileno ⁽¹⁾	Anexo A de la Norma UNE-EN 933-9	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
Densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua	IRAM 1520	Cada 15 lotes

Tabla 26. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO

⁽¹⁾ Cuando corresponda

10.3.2.- Agregados provenientes del RAP

10.3.2.1.- Agregados gruesos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados gruesos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 27.

Parámetro	Método	Frecuencia
Análisis del estado físico de la roca	IRAM 1703 IRAM 1703	Al presentar fórmula de obra

Tabla 27. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DEL RAP

10.3.2.2.- Agregados finos provenientes del RAP

La frecuencia mínima de ensayos para cada fracción de agregados finos provenientes del RAP es la que se indica en la Tabla 28.

Parámetro	Método	Frecuencia
Equivalente de arena	IRAM 1682	Mensual

Tabla 28. PLAN DE ENSAYOS SOBRE EL AGREGADO FINO PROVENIENTE DEL RAP

10.3.3.- Suelos de aporte

La frecuencia mínima de ensayos para los suelos de aporte es la que se indica en la Tabla 29.

Parámetro	Método	Frecuencia
Sales totales	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Sulfatos	VN-E18-89	Cada 30 lotes
Límite líquido	IRAM 10501	Cada 15 lotes
Índice de plasticidad	IRAM 10501	Cada 15 lotes

Granulometría	IRAM 1505 IRAM 1501	Cada 15 lotes
---------------	------------------------	---------------

Tabla 29. PLAN DE ENSAYOS SOBRE LOS SUELOS DE APORTE

10.3.4.- Cementos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deberán tomar muestras duplicadas de 5 kg (en envases de doble bolsa de 200 micrómetros y cierre con precintos plásticos) desde el camión tolva, y serán debidamente conformadas e identificadas por el Director de Obra y el Contratista, procediéndose a la reserva de las mismas por un período de 30 días en perfecto estado de conservación. Los grupos quedarán en poder de la Contratista y del Director de Obra, y de ser necesario su análisis, las muestras serán ensayadas en un laboratorio de acreditada experiencia, quedando a cargo de la Contratista los costos que ello demandare.

10.3.5.- Cal hidráulica

La frecuencia mínima de ensayos para la cal hidráulica es la que se indica en la Tabla 30.

Parámetro	Método	Frecuencia
Densidad ⁽¹⁾	IRAM 1505	Cada 15 lotes
Granulometría	IRAM 1542	Cada 15 lotes

Tabla 30. Plan de ensayos sobre la cal hidráulica

⁽¹⁾ Determinación mediante el uso de queroseno anhidro.

10.3.6.- Emulsión asfáltica

La frecuencia mínima de ensayos para la emulsión asfáltica es la que se indica en la Tabla 31.

Parámetro	Método	Frecuencia
Retenido en tamiz 850 μm ⁽¹⁾	IRAM 6837	Cada 5 lotes
Contenido de asfalto ⁽¹⁾	IRAM 6719	Cada 5 lotes
Recuperación elástica torsional del residuo asfáltico ^{(1) (2)}	IRAM 6830	Cada 5 lotes
Resto de los parámetros contemplados en la Norma IRAM 6691 ⁽³⁾	---	Cada 60 lotes

Tabla 31. Plan de ensayos sobre la emulsión asfáltica

⁽¹⁾ Se debe realizar sobre una muestra representativa del tanque de almacenamiento.

⁽²⁾ Cuando la emulsión asfáltica empleada sea modificada

⁽³⁾ Se debe de reemplazar por IRAM 6698 para el caso de utilizar emulsiones asfálticas modificadas.

10.3.7.- Aditivos

Con una frecuencia que designe el Director de Obra, se deben tomar muestras duplicadas de quinientos centímetros cúbicos (500 cm³) de cada partida de aditivo. Para ello, se deben emplear envases plásticos herméticos, sin uso previo, debidamente conformado e identificado por el Director de Obra y el Contratista, a fin de proceder a su mantenimiento en reserva por un período de treinta (30) días. Los grupos de muestras deben quedar en poder de la Contratista y del Director de Obra.

10.4.- Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración en planta (dosificación y mezclado) de la capa granular reciclada y estabilizada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la elaboración (dosificación y mezclado); la misma se resume en la Tabla 32.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Humedad óptima	AASTHO T180	Cada lote de obra
Densidad máxima seca	AASTHO T180	Cada lote de obra
Granulometría	IRAM 1501 IRAM 1505	Cada lote de obra
Contenido de ligante asfáltico	⁽¹⁾	Cada lote de obra
Dotación de filler activo	⁽²⁾	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI _{SECA}) ⁽³⁾	ANEXO C	Cada lote de obra
Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI _{HUMEDA}) ⁽³⁾	ANEXO C	Cada 5 lotes de obra

Tabla 32. Plan de ensayos sobre el proceso de elaboración

⁽¹⁾ La metodología se detalla en el Punto 10.12. Contenido de ligante asfáltico (lote de producción).

⁽²⁾ La metodología se detalla en el Punto 10.13. Dotación de filler activo (lote de producción).

⁽³⁾ La exigencia de resistencia debe ser alcanzada con una densidad seca menor o igual al noventa y ocho por ciento ($\leq 98\%$) de la densidad seca máxima teórica obtenida en el ensayo AASHTO T180.

10.5.- Plan de ensayos sobre la unidad terminada

A continuación, se establece una frecuencia mínima de ensayos para el control de calidad de la unidad terminada. Los mismos se resumen en la Tabla 33.

Independientemente de la frecuencia especificada, se debe realizar al menos una vez cada uno de los ensayos detallados durante la ejecución del Tramo de Prueba.

Al cambiar un insumo y/o alguno de los materiales componentes, se debe presentar una nueva Fórmula de Obra.

Parámetro	Método	Frecuencia
Determinación del ancho	---	Cada 100 m
Evaluación visual superficial ⁽¹⁾	---	Cada lote de obra
Grado de compactación ^{(2) (3)}	VN-E8-66	Cada lote de obra
Humedad	IRAM 10519	Cada lote de obra
Espesor	---	Cada lote de obra

Tabla 33. Plan de ensayos sobre la unidad terminada

⁽¹⁾ Se debe verificar que no haya segregación, manchas de suelos cohesivos, etc.

⁽²⁾ La verificación del grado de compactación debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas luego de finalizado el proceso de compactación.

⁽³⁾ El empleo del densímetro nuclear o densímetro eléctrico debe ser aprobado por el Director de Obra; asimismo el uso de estos debe ser contemplado sólo para aquellos casos en los que se haya correlacionado el método el Tramo de Prueba, y en que la granulometría informada en la Fórmula de Obra así lo permita.

11.- REQUISITOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN Y DE LA UNIDAD TERMINADA

11.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

11.1.1.- Granulometría (lote de producción)

Para la determinación de la granulometría del lote de obra en estudio se deben realizar, como mínimo, dos (2) ensayos. Cada ensayo debe realizarse a partir de una muestra tomada de la parte trasera de la recicladora, es decir, donde ya se encuentran la totalidad de los componentes mezclados y con la incorporación de agua.

Se considera granulometría media del esqueleto granular al promedio de las granulometrías obtenidas en los ensayos realizados sobre el lote de obra en estudio.

La granulometría media de los agregados debe cumplir con las tolerancias admisibles, respecto a la granulometría de la Fórmula de Obra vigente, indicadas en la Tabla 34.

Sin perjuicio de lo anterior, la granulometría media de la capa granular, con sus tolerancias, bajo ningún concepto puede salirse por fuera del huso granulométrico establecido en el *Punto 6.2 Huso Granulométrico*.

50 mm (2")	25,4 mm (1")	12,7 mm (1/2")	4,75 um (N° 4)	2 mm (N° 10)	0,42 mm (N° 40)	75 um (N° 200)
+/- 6 %	+/- 5 %	+/- 5 %	+/- 4 %	+/- 4 %	+/- 3 %	+/- 2 %

Tabla 34. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

11.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

Para la determinación del contenido de ligante asfáltico del lote de obra de la mezcla estabilizada, se debe de efectuar el cálculo de la cantidad de emulsión asfáltica utilizada en la construcción del lote de obra en estudio.

Para ello, una vez finalizado el lote se debe determinar el consumo de emulsión asfáltica a partir de la diferencia de medición antes del inicio de las tareas y al finalizar las mismas.

Luego con los valores del ancho del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.3), espesor del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.2), densidad máxima seca del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.1), contenido de ligante asfáltico de la emulsión y la cantidad de emulsión asfáltica consumida se debe calcular el contenido de ligante asfáltico del lote en estudio.

El contenido medio de ligante asfáltico del material que conforma la capa estabilizada del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas porcentuales ($\pm 0,5$ %) respecto del contenido de cemento asfáltico correspondiente a la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

11.1.3.- Dotación de filler activo

Para la determinación del contenido de filler activo del lote de obra de la mezcla estabilizada, se debe de efectuar el cálculo de la cantidad de filler activo utilizado en la construcción del lote de obra en estudio.

Para ello, una vez finalizado el lote de producción, se debe determinar el consumo de filler activo a partir de contabilizar el filler consumido en la elaboración del lote (mediante pesadas o conteo de bolsas, dependiendo de si se emplea filler envasado o a granel).

Luego con los valores del ancho del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.3), espesor del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.2), densidad máxima seca del lote (determinado de acuerdo con el Punto 11.2.1) y la cantidad de filler activo consumido se debe calcular el contenido de filler activo del lote en estudio.

La dotación media de filler activo del lote de obra en estudio debe encuadrarse dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas porcentuales ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Dotación de filler activo correspondiente a la Fórmula de Obra aprobada y vigente.

11.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición seca de la capa estabilizada en planta mediante emulsión asfáltica se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa granular; muestra que deberá ser tomada de un equipo de transporte.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado y ensayo de estas de acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descripta en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio debe verificar el requisito establecido en el *Punto 6.3* de la presente especificación.

11.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda (RTI_{HUMEDA})

La determinación de la resistencia a la tracción indirecta en condición húmeda de la capa estabilizada en planta mediante emulsión asfáltica se debe hacer sobre al menos 3 (tres) probetas, elaboradas a partir de una muestra del material que conforma la capa granular; muestra que deberá ser tomada de un equipo de transporte.

Previamente a la compactación de las probetas, se debe de determinar el contenido de humedad de la muestra y ajustar el mismo a la humedad óptima correspondiente al ensayo AASTHO T180. El material con el cual se realiza la compactación de las probetas debe de ser pasante del tamiz 19 mm (3/4"). Posteriormente se procede a la compactación, curado, acondicionamiento en agua y ensayo de estas de

acuerdo con los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

El valor de resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio debe verificar el requisito establecido en el *Punto 6.3* de la presente especificación.

11.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

11.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

Se deben determinar de manera aleatoria, para cada lote de obra, cinco o más (≥ 5) puntos sobre la superficie del lote de obra en estudio sobre los cuales determinar la densidad seca del material compactado. La determinación de la densidad seca debe realizarse dentro de las primeras tres (3) horas desde que se finaliza la compactación de la capa.

La determinación de los puntos a evaluar sobre la superficie del lote de obra se debe efectuar según lo descrito en el *Punto 10.1 Generalidades*.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio es la media de todos los ensayos de densidad realizados.

El valor de densidad seca media del lote de obra en estudio debe verificar lo establecido en la Tabla 35.

Valor medio de densidad seca $\geq 98 \%$
Valor individual de densidad seca $\geq 97 \%$ ⁽¹⁾

Tabla 35. Requisitos de densidad seca de caca compactada

⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

11.2.2.- Espesor (lote de obra)

La determinación del espesor de la capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante emulsión asfáltica se puede hacer sobre los puntos empleados para cumplimentar el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)*.

La determinación del espesor se debe realizar con regla milimétrica. Cualquier otro método de medición propuesto por el Contratista queda sujeto a la aprobación del Director de Obra.

El espesor medio del lote de obra debe ser igual o mayor al espesor teórico de proyecto. Simultáneamente, se debe cumplimentar que el Coeficiente de variación (Cv) de los espesores de los testigos del lote de obra resulte inferior al cinco por ciento (20 %).

11.2.3.- Ancho (cada 100 m)

La determinación del ancho de la capa se debe verificar en perfiles transversales cada cien metro (100 m).

El ancho de cada capa considerada en ningún caso debe ser inferior al ancho teórico indicado en los Planos de Proyecto.

11.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual de la superficie del lote de obra, o de un área parcial del mismo, debe mostrar homogeneidad y no se debe observar ningún tipo de segregación, desprendimiento, manchas de suelos cohesivos, o ningún otro defecto.

12.- CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Los criterios de aceptación o rechazo se aplican sobre los lotes definidos en el *Punto 10.2. Lotes*.

En todos los casos en que se rechace un lote o zonas puntuales con problemas superficiales por segregaciones, todos los costos asociados a la remediación de la situación (remoción, tratamiento de los productos generados de la demolición, reposición de la capa, etc.) están a cargo del Contratista.

12.1.- Requisitos del proceso de elaboración (lote de producción)

12.1.1.- Granulometría (lote de producción)

La aceptación del lote de obra en relación con la granulometría se da si se cumple lo establecido en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*.

Si, con la excepción de un tamiz de control, la granulometría media cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*, y este tamiz se encuadra dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 36, se acepta el lote de obra.

Si, con dos o más tamices de control, la granulometría media de los agregados no cumple con las tolerancias admisibles especificadas en el *Punto 11.1.1. Granulometría (lote de producción)*, pero se encuadran dentro de las tolerancias indicadas en la *Tabla 36*, se acepta el lote en estudio con un descuento del cinco por ciento (5 %).

37,5 mm (1 1/2")	9,5 mm (3/4")	4,75mm (N°4)	75 um (N°200)
+/- 9 %	+/- 8 %	+/- 6 %	+/- 4 %

Tabla 36. Tolerancias granulométricas de la combinación de agregados

Si la granulometría media de los agregados no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio, teniendo el Contratista que proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra con este último ejecutado, y a la reposición de la capa.

12.1.2.- Contenido de ligante asfáltico

El contenido de ligante asfáltico del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.2. Contenido de ligante asfáltico (lote de producción).

Si el contenido medio de ligante asfáltico del lote de obra en estudio no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,5 \%$) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos siete décimas por ciento ($\pm 0,70 \%$), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la base granular reciclada y estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si el contenido medio de ligante asfáltico no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.3.- Dotación de filler activo

La dotación de filler activo del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo establecido en el Punto 11.1.3. Dotación de filler activo (lote de producción).

Si la dotación media de filler activo del lote de obra no se encuadra dentro de una tolerancia de más o menos dos décimas por ciento ($\pm 0,2 \%$) respecto de la Fórmula de Obra aprobada y vigente, pero se encuadra dentro de la tolerancia más o menos cinco décimas por ciento ($\pm 0,50 \%$), se acepta el lote de obra con un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra ejecutado; siempre que la base granular reciclada y estabilizada verifique el resto de las exigencias asociadas a parámetros de resistencia a tracción indirecta.

Si la dotación media de filler activo del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra.

En tal caso, el Contratista debe proceder a la reconstrucción de la capa sin recibir pago alguno por las tareas involucradas en dicha ejecución.

12.1.4.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})

La resistencia media a tracción indirecta en condición seca del lote en estudio de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en plana debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.1.4. Resistencia a tracción indirecta en condición seca (RTI_{SECA})*

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición seca del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.4 pero resulta superior a 150 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición seca no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.1.5.- Resistencia a tracción indirecta en condición seca ($RTI_{HÚMEDA}$)

La resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda del lote en estudio de la capa estabilizada con emulsión asfáltica en plana debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.1.5. Resistencia a tracción indirecta en condición húmeda ($RTI_{HÚMEDA}$)*

Si la resistencia media a la tracción indirecta en condición húmeda del lote de obra en estudio no cumple con lo establecido en el Punto 11.1.5 pero resulta superior a 75 KPa, se acepta el lote de obra en consideración con un descuento del 10 % sobre la superficie correspondiente al lote.

Si la resistencia media a tracción indirecta en condición húmeda no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote de obra y a la reposición de la capa.

12.2.- Requisitos de la unidad terminada (lote de obra)

12.2.1.- Grado de compactación (lote de obra)

El grado de compactación del lote de capa estabilizada con emulsión asfáltica en plana debe cumplimentar lo establecido en el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)*.

Si la densidad media del lote obra en estudio no resulta mayor o igual a lo establecido en el *Punto 11.2.1. Grado de compactación (lote de obra)* pero se verifica lo establecido en la Tabla 37, se acepta el lote de obra, pero corresponde un descuento del diez por ciento (10 %) sobre la superficie del lote de obra en estudio.

Valor medio de densidad seca $\geq 97 \%$

Valor individual de densidad seca $\geq 96\%$ ⁽¹⁾
--

Tabla 37. Requisitos de densidad seca

- ⁽¹⁾ Porcentajes de densidad máxima seca respecto a la densidad máxima seca teórica del lote de obra determinada de acuerdo con la metodología descrita por AASHTO T180.

Si la densidad media del lote de obra en estudio no cumple con lo expuesto anteriormente se procede al rechazo del lote de obra en estudio. En tal caso, el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa.

12.2.2.- Espesor (lote de obra)

El espesor medio del lote de obra en estudio debe cumplimentar lo expuesto en el *Punto 112.2 Espesor (lote de obra)*.

Si el espesor medio del lote de obra es superior al espesor de proyecto y se cumple que el coeficiente de variación es mayor al veinte por ciento (20 %) y menor al veinticinco por ciento (25 %), se acepta el lote de obra con una penalidad (descuento) del cinco por ciento (5 %).

Si el espesor medio del lote de obra es inferior al espesor de proyecto o el coeficiente de variación es mayor al ocho por ciento (25 %), se rechaza el lote.

En este caso el Contratista debe proceder, excepto indicación contraria del Director de Obra, a la demolición del lote en consideración y a la reposición de la capa; o, previa autorización y aprobación del Director de Obra, arbitrar los medios necesarios sobre la capa rechazada para reparar el defecto, si no existieran problemas de gálibo o de sobrecarga en estructuras.

Esto es posible si la capa resultante cumple con el resto de los requisitos de los establecidos en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales.

12.2.3.- Ancho (cada 100 m)

Los lugares en los cuales no se cumplan las exigencias establecidas en el *Punto 112.3. Ancho (cada 100 m)* de la presente especificación técnica deben ser corregidos por cuenta del Contratista.

12.2.4.- Evaluación visual superficial (lote de obra)

La evaluación visual debe cumplimentar lo expuesto en el Punto 11.2.4. Evaluación visual de la superficie (lote de obra).

Si la evaluación visual no verifica lo expuesto anteriormente, en todo el lote de obra o en un área parcial del mismo, se rechaza el lote de obra o el área parcial considerada. En este caso, excepto indicación

contraria del Director de Obra, debe el Contratista proceder a la reparación y/o demolición y reposición de la capa rechazada.

13.- MEDICIÓN

La ejecución de las capas consideradas en el presente documento se mide en metros cuadrados (m²) ejecutados. Los valores surgen del producto entre la longitud del lote ejecutado por su ancho.

Al área resultante se le debe aplicar, si los hubiese, los descuentos por penalidades o bonos adicionales; estos son acumulativos.

14.- FORMA DE PAGO

Los insumos, su transporte, la ejecución, compactación y terminación de la capa granular reciclada y estabilizada en planta mediante emulsión asfáltica se paga por metro cuadrado terminado, medida en la forma establecida en el *Punto 13. Medición*, a los precios unitarios de contrato para los ítems respectivos.

Estos precios son compensación total por las siguientes tareas:

- ❖ Barrido y soplado de la superficie a recubrir.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio de los agregados y suelos.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del filler activo y adiciones minerales.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del cemento asfáltico.
- ❖ La provisión, carga, transporte, descarga y acopio del agua de mezclado.
- ❖ El proceso de dosificación, mezclado y distribución de la capa granular.
- ❖ Los procesos involucrados en la compactación, terminación y curado de la capa.
- ❖ Las posibles correcciones de los defectos constructivos.
- ❖ La señalización y conservación de los desvíos durante la ejecución de los trabajos.
- ❖ Todo otro trabajo, mano de obra, equipo o material necesario para la correcta ejecución y conservación del ítem según lo especificado.

No se abonan los sobreanchos, los aumentos de espesor por corrección de mermas en capas subyacentes, ni los aumentos de espesor por correcciones superficiales.

15.- CONSERVACIÓN

La conservación de cada una de las capas contempladas en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales consiste en el mantenimiento de estas en perfectas condiciones y la reparación inmediata de cualquier falla que se produjese hasta la Recepción Definitiva de la Obra.

Los deterioros que se produzcan deben ser reparados por cuenta del Contratista, repitiendo, si fuera necesario al sólo juicio del Director de Obra, las operaciones íntegras del proceso constructivo. Si el deterioro de alguna de las capas ejecutadas afectara la calzada, bases, capas intermedias y/o subrasante, el Contratista debe efectuar la reconstrucción de esa parte, sin derecho o pago de ninguna naturaleza. Esto es así aun cuando la calzada haya sido librada al tránsito público en forma total o parcial.

La reconstrucción de las partes arriba mencionadas, como así también de depresiones, de baches aislados y de pequeñas superficies se debe realizar de acuerdo con lo indicado en el presente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Generales, con los materiales establecidos en el mismo y en el correspondiente Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.

ANEXO A

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL ASFALTO ESPUMADO

ANEXO A – Determinación de las características del asfalto espumado

ÍNDICE DE TABLAS.....	3
1.- ALCANCE Y OBJETIVO.....	4
2.- DEFINICIONES.....	4
2.1.- Ligante asfáltico	4
2.3.- Contenido de ligante asfáltico	4
2.3.- Material estabilizado con asfalto espumado.....	4
2.4.- Peso constante	4
2.5.- Relación de expansión	5
2.6.- Vida media	5
3.- EQUIPOS NECESARIOS.....	5
4.- PREPARACIÓN DEL ENSAYO.....	7
4.1.- Preparación del ligante asfáltico	7
4.2.- Preparación de la unidad de laboratorio	7
5.- PROCEDIMIENTO	8
6.- CÁLCULOS.....	9
7.- REPORTE DEL ENSAYO.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelo de formulario para presentación de resultados	11
---	----

1.- ALCANCE Y OBJETIVO

Este método de ensayo se refiere a la determinación de las características de formación de la espuma de asfalto.

El objetivo es determinar el porcentaje de agua requerido para producir las mejores características de formación de espuma para un cemento asfáltico en particular a tres (3) temperaturas del ligante asfáltico diferentes, persiguiendo producir un asfalto espumado con el mayor índice de expansión y con la vida media más larga posible.

2.- DEFINICIONES

2.1.- Ligante asfáltico

Cemento asfáltico obtenido por destilación de petróleo que será utilizado para espumar y conformar la capa estabilizada.

2.3.- Contenido de ligante asfáltico

Este término se refiere al contenido de ligante asfáltico, calculado respecto del peso total de los agregados secos, incorporado en forma de espuma a un material estabilizado con un cemento asfáltico. Este parámetro no es posible obtenerlo mediante un ensayo como en el caso de las mezclas asfálticas, se debe determinar a partir del balance de las cantidades consumidas en la ejecución de un determinado lote.

2.3.- Material estabilizado con asfalto espumado

Este material es el resultado de la mezcla de diferentes fracciones de agregados pétreos vírgenes, material proveniente de capas asfálticas o granulares de pavimentos existentes y un filler activo (cemento o cal hidratada) estabilizados mediante asfalto espumado.

2.4.- Peso constante

Se denomina peso constante a un cambio de peso de una determinada muestra de material, después de dos períodos sucesivos (más de 4 horas) de secado en horno, menor a un 0,1 %.

2.5.- Relación de expansión

La relación de expansión de un asfalto espumado es una medida de la viscosidad de esta. Se define como relación de expansión de la espuma de como la relación entre el volumen máximo que alcanza la espuma de asfalto una vez inyectado el agua con respecto al volumen original de ligante asfáltico.

2.6.- Vida media

La vida media de la espuma de asfalto es un parámetro que mide la estabilidad del asfalto espumado. La vida media de la espuma de asfalto se calculada como el tiempo que tarda la espuma en colapsar hasta la mitad del volumen máximo que alcanzó en el proceso de espumado.

3.- EQUIPOS NECESARIOS

3.1.- Balanza electrónica

Balanza electrónica con capacidad de 10 kg y lectura al 0,1 g.

3.2.- Unidad de laboratorio de asfalto espumado

La unidad de laboratorio debe ser capaz de producir asfalto espumado a un ritmo de entre 50 g y 200 g por segundo.

El método de producción del asfalto espumado deberá simular fielmente el utilizado en la producción a gran escala. La unidad de laboratorio estará equipada con una caldera controlada termostáticamente, capaz de contener una masa de 10 kg de cemento asfáltico a una temperatura constante dentro del rango de 160 y 190 ± 5 °C.

La unidad debe estar equipada con un sistema de inyección de agua con capacidad de incorporar una cantidad de agua dentro del cemento asfáltico caliente de 0 % a 5 % con una precisión de $\pm 0,25\%$, respecto del peso del ligante asfáltico.

Para ayudar a lograr una espuma uniforme, el agua se inyecta junto con aire comprimido. La unidad deberá ser capaz de producir una cantidad determinada de asfalto espumado directamente en el contenedor o mezclador de laboratorio.

Nota: La unidad de laboratorio Wirtgen WLB10S es un ejemplo de planta piloto de espumado de asfalto adecuada.

Esta información se proporciona para comodidad y referencia de los usuarios y no constituye una recomendación de este producto.

3.3.- Contenedor metálico cilíndrico

Debe de tener un diámetro del orden de los 300 mm y una capacidad mínima de 20 litros.

3.4.- Varilla medidora calibrada

La varilla debe ser de metal con 5 (cinco) marcas. El espacio entre cada una de las 5 marcas indica la expansión de una masa de 500 g de asfalto cuando éste se espuma en el recipiente.

3.5.- Cronómetro

Cronómetro estándar con la posibilidad de efectuar una lectura al segundo.

3.6.- Elementos de seguridad

Los elementos de seguridad mínimos necesarios para la operación de la unidad de laboratorio son los que a continuación se listan:

3.6.1.- gafas de seguridad o careta

3.6.2.- guantes protectores, bien aislados y capaces de soportar 200 °C

3.6.3.- camisa de manga larga

3.7.- Contenedores de acero sellables

Los contenedores de acero con la posibilidad de taparse herméticamente deben de tener una capacidad aproximada de 5 litros.

3.8.- Estufas de secado

Las estufas de secado empleadas deben de ser capaces de mantener un rango de temperatura de 105 °C a 180 °C con tiro continuo o por convección, para termostatar el cemento asfáltico previo al espumado del mismo.

Una segunda estufa es deseable para precalentar el recipiente metálico cilíndrico a 75 °C.

3.9.- Vaso de plástico

Vaso precipitado de plástico de capacidad 0,5 litros.

3.10.- Probeta graduada de vidrio

Probeta graduada de vidrio de capacidad 50 mililitros.

3.11.- Recipiente de residuos

El recipiente de residuos debe ser adecuado para el tipo de residuo generado durante el proceso de espumado y posterior limpieza de la unidad; debe de tener una capacidad mínima de 10 litros.

4.- PREPARACIÓN DEL ENSAYO

4.1.- Preparación del ligante asfáltico

4.1.1.- La muestra de cemento asfáltico debe ser obtenida de acuerdo con el procedimiento de muestreo aprobado por el Director de Obra. La misma debe de tener un tamaño mínimo de 10 litro.

4.1.2.- En primera instancia se procede a calentar el liante asfáltico en una estufa de laboratorio a una temperatura de 100 °C.

4.2.- Preparación de la unidad de laboratorio

4.2.1.- Conecte la unidad a la fuente de alimentación eléctrica y enciéndala.

4.2.2.- Ajuste el control de temperatura en la unidad de laboratorio de asfalto espumado para calentar la caldera a la temperatura predeterminada (generalmente entre 160 °C y 180 °C).

Nota: La temperatura establecida para producir el ligante asfáltico espumado depende del grado del ligante asfáltico, así como también para una investigación del efecto de la temperatura del ligante asfáltico sobre las características de formación de espuma.

4.2.3.- Retirar el o los recipientes con la muestra de cemento asfáltico a espumar de la estufa y verter los mismos (10 litros) en la caldera.

4.2.4.- Una vez que la temperatura del asfalto en la caldera resulte superior a 140 °C, encienda la bomba de asfalto para hacerlo circular a través del sistema y continúe circulando mientras se calienta para alcanzar la temperatura requerida.

4.2.5.- Llene el depósito de agua de la unidad con agua potable.

4.2.6.- Pesar el recipiente metálico cilíndrico de 20 litros en la balanza (M1) y colocarlo debajo de la salida de asfalto espumado.

4.2.7.- Proceder a setear en la unidad la tasa de descarga de asfalto siguiendo las instrucciones del fabricante, generalmente 100 g por segundo durante 5 segundos.

4.2.8.- Descargar el asfalto por el tiempo preestablecido al contenedor y pesarlo nuevamente (M2). Verificar que el peso del asfalto descargado es de 500 g \pm 10 g. Vacíe el contenedor en el recipiente para residuos. Si el peso del asfalto descargado en el contenedor se encuentra fuera del rango antes mencionado, se repite el procedimiento ajustando el temporizador del asfalto hasta que se verifique la tasa de descarga recomendada.

4.2.9.- Establezca la tasa de inyección en el caudalímetro de agua siguiendo las instrucciones del fabricante. Descargue agua durante el período preestablecido en el vaso de precipitados. Transfiera el agua al cilindro medidor y lea el volumen de agua descargada. Verificar que el volumen de agua esté dentro del 5 % del volumen seteado. Si el volumen de agua cae fuera de este rango, repita el procedimiento, ajustando el caudalímetro de agua hasta que la tasa de descarga se cumpla.

4.2.10.- Asegúrese de que la varilla medidora esté limpia y que el recipiente metálico cilíndrico de 20 litros esté vacío. Precalentar el recipiente en el horno durante al menos 5 minutos a 75 °C.

5.- PROCEDIMIENTO

5.1.- Haga circular el cemento asfáltico en la caldera a través del sistema a 160 °C durante al menos 5 minutos antes de la prueba.

5.2.- Verificar que se hayan realizado los ajustes correctos en el temporizador de descarga del asfalto espumado y en el caudalímetro de inyección de agua (4.2.8 y 4.2.9)

Nota: El caudalímetro de agua normalmente está configurado para inyectar 2 % de agua por peso de asfalto para el primer ciclo de prueba.

5.3.- Descargue el ligante asfáltico espumado en el recipiente precalentado durante el tiempo necesario para espumar 500 g de ligante asfáltico.

5.4.- Ponga en marcha el cronómetro inmediatamente después de que comience la descarga de asfalto espumado.

5.5.- Utilice la varilla medidora para estimar (al número entero más cercano) la altura máxima que alcanza el asfalto espumado en el contenedor y regístrela como la relación de expansión máxima ($ER = h_1$).

5.6.- Continúe midiendo el tiempo que tarda la espuma en disiparse hasta la mitad de su volumen máximo en el recipiente. Cuando llegue a este punto, detenga el cronómetro. Registre el tiempo transcurrido al segundo más cercano como la vida media del ligante asfáltico espumado ($\tau_{1/2 1}$). Descartar el asfalto espumado al recipiente de residuos.

5.7.- Repetir los pasos desde el punto 5.3 al punto 5.6 al menos tres veces hasta obtener resultados similares ($h_2, \tau_{1/2 2}; h_3, \tau_{1/2 3}$).

5.8.- Calcule y registre los valores promedio de los tres pares de resultados más similares para la relación de expansión y la vida media.

5.9.- Determinar la relación de expansión y la vida media a otros porcentajes de agua, siguiendo los pasos 5.3 a 5.7. Normalmente, estos valores se determinan inyectando 1 %, 2 %, 3 % y 4 % de agua respecto del peso del cemento asfáltico.

5.10.- Repita 5.1 a 5.9 con el asfalto a dos temperaturas más altas a la empelada en el proceso anterior.

Notas: Normalmente, las dos temperaturas más altas utilizadas para las pruebas son 170 °C y 180 °C; nunca la temperatura del ligante asfáltico debe de superar los 190 °C.

6.- CÁLCULOS

6.1.- En primer lugar, se calcula el peso de cemento asfáltico descargado durante los 5 segundos. Véase punto 4.2.7.

$$M_{bit} = (M2 - M1)$$

dónde:

M_{bit} : Peso de cemento asfáltico descargado en los 5 segundos

Peso $M1$: Peso del recipiente metálico cilíndrico vacío, expresado en gramos (g)

Peso $M2$: Peso del recipiente metálico cilíndrico y el cemento asfáltico descargado en los 5 segundos, expresado en gramos (g)

6.2.- Elaborar un cuadro para trazar la relación de expansión y vida media a los diferentes porcentajes de agua inyectada en el ligante asfáltico, de la siguiente manera:

6.2.1.- Eje horizontal: Tasa de agua inyectada

Unidad: Porcentaje (%)

Escala: 20 mm = 0,5 %

6.2.2.- Eje vertical:

Ordenada izquierda: Relación de expansión

Unidad: Expansión de tiempos

Escala: 5 mm = 1 vez

Ordenada derecha: Vida media

Unidad: segundos

Escala: 5 mm = 2 segundos

6.3.- Marcar en la gráfica la relación de expansión obtenida en cada tasa de agua inyectada y unir los puntos.

6.4.- Marcar en la gráfica la vida media obtenida en cada tasa de agua inyectada y unir los puntos.

6.5.- Seleccione la tasa óptima de inyección de agua como el promedio de los dos contenidos de agua necesarios para cumplir con los requisitos mínimos de tasa de expansión y vida media, respectivamente; estos requisitos se encuentran en la especificación técnica particular de la capa estabilizada mediante asfalto espumado. Un ejemplo del gráfico se muestra en la Ilustración 1.

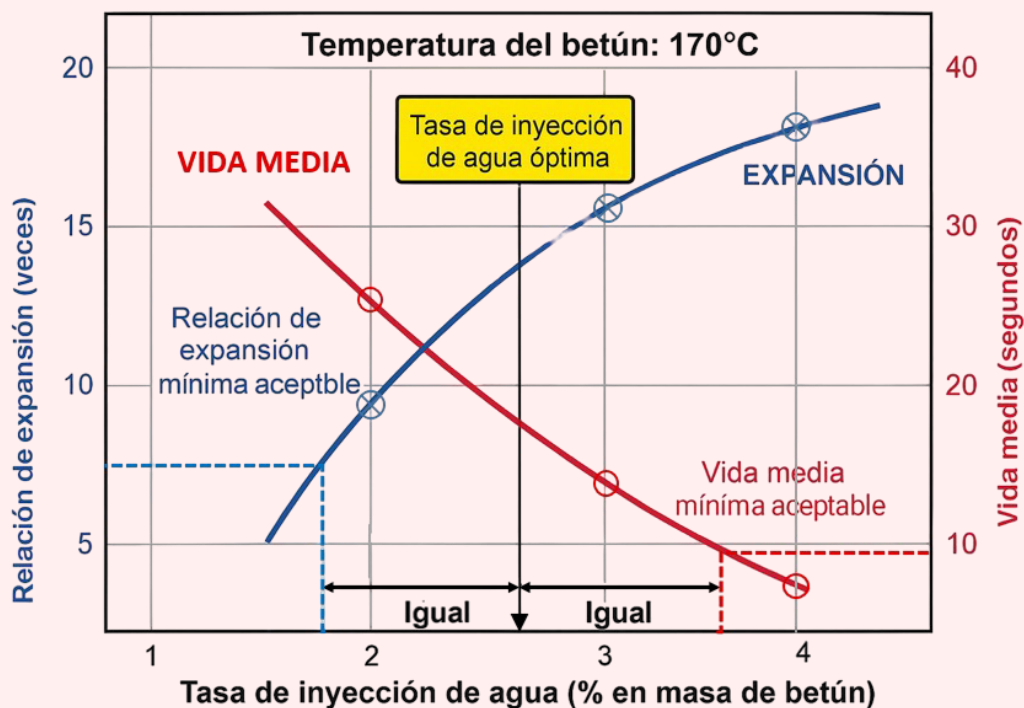


Ilustración 1. Ejemplo de gráfico % de agua inyectada vs. Relación de expansión vs. Vida media

7.- REPORTE DEL ENSAYO

El informe de los resultados de la presente metodología debe de incluir la tasa óptima de inyección de agua y las características medidas de la espuma en un formulario adecuado, incluidos los detalles del tipo de cemento asfáltico empleado. A continuación, en la Tabla 1, se muestra un ejemplo de dicho formulario.

Fecha	xx-xx-xxxx	Tipo de cemento asfáltico	CA-XX	
Tiempo de inyección de asfalto		5 seg.		
	Cemento asfáltico	Agua	Aire	
Temperatura (°C)	xxx	xx	xx	
Presión (bar)	x	x	x	
Caudal	Xxx (g/seg)	Como se muestra a continuación	Encendido/Apagado	
Inyección de agua	Primera medición	Segunda medición	Tercera medición	Promedio

Inyección (%)	Caudal (l/hs)	ER	$t_{1/2}$	ER	$t_{1/2}$	ER	$t_{1/2}$	ER	$\tau_{1/2}$
2									
3									
4									

Tabla 1. Modelo de formulario para presentación de resultados

ANEXO B

COMPACTACIÓN CON MARTILLO VIBRATORIO DE PROBETAS DE MATERIAL ESTABILIZADO CON ASFALTO ESPUMADO

ANEXO B – Compactación con martillo vibratorio de probetas de material estabilizado con asfalto espumados

ÍNDICE DE TABLAS	3
1.- ALCANCE Y OBJETIVO.....	4
2.- DEFINICIONES	4
2.1.- Material estabilizado con asfalto espumado	4
2.2.- Resistencia a la tracción indirecta (ITS).....	4
2.3.- Densidad seca máxima (MMD)	4
2.4.- Contenido óptimo de humedad (OMC)	4
3.- EQUIPOS NECESARIOS	4
4.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS.....	7
4.1.- Preparación del material estabilizado en laboratorio.....	7
4.2.- Material estabilizado tomado de obra	9
4.3.- Determinación del tamaño de la muestra.....	9
5.- PROCEDIMIENTO	10
5.1.- Preparación del equipo.....	10
5.2.- Compactación	10
6.- REPORTE DEL ENSAYO	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estimación de la cantidad de material estabilizado necesario.	9
---	---

1.- ALCANCE Y OBJETIVO

Este método de ensayo se refiere a la preparación y compactación de probetas de material granular estabilizado mediante asfalto espumado con un martillo vibratorio de laboratorio.

2.- DEFINICIONES

2.1.- Material estabilizado con asfalto espumado

Este material es el resultado de la mezcla de diferentes fracciones de agregados pétreos vírgenes, material proveniente de capas asfálticas o granulares de pavimentos existentes y un filler activo (cemento o cal hidratada) estabilizados mediante asfalto espumado.

2.2.- Resistencia a la tracción indirecta (ITS)

Se define como resistencia a la tracción indirecta (ITS) de una probeta cilíndrica de material estabilizado mediante asfalto espumado a la tensión de tracción máxima generada en la configuración de ensayo de compresión diametral por la carga vertical requerida para producir la rotura de la probeta.

2.3.- Densidad seca máxima (MMD)

La densidad seca máxima del material estabilizado mediante asfalto espumado corresponde con la máxima densidad de la curva densidad seca versus contenido de humedad obtenida mediante la metodología de ensayo AASTHO T180.

2.4.- Contenido óptimo de humedad (OMC)

El contenido óptimo de humedad del material estabilizado mediante asfalto espumado corresponde con el valor de humedad (de la curva densidad seca vs contenido de humedad) correspondiente a la densidad seca máxima del ensayo AASTHO T180.

3.- EQUIPOS NECESARIOS

3.1.- Martillo vibratorio

El martillo vibratorio empleado para la compactación de las probetas debe ser un martillo demoledor comercial con una masa de $11,5 \pm 0,1$ kg y una potencia nominal de 1.700 W. Debe contar además con una frecuencia de impacto de 9.00 a 1.700 golpes por minuto y una energía de $23 \text{ J} \pm 1 \text{ J}$ por golpe.

Nota: El martillo demoledor BOSCH modelo GSH 11 VC profesional es un ejemplo de martillo vibratorio adecuado.

Esta información se proporciona para comodidad y referencia de los usuarios y no constituye una recomendación de este producto.

3.2.- Pisón de compactación

El pisón de compactación debe ser de acero resistente a la corrosión, con un diámetro 145 ± 1 mm y un peso de $3,0 \pm 0,1$ kg (ver Figura 1). El vástago del pisón desde el cual se instala al martillo debe ser mecanizado con un accesorio compatible con el martillo demoledor que se emplee.

Nota: Para el caso del martillo demoledor BOSCH modelo GSH 11 VC profesional, se puede emplear el accesorio SDS Max.



Figura 1. Pisón de compactación

3.3.- Base de compactación

La base sobre la cual se debe de realizar el proceso de compactación debe ser de hormigón tipo H25. Las dimensiones aproximadas de dicha base deben de ser de 1 m de ancho x 1 m de largo x 0.3 m de espesor, con dos mallas de acero, una colocada a 50 mm de la parte superior de la base y la otra a 50 mm del fondo de esta.

La superficie de la base sobre la cual se efectúa la compactación debe de estar nivelada, siendo deseable que la base de compactación tenga accesorios que permitan la fijación del molde en el cual se compactará la probeta.

3.4.- Marco de compactación

El marco de compactación tiene por objetivo sostener el martillo de compactación dejando que el mismo tenga un libre movimiento hacia arriba y hacia abajo. Para ello el marco debe de tener correderas verticales y un cabezal de montaje para el martillo vibratorio, que permite suspender el martillo vibratorio sobre el molde con el pisón centrado en el molde.

El marco de compactación debe estar fijado a la base de compactación y contar con un accesorio que permita levantar y bajar el martillo.

3.5.- Sobrecarga

La sobrecarga que emplear debe ser metálica, se debe de encontrar unida al soporte del martillo vibratorio de manera de lograr un peso suspendido total de $33 \pm 0,5$ kg (incluido el vástago y el pisón de compactación).

Nota: Un marco Wirtgen WLV1 es un ejemplo de producto adecuado disponible comercialmente. Esta información se proporciona para comodidad y referencia de los usuarios y no constituye una recomendación de este producto.

3.6.- Moldes cilíndricos de dos medias cañas

Los moldes cilíndricos deben de ser de acero resistente a la corrosión, con dos medias cañas que permitan el desmolde la probeta una vez compactada.

Los moldes deben de tener un diámetro interno de $150 \pm 0,5$ mm y una altura mínima de 120 mm para el caso de probetas destinadas al ensayo ITS y una altura mínima de 320 mm para el caso de probetas destinadas al ensayo Triaxial.

Los moldes deben de contar con una base metálica sobre la cual apoyarse antes de colocar el material y efectuar la compactación de las probetas.

3.7.- Accesorio para escarificar capas compactadas

El objetivo de este accesorio es escarificar las capas compactadas para facilitar la unión de la capa compactada con la nueva capa a compactar. Este accesorio debe ser de acero de diámetro $145 \pm 1,0$ mm, provisto de dientes salientes de longitud $12 \pm 2,0$ mm para dar rugosidad a la superficie superior de cada capa compactada.

3.8.- Placas porta muestras

Las placas portan muestras pueden ser de madera laminada o material similar de espesor aproximado 15 mm y diámetro aproximado 160 mm. Se debe de contar con una placa por cada probeta moldeada y compactada.

3.9.- Balanzas electrónicas

Se requieren al menos dos balanzas electrónicas, una con capacidad de 10 kg y lectura al 0,1 g y la restante con capacidad de 30 kg y lectura al 1 g.

3.10.- Estufas de secado

Las estufas de secado empleadas deben de ser capaces de mantener un rango de temperatura de 105 °C a 110 °C con ventilación forzada.

3.11.- Recipientes o bolsas herméticas

Los recipientes destinados a muestras con las cuales se debe de determinar humedad deben de tener una capacidad del orden de los 2,5 litros mientras que los recipientes para el material ya tratado la capacidad debe de ser de 20 litros aproximadamente.

3.12.- Recipientes de agua para acondicionamiento de probetas

Estos recipientes pueden ser de plástico o material similar y deben de tener la capacidad suficiente para colocar las probetas necesarias para los ensayos completamente inmersas. Se sugiere una capacidad del orden de los 200 litros.

3.13.- Cronómetro

Cronómetro estándar con la posibilidad de efectuar una lectura de al menos 5 minutos con precisión al segundo.

3.11.- Calibre o regla

Calibre Vernier o elemento de medición similar con capacidad de medir longitudes de hasta 350 mm con precisión al milímetro.

4.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

4.1.- Preparación del material estabilizado en laboratorio

4.1.1.- Se debe de contar con las cantidades porcentuales de los insumos con las cuales elaborar el material estabilizado con asfalto espumado (fracción o fracciones de agregado pétreo corrector, RAP, filler activo, agua).

4.1.2.- También es necesario conocer la densidad máxima seca (DDM) y el contenido de humedad óptimo (OMC) del material correspondiente al ensayo AASHTO T180.

4.1.3.- Con la o las fracciones gruesas de agregado pétreo corrector o las provenientes del RAP, es aconsejable por cuestiones de representatividad trabajarlas en al menos 4 (cuatro) “cortes” o “subfracciones”: retenido en tamiz $\frac{3}{4}$ ” (19 mm), pasante en tamiz $\frac{3}{4}$ ” (19 mm) y retenido en tamiz $\frac{1}{2}$ ” (12,7 mm), pasante en tamiz $\frac{1}{2}$ ” (12,7 mm) y retenido en tamiz N° 4 (4,75 mm), pasante en tamiz N° 4 (4,75 mm).

4.1.4.- Debido a que los mezcladores requieren que se coloque una cantidad suficiente de material para lograr una mezcla efectiva, se recomienda que se elaboren no menos de 20 kg de material estabilizado por cada Bach.

4.1.5.- Una vez preparadas las cantidades de cada uno de los componentes de la mezcla, se procede a la colocación de estos dentro del mezclador. Este proceso se debe de realizar a partir de un esparcido uniforme dentro del mezclador.

4.1.6.- Se procede al mezclado del material por un periodo de 30 segundos a velocidad media de rotación. Luego se detiene el mezclado y se espolvorea la cantidad de filler activo sobre la superficie del material.

4.1.7.- Se enciende el mezclador nuevamente por otro período de 30 segundos en la misma condición de velocidad que la indicada en el punto 4.1.6. Pasado este tiempo se para el mezclador y se deja reposar el material por dos minutos.

4.1.8.- Seguidamente se debe calcular e incorporar una cantidad de agua que permita alcanzar al material una humedad del orden del 60 % al 75 % del contenido de humedad óptima del material correspondiente al ensayo AASHTO T180. La temperatura del agua debe de estar dentro del siguiente entorno $25 \pm 1,5$ °C.

4.1.9.- Una vez incorporada el agua en forma de rociado sobre la superficie del material se enciende el mezclador durante 30 segundos a máxima velocidad de rotación.

4.1.10.- Elaborar con la unidad de laboratorio la espuma de asfalto utilizando las condiciones determinadas con anterioridad a partir de la metodología descripta en el ANEXO A de la presente especificación técnica.

4.1.11.- Agregar la cantidad requerida de asfalto espumado mientras el mezclador está en funcionamiento. Continuar mezclando durante 30 segundos más a la máxima velocidad de rotación y parar la mezcladora transcurrido dicho tiempo.

4.1.12.- Quitar la tapa del mezclador y agregar la cantidad de agua adicional para llevar el contenido de humedad al 100 % de la humedad óptima (OMC) del material. Rociar suavemente el agua uniformemente sobre la superficie del material en la mezcladora. Mezclar durante 30 segundos a la máxima velocidad de rotación.

4.1.13.- Cumplido el paso descrito en 4.1.12 retirar el material del mezclador y medir la temperatura de este 1 °C más cercano

4.1.14.- Colocar el material estabilizado en un recipiente sellado.

4.1.15.- Las probetas que se elaboren con este material, deben de ser compactadas dentro de los 30 minutos posteriores a la elaboración de la mezcla.

4.2.- Material estabilizado tomado de obra

4.2.1.- La metodología de muestreo con la cual se obtenga la muestra que se llevará al laboratorio para la compactación de las probetas debe de estar aprobada por el Director de Obra.

4.2.2.- Se debe de relevar la información de los ensayos de campo rutinarios de la densidad máxima seca (MDD) y del contenido óptimo de humedad (OCM) del material correspondiente al ensayo AASHTO T180.

4.3.- Determinación del tamaño de la muestra

Para la determinación de la cantidad de material estabilizado mediante asfalto espumado necesaria se puede emplear los datos establecidos en la tabla 1.

Requerimientos	Ensayo ITS	Ensayo Triaxial
Número de probetas por set	6	10
Peso de material para estabilizar requerida por set (kg)	26	150
Altura de la probeta (mm)	95	300
Número de capas para la compactación	2 ⁽¹⁾	5 ⁽²⁾
Espesor de cada capa (mm)	47,5	60

Tabla 1. Estimación de la cantidad de material estabilizado necesario.

Notas:

⁽¹⁾ Puede aumentarse a 3 capas en circunstancias excepcionales en las que se produzca separación entre capas.

⁽²⁾ Si no se puede lograr la densidad requerida después de compactar durante 120 segundos con el martillo vibratorio por capa, es posible aumentar el número de capas a 6 con un espesor de 50 mm para cada una de ellas.

5.- PROCEDIMIENTO

5.1.- Preparación del equipo

5.1.1.- En primero lugar se debe asegurar que el marco del martillo vibratorio esté firmemente sujeto al bloque de la base de apoyo de hormigón, además de asegurar que el mencionado marco se encuentre en posición perfectamente vertical (a plomo).

5.1.2.- Posteriormente, instalar el martillo vibratorio y la sobrecarga adicional en el marco de montaje e insertar el pisón del compactador.

5.1.3.- Utilizando el sistema de elevación, subir y bajar el martillo para asegurar de que no haya resistencia al deslizamiento.

5.1.4.- Limpiar el molde y la placa de base. Lubricar el interior del molde con una ligera aplicación de grasa lubricante o spray antiadherente.

5.1.5.- Fijar el molde y la placa de base al bloque de hormigón. Verificar la alineación del molde y el martillo vibratorio bajando el pisón dentro del molde. Comprobar que el sistema de elevación proporcione suficiente holgura para que el pisón se apoye libremente sobre la placa base.

5.2.- Compactación

5.2.1.- Bajar el martillo vibratorio de modo que el pisón del compactador se apoye en la placa base. Con un marcador, marque la ubicación de esta posición en el marco. Levantar el martillo vibratorio mediante el sistema de elevación y detenerlo al menos a 500 mm por encima del molde.

5.2.2.- Usando una regla de acero, medir hacia arriba desde la marca en el marco la distancia que corresponde con la parte superior de la primera capa compactada (47,5 mm para muestras ITS y 60 mm para muestras Triaxiales); y capas posteriores (95 mm para muestras ITS; 120 mm, 180 mm, 240 mm, 300 mm para muestras Triaxiales).

5.2.3.- Cuando el eje del martillo vibratorio esté equipado con un sistema electrónico para controlar el espesor compactado de las capas, seguir cuidadosamente los procedimientos de instalación y operación especificados por el fabricante.

5.2.4.- Determinar el peso del material estabilizado requerido para cada capa usando la siguiente fórmula:

$$M_L = \frac{M_S}{n}$$

Donde:

- M_L : Peso de material por cada capa en la condición humedad óptima (g)
 M_S : Peso de material de la probeta en la condición de humedad óptima (g)
 n : Número de capas de igual espesor en las cuales compactar la probeta

Y el peso de material de la probeta en la condición humedad óptima expresado en gramos (g) se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$M_S = \frac{(\pi \times d^2)}{4 \times 10^6} \times h \times \left(MDD \times \left(1 + \frac{OMC}{100} \right) \right)$$

Donde:

- M_S : Peso de material de la probeta en la condición de humedad óptima (g)
 d : Diámetro de la probeta en (mm)
 h : Altura de la probeta en (mm)
 MDD : Densidad seca máxima del material en el ensayo AASHTO T180 (kg/m³)
 OMC : Contenido óptimo de humedad del material en el ensayo AASHTO T180 (%)

5.2.5.- De la muestra preparada en el laboratorio (ver 4.1) o de la muestra mezclada en el campo (ver 4.2) se pesa la cantidad de material requerida para la primera capa (con una precisión de ± 1 g) y se coloca la misma dentro del molde con precaución de no perder material durante este proceso.

5.2.6.- Con una espátula se distribuye el material uniformemente en el molde evitando o minimizando la ocurrencia de segregación, tratando de que el material quede nivelado. Conservar el resto de la muestra en el recipiente sellado para evitar la pérdida de humedad.

5.2.7.- Bajar el martillo vibratorio hasta que el pisón del compactador se apoye sobre el material. Verificar que el sistema de elevación del compactador permita que el martillo se deslice hacia abajo a medida que el material se compacta.

5.2.8.- Encienda el martillo vibratorio y ponga en marcha el cronómetro. Deje funcionar el martillo hasta alcanzar la marca en el marco deslizante para la primera capa. Apagar inmediatamente el martillo y detener el cronómetro. Registre el tiempo necesario para compactar la capa. Levantar el martillo mediante el sistema de elevación y fijarlo al menos a 500 mm por encima del molde.

5.2.9.- Cuando el tiempo de compactación de cualquier capa exceda los 120 segundos, finalizar el procedimiento de compactación. Recuperar el material y reiniciar el proceso de compactación desde el punto 5.2.1 aumentando el número de capas.

5.2.10.- En el caso de que el problema persista con un mayor número de capas, suspender el proceso de moldeo, recuperar el material y almacenarlo en recipientes herméticos.

5.2.11.- Repetir el ensayo Proctor AASHTO T180 en una nueva muestra del material no estabilizado con asfalto espumado para determinar los valores correctos para MDD y OMC. Luego comenzar el procedimiento nuevamente usando el MDD revisado como densidad objetivo.

5.2.12.- Escarificar la superficie de la capa compactada dentro del molde utilizando el accesorio para tal fin hasta que el material este lo suficientemente suelto en los primeros 10 mm de la superficie compactada. Cuando la superficie esté lo suficientemente rugosa, proceder inmediatamente con la siguiente capa.

5.2.13.- Se procede a compactar la segunda capa y las posteriores como se describe en 5.2.1 a 6.2.12. Todas las capas deben compactarse en operación continua.

5.2.14.- Después de que el material tratado se haya colocado en el molde para la segunda capa, transfiera de 500g a 1.000g del material restante a un recipiente adecuado para determinar el contenido de humedad.

5.2.15.- Una vez completada la compactación de la probeta, se retira el molde de la placa base y se coloque con cuidado el molde y la muestra en la placa portamuestra siguiendo las instrucciones de manipulación y curado en el método de ensayo descrito en el ANEXO C (probetas para el ensayo ITS) de la presente especificación técnica o en el método resumido en el ANEXO D (probetas para muestras Triaxial).

6.- REPORTE DEL ENSAYO

El informe de los resultados de la presente metodología debe de incluir siguientes datos:

6.1.- Detallas los valores de densidad seca máxima MDD en kg/m³ y contenido óptimo de humedad OMC del material correspondiente al ensayo AASHTO T180.

6.2.- Diámetro del molde

6.3.- Detalles de los materiales (agregados pétreos, RAP, filler activo, tipo de cemento asfáltico) y formulación (cantidades) empleada en la elaboración del material estabilizado con asfalto espumado.

6.4.- Fecha de moldeo

6.5.- Para cada probeta se debe de informar la identificación de esta juntamente con el número de capas empleados para la compactación juntamente con el tiempo de compactación de cada capa con precisión de 1 segundo.

ANEXO C

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (ITS) DE MATERIALES ESTABILIZADOS MEDIANTE ASFALTO ESPUMADO

ANEXO C – Determinación de la resistencia a la tracción indirecta (ITS) de materiales estabilizados mediante asfalto espumado

ÍNDICE DE TABLAS	3
1.- ALCANCE Y OBJETIVO	4
2.- DEFINICIONES.....	4
2.1.- Estabilizado granular con asfalto espumado	4
2.2.- Resistencia a la tracción indirecta (ITS)	4
2.3.- Densidad seca máxima (MMD)	4
2.4.- Contenido óptimo de humedad (OMC)	4
3.- EQUIPOS NECESARIOS.....	5
4.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS.....	7
4.1.- Elaboración y compactación.....	7
4.2.- Curado.....	7
4.3.- Registro de las caracterizas de las probetas	8
5.- PROCEDIMIENTO	9
5.1.- Probetas en condición seca (no acondicionadas)	9
5.2.- Muestras en condición húmedas (acondicionadas).....	10
5.3.- Determinación de la Resistencia a tracción indirecta (ITS).....	10
6.- CÁLCULOS.....	11
6.1.- Determinación de la resistencia a tracción indirecta (ITS)	11
6.2.- Determinación de la densidad seca de cada probeta	11
7.- REPORTE DEL ENSAYO	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores críticos T_o para la identificación de outlier.....	9
--	---

1.- ALCANCE Y OBJETIVO

Este método de ensayo se refiere a la determinación de la resistencia a la tracción indirecta de probetas moldeadas con materiales estabilizados mediante asfalto espumado. El método alcanza a la determinación de la resistencia indirecta en dos diferentes estados de acondicionamientos de las probetas:

- ❖ seco (probetas sin acondicionamiento previo)
- ❖ húmedo (probetas que fueron sometidas a un período de inmersión en agua durante un período de tiempo).

El objetivo es determinar el efecto que el contacto con el agua produce en el comportamiento mecánico del material estabilizado mediante asfalto espumado en estudio.

2.- DEFINICIONES

2.1.- Material estabilizado con asfalto espumado

Este material es el resultado de la mezcla de diferentes fracciones de agregados pétreos vírgenes, material proveniente de capas asfálticas o granulares de pavimentos existentes y un filler activo (cemento o cal hidratada) estabilizados mediante asfalto espumado.

2.2.- Resistencia a la tracción indirecta (ITS)

Se define como resistencia a la tracción indirecta (ITS) de una probeta cilíndrica de material estabilizado mediante asfalto espumado a la tensión de tracción máxima generada en la configuración de ensayo de compresión diametral por la carga vertical requerida para producir la rotura de la probeta.

2.3.- Densidad seca máxima (MMD)

La densidad seca máxima del material estabilizado mediante asfalto espumado corresponde con la máxima densidad de la curva densidad seca versus contenido de humedad obtenida mediante la metodología de ensayo AASTHO T180.

2.4.- Contenido óptimo de humedad (OMC)

El contenido óptimo de humedad del material estabilizado mediante asfalto espumado corresponde con el valor de humedad (de la curva densidad seca vs contenido de humedad) correspondiente a la densidad seca máxima del ensayo AASTHO T180.

3.- EQUIPOS NECESARIOS

3.1.- Prensa para ensayos de compresión

La prensa para ensayos de compresión debe de contar con una capacidad de carga total de al menos 30 kN con una precisión en la lectura de 50 N. La misma debe de tener un indicador de la carga aplicada con la precisión de lectura indicada anteriormente.

La velocidad de aplicación de carga durante el ensayo debe ser de 50 +/- 5 mm/min; la prensa debe de contar con un dispositivo para medir la velocidad de carga con una precisión de 0,1 mm/min.

Nota: Se recomienda que el operador de la prensa cuente con los elementos de seguridad personal apropiados para la realización de este tipo de tareas, esencialmente gafas de protección ocular.

3.2.- Dispositivo indicador de carga

El dispositivo para efectuar a lectura de la carga aplicada en la prensa debe de tener la capacidad de realizar lecturas de hasta 30 KN con una precisión de lectura de 0,05 kN.

3.3.- Marco de carga para ensayo de resistencia a la tracción indirecta (ITS)

El marco de carga dentro del cual se coloca la probeta para la realización del ensayo ITS consta de dos placas de carga, de acero templado cuyas dimensiones deben ser de 19 mm x 20 mm x 220 mm. La cara de $19 \pm 0,1$ mm debe ser rectificadas con forma cóncava con un radio de 76 ± 1 mm

El marco de carga debe de tener dos guías verticales de acero de 10 mm x 10 mm x 175 mm. Estas guías deben de estar unidas una placa de base de acero, montadas de tal forma de alinear los platos de carga en la muestra de ensayo.

El marco de carga pose además una placa de carga superior la cual debe tener la posibilidad de deslizarse por las guías libremente, a diferencia del plato inferior de carga que debe de estar fijo a la placa de base.

En la Figura 1 se puede observar un marco de carga típico para un ensayo de esta naturaleza.

Se pueden utilizar otros diseños de marcos de carga, que incorporan una placa de transferencia de carga, una celda de carga y un registrador de datos automático siempre que las placas de carga cumplan con las dimensiones indicadas.

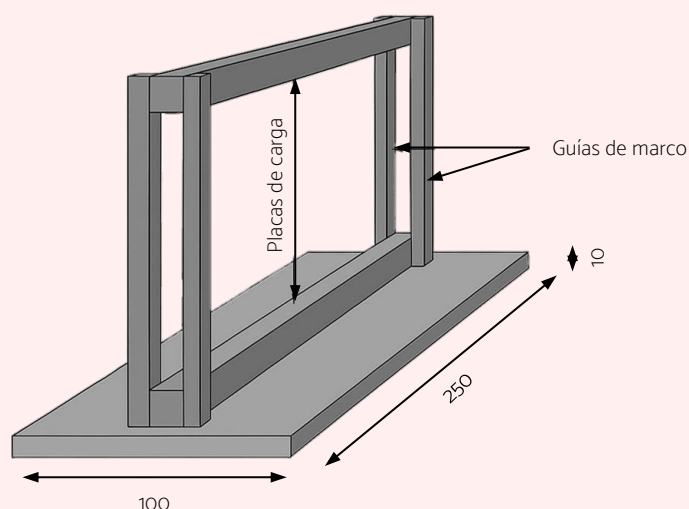


Figura 1. Marco de carga típico para un ensayo tipo ITS.

3.4.- Accesorio de transferencia de carga

El accesorio de transferencia de carga debe ser de acero, generalmente en forma de esfera o semi esfera de 19 mm de diámetro. Su función es transferir la carga desde la prensa al plato de carga superior sin deformación ni excentricidad alguna.

3.5.- Balanza electrónica

Se requiere para este ensayo al menos una balanza electrónica, una con capacidad de 10 kg y lectura al 0,1 g.

3.6.- Estufas de secado

Las estufas de secado empleadas deben de ser capaces de mantener un rango de temperatura de 39 °C a 41 °C con ventilación forzada. Las estufas de secado deben de tener una tamaño mínimo de 240 litros.

3.7.- Baño de agua termostatzado

El baño de agua debe de tener una profundidad mínima de 150 mm para asegurar que las probetas quedan sumergidas y cubiertas por agua al menos una distancia de 25 mm.

El baño de agua debe de contar con un sistema de recirculación y control automático de temperatura del agua, capaz de mantener el agua a una temperatura de 25 °C \pm 1 °C.

Además, debe de contar con una placa perforada a modo de falso fondo ubicada a 25 mm del fondo del baño.

3.8.- Termómetro digital

El termómetro digital debe de tener un rango de medición de 0 °C a 100 °C leyendo con una precisión de hasta $\pm 0,1$ °C.

3.9.- Placas porta muestras

Las placas porta muestras pueden ser de madera laminada o material similar de espesor aproximado 15 mm y diámetro aproximado 160 mm. Se debe de contar con una placa por cada probeta moldeada y compactada.

3.10.- Calibre o regla

Calibre Vernier o elemento de medición similar con capacidad de medir longitudes de hasta 100 mm con precisión al milímetro.

4.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

4.1.- Elaboración y compactación

4.1.1.- Se deben de elaborar y compactar 6 (seis) probetas, para el material estabilizado con asfalto espumado en estudio, con las dimensiones necesarias para realizar el ensayo ITS. El proceso de elaboración y compactación se debe de efectuar siguiendo los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

4.1.2.- Las muestras de material se elaboran y compactan con una humedad igual al contenido óptimo de humedad (OMC) del ensayo AASHTO T180.

4.1.3.- Luego de compactadas se las debe dejar reposar durante un tiempo mínimo de 4 horas antes de desmoldarlas. Transcurrido ese tiempo y desmoldadas, las probetas se deben de colocar con cuidado en una placa portamuestra.

4.2.- Curado

4.2.1.- Antes de proceder al curado propiamente dicho de cada probeta, se las debe de levantar de la placa portamuestra y pesarla, registrando dicho valor con precisión al gramo. Posteriormente a este pesaje se debe de regresar la probeta a la placa portamuestra.

4.2.2.- Seguidamente al pesaje se colocan las 6 probetas en sus placas porta muestras en la estufa de ventilación forzada a una temperatura de 40 ± 1 °C durante un período de al menos 72 horas. Debe de verificarse que haya un espacio de aire mínimo de 25 mm entre las probetas.

4.2.3.- Retirar una probeta por lote de probetas en estudio del horno, pesar cada una de estas probetas y registrar el peso con precisión de 1 g.

4.2.4.- Colocar nuevamente las probetas que fueron pesadas en 4.2.3 en la estufa a las condiciones antes indicadas y dejarlas por 4 horas más.

4.2.5.- Pasado este período se sacan nuevamente estas probetas de la estufa y se procede a determinar su peso con una precisión de 1 g.

4.2.6.- Realizado 4.2.5 se comparan los pesos obtenidos en los dos últimos ciclos de pesaje. Cuando cualquier probeta pierda más de 10 g se debe de repetir los pasos desde 4.2.3 a 4.2.4 hasta que ninguna probeta pierda más de 10 g entre ciclos de pesaje.

4.2.7.- Cumplimentada la condición establecida en 4.2.6 se dejan enfriar las probetas a una temperatura de 25 °C.

4.3.- Registro de las caracterizas de las probetas

4.3.1.- Una vez que las probetas alcanzaron los 25 °C de acuerdo con el punto 4.2.7, se procede a pesar y registrar el peso de cada probeta con precisión de 0,1 g.

4.3.2.- Posteriormente se miden las alturas de las probetas en tres puntos espaciados uniformemente alrededor de la circunferencia a 120 ° aproximadamente; se registran dichas lecturas como h1, h2 y h3). Se debe de calcular el promedio de las mencionadas lecturas y regístralo con una precisión de 0,5 mm.

4.3.3.- Finalizado 4.3.2 se procede a efectuar la medida del diámetro de cada probeta a media altura, en tres puntos espaciados uniformemente los cuales se los registra como d1, d2 y d3. Se debe de calcular el promedio de las mencionadas lecturas y regístralo con una precisión de 0,1 mm.

4.3.4.- Seguidamente se calcula la densidad bruta de cada probeta usando la siguiente ecuación:

$$BD = \frac{4 \times 10^6 \times M_{PC}}{(\pi \times d^2) \times h}$$

Donde:

- BD: Densidad bruta de la probeta en kg/m³
- M_{PC}: Peso de la probeta expresado en gramos (g)
- d: Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)
- h: Altura media de la probeta expresada en milímetros (mm)

4.3.5.- Calcular la media (BD_{AVE}) y el desvío estándar (s) de los resultados de densidad bruta para las seis probetas.

4.3.6.- Verificar que no existen valores de densidad bruta de las probetas outlier, para ello utilizar los valores de desviación estándar y media obtenidos en 4.3.5 y la siguiente ecuación (cuando esta condición se cumple, el valor BD en estudio es un outlier):

$$\frac{|BD_{AVE} - BD_{\text{potencial outlier}}|}{s} > T_0$$

Donde:

BD_{AVE} : Densidad bruta promedio del grupo de 6 probetas en kg/m³

$BD_{\text{potencial outlier}}$: Densidad bruta de una probeta individual potencialmente outlier en kg/m³

T_0 : Valor crítico de outlier (ver tabla 1)

Número de probetas	Valor crítico T_0
3	1.153
5	1.463
5	1.672
6	1.822

Tabla 1. Valores críticos T_0 para la identificación de outlier.

4.3.7.- Cuando se obtenga un valor outlier se debe de descartar el mismo y recalcular la media y la desviación estándar para los cinco valores restantes.

4.3.8.- Si se obtiene un segundo valor outlier, se procederá a desechar todas las probetas y repetir el procedimiento desde el punto 4.1.

5.- PROCEDIMIENTO

5.1.- Probetas en condición seca (no acondicionadas)

5.1.1.- Una vez cumplimentado el punto 4.2.7, se deben dejar 3 (tres) probetas sin remojar en un ambiente de temperatura controlada durante al menos 4 horas para alcanzar una temperatura de $25 \pm 1,5$ °C.

5.2.- Muestras en condición húmedas (acondicionadas)

5.2.1.- Una vez cumplimentado el punto 4.2.7, se procede a colocar 3 (tres) de las probetas en el baño de agua y dejándolas sumergidas durante 24 horas a una temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Verificar que las probetas estén cubiertas por al menos 25 mm de agua.

5.2.2.- Cumplido este plazo, retirar las probetas del baño de agua, secar la superficie y proceder a ensayarlas inmediatamente.

5.3.- Determinación de la Resistencia a tracción indirecta (ITS)

5.3.1.- Cumplido los puntos 5.1 o 5.2 dependiendo del caso, se procede a colocar la probeta sobre la placa de carga inferior. Luego se coloca la placa de carga superior encima de la muestra, diametralmente opuesta a la placa de carga inferior.

5.3.2.- Verificar que las placas de carga superior e inferior se encuentren paralelas y centradas en el plano diametral vertical de la probeta.

5.3.3.- Colocar el accesorio de transferencia de carga en la placa superior de carga. Posteriormente colocar el marco de carga con la probeta centralmente debajo del vástago de carga de la prensa de compresión.

5.3.4.- Aplicar una carga de 0,1 kN a la probeta para asentar las placas de carga e inspeccionar nuevamente que el conjunto para comprobar la simetría.

5.3.5.- Iniciar la aplicación de la carga a compresión sobre la probeta a una velocidad constante de 50 ± 5 mm/min, hasta que se logre la fuerza máxima. Registre la fuerza máxima, G_1 , con una precisión de 0,1 kN y registre el desplazamiento correspondiente con la carga máxima con una precisión de 0,1 mm.

5.3.6.- Descargar la prensa y retirar la probeta.

5.3.7.- Inmediatamente después del ensayo, se debe de romper cada probeta por la mitad. Registrar la temperatura en el centro de la cara rota con una precisión de $0,1^\circ\text{C}$.

5.3.8.- Separar las probetas rotas en condición seca de las probetas rotas en condición húmeda.

5.3.9.- Romper las medias porciones de las probetas en trozos pequeños y determinar el contenido de humedad de cada grupo de probetas: secas y húmedas.

6.- CÁLCULOS

6.1.- Determinación de la resistencia a tracción indirecta (ITS)

La determinación de la resistencia a tracción indirecta de cada probeta ensayada se efectúa a partir de la siguiente ecuación.

$$ITS = \frac{2 \times G}{\pi \times d \times h} \times 10^6$$

Donde:

- ITS: Resistencia a tracción indirecta expresada en KPa
- G: Carga máxima aplicada durante el ensayo expresada en KN
- d: Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)
- h: Altura media de la probeta expresada en milímetros (mm)

6.2.- Determinación de la densidad seca de cada probeta

La determinación de la densidad seca de cada probeta ensayada se efectúa a partir de la siguiente ecuación.

$$D_D = \frac{4 \times 10^6 \times M_D}{(\pi \times d^2) \times h}$$

Donde:

- DD: Densidad seca de la probeta expresada en kg/m³
- M_D: Peso seco de la probeta expresada en gramos
- d: Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)
- h: Altura media de la probeta expresada en milímetros (mm)

Para el cálculo del peso seco de la probeta (M_D) se debe de aplicar la siguiente ecuación:

$$M_D = \frac{100 \times M_W}{100 + W}$$

Donde:

- M_W: Peso húmedo de la probeta luego del proceso de compactación expresado en gramos.
- M_D: Peso seco de la probeta expresada en gramos.
- W: Contenido de humedad de la probeta, determinado durante la compactación expresado en porcentaje del peso del material seco.

7.- REPORTE DEL ENSAYO

7.1.- Reportar la densidad bruta BD al kg/m³ y los ITS correspondientes a las condiciones seca u húmedas en kPa para:

- a) probetas individuales
- b) valores medios para el conjunto de datos

7.2.- El informe del ensayo debe de incluir la siguiente información general:

- a) altura promedio de la probeta
- b) detalles de los materiales (agregados pétreos, RAP, filler activo, tipo de cemento asfáltico) y formulación (cantidades) empleada en la elaboración del material estabilizado con asfalto espumado.
- c) Las siguientes fechas:
 - c1.- Elaboración y compactación
 - c2.- Inicio y fin del curado (incluidos tiempos)
 - c3.- Fecha de ensayo

7.3.- El informe del ensayo debe de incluir además la siguiente información para cada probeta:

- a) marca de identificación
- b) contenido de humedad al momento de ensayas (condición seca y húmeda)
- c) densidad seca y contenido de humedad
- d) altura y diámetro de la probeta
- e) deformación en caso de falla
- f) carga máxima aplicada
- g) temperatura en el centro de la muestra

ANEXO D

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FRENTE A SOLICITACIONES DE CORTE DEL MATERIAL ESTABILIZADO CON ASFALTO ESPUMADO

ANEXO D – Determinación de las propiedades frente a solicitaciones de corte del material estabilizado con asfalto espumado

ÍNDICE DE TABLAS	3
1.- ALCANCE Y OBJETIVO	4
2.- DEFINICIONES	4
2.1.- Material estabilizado con asfalto espumado	4
2.2.- Propiedades frente al esfuerzos de corte	4
2.3.- Densidad seca máxima (MMD)	4
2.4.- Contenido óptimo de humedad (OMC)	4
3.- EQUIPOS NECESARIOS	4
4.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS	6
4.1.- Elaboración y compactación	6
4.2.- Medición y acondicionamiento de las probetas	7
4.3.- Curado	7
4.4.- Identificar valores outliers	8
5.- PROCEDIMIENTO	9
5.1.- Montaje del ensayo	9
5.2.- Ensayo Triaxial	10
6.- CÁLCULOS	10
6.1.- Determinación de las propiedades del material en el ensayo Triaxial: Cohesión (C) y ángulo de fricción interna (ϕ)	10
7.- REPORTE DEL ENSAYO	13

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores críticos T_o para la identificación de outlier.....	9
--	---

1.- ALCANCE Y OBJETIVO

Este método de ensayo describe la metodología a seguir para la determinación de las propiedades frente a sollicitaciones de corte de un material estabilizado mediante asfalto espumado cohesión (C) y ángulo de fricción interna (ϕ) mediante un ensayo Triaxial simple. Las probetas con las cuales se conduce el ensayo deben de ser cilíndricas, de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura.

2.- DEFINICIONES

2.1.- Material estabilizado con asfalto espumado

Este material es el resultado de la mezcla de diferentes fracciones de agregados pétreos vírgenes, material proveniente de capas asfálticas o granulares de pavimentos existentes y un filler activo (cemento o cal hidratada) estabilizados mediante asfalto espumado.

2.2.- Propiedades frente al esfuerzos de corte

Los parámetros que caracterizan el comportamiento frente a las sollicitaciones de corte de los materiales estabilizados mediante asfalto espumado son la cohesión (C) y ángulo de fricción interna (ϕ).

Dichos parámetros se determinan a partir de los círculos de Mohr-Coulomb obtenidos al trazar las gráficas de la tensión vertical (σ_1) aplicada a las probetas en un ensayo Triaxial simple en un rango de presiones de confinamiento (σ_3).

2.3.- Densidad seca máxima (MMD)

La densidad seca máxima del material estabilizado mediante asfalto espumado corresponde con la máxima densidad de la curva densidad seca versus contenido de humedad obtenida mediante la metodología de ensayo AASTHO T180.

2.4.- Contenido óptimo de humedad (OMC)

El contenido óptimo de humedad del material estabilizado mediante asfalto espumado corresponde con el valor de humedad (de la curva densidad seca vs contenido de humedad) correspondiente a la densidad seca máxima del ensayo AASTHO T180.

3.- EQUIPOS NECESARIOS

3.1.- Celda para el ensayo Triaxial

La celda para la realización del ensayo Triaxial consiste en un cilindro de confinamiento cerrado por dos placas: una de base y otra placa superior.

La celda Triaxial en su conjunto debe de ser capaz de soportar una presión de confinamiento de al menos 200 kPa.

Las dimensiones internas del cilindro que constituye a la celda Triaxial deben ser suficientes para alojar una probeta de 150 mm de diámetro por 300 mm de alto, recubierta por una membrana de goma.

3.2.- Membrana de goma

La membrana de goma dentro de la cual se debe de colocar la probeta debe tener un diámetro interno desinflado de 160 ± 5 mm y una altura de 330 mm.

3.3.- Prensa de compresión

La prensa para aplicar la fuerza de compresión debe ser capaz de aplicar una fuerza de al menos 200 kN leyendo con precisión de 0,1 kN. Además, la prensa debe de contar con la posibilidad de aplicar la carga con una velocidad constante de 3 mm/min, midiendo el desplazamiento vertical con precisión de 0,1 mm.

La prensa de ensayo debe ser capaz de tomar lecturas a intervalos de 1 segundo y tener espacio suficiente para acomodar el cilindro de confinamiento juntamente con las placas superior e inferior.

El actuador o vástago de carga móvil debe estar situado encima de la celda Triaxial, la cual debe estar apoyada en una base fija.

3.4.- Compresor de aire

El compresor de aire que se emplee para la ejecución del ensayo debe de contar con un manómetro que permita lecturas de 1 kPa, además debe de ser capaz de regular e inflar la membrana y mantener una presión máxima de $200 \pm 2,5$ kPa.

3.5.- Balanza electrónica

Se requiere para este ensayo al menos una balanza electrónica, una con capacidad de 20 kg y lectura al 0,1 g.

3.6.- Estufas de secado

Las estufas de secado empleadas deben de ser capaces de mantener un rango de temperatura de 39 °C a 41 °C con ventilación forzada. Las estufas de secado deben de tener un tamaño mínimo de 240 litros.

3.7.- Baño de agua termostatzado

El baño de agua debe de tener una profundidad mínima de 350 mm para asegurar que las probetas quedan sumergidas y cubiertas por agua al menos una distancia de 25 mm.

El baño de agua debe de contar con un sistema de recirculación y control automático de temperatura del agua, capaz de mantener el agua a una temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Además, debe de contar con una placa perforada a modo de falso fondo ubicada a 25 mm del fondo del baño.

3.8.- Termómetro digital

El termómetro digital debe de tener un rango de medición de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ leyendo con una precisión de hasta $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.9.- Placas porta muestras

Las placas porta muestras pueden ser de madera laminada o material similar de espesor aproximado 15 mm y diámetro aproximado 160 mm. Se debe de contar con una placa por cada probeta moldeada y compactada.

3.10.- Bolsas de plástico

Las bolsas de plástico deben de tener una capacidad 10 litros y el diseño necesario para poder ser cerradas herméticamente.

4.- PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

4.1.- Elaboración y compactación

4.1.1.- Se deben de elaborar y compactar 10 (diez) probetas, para el material estabilizado con asfalto espumado en estudio, con las dimensiones necesarias para realizar el ensayo Triaxial. El proceso de elaboración y compactación se debe de efectuar siguiendo los lineamientos establecidos en la metodología descrita en el ANEXO B de la presente especificación técnica.

4.1.2.- Las muestras de material se elaboran y compactan con una humedad igual al contenido óptimo de humedad (OMC) del ensayo AASHTO T180.

4.1.3.- Luego de compactadas se las debe dejar reposar durante un tiempo mínimo de 4 horas antes de desmoldarlas. Transcurrido ese tiempo y desmoldadas, las probetas se deben de colocar con cuidado en una placa portamuestra.

4.2.- Medición y acondicionamiento de las probetas

4.2.1.- Una vez compactadas las 10 probetas, se debe dejar las mismas durante la noche en sus respectivos moldes cubiertos con un paño de arpillera húmedo.

4.2.2.- Cumplido 4.2.1 se procede a desmoldar las probetas a la mañana siguiente, identificando cada una de las probetas.

4.2.3.- Posteriormente se colocan las probetas en la estufa a una temperatura de 40 ± 1 °C durante 8 horas, verificando que haya un espacio de aire mínimo de 25 mm entre las probetas. Para evitar daños las probetas siempre se mueven sobre sus respectivas placas porta muestras.

4.3.- Curado

4.3.1.- Cumplido el punto 4.2.3 se procede a retirar las probetas de la estufa y colocarlas cada una dentro de las bolsas de plástico con cierre hermético.

4.3.2.- Realizado lo anterior, se colocan las probetas dentro de las bolsas de plástico en una estufa a una temperatura de 40 ± 1 °C durante 48 horas.

4.3.3.- Al cabo de las 48 horas se retiran las probetas de la estufa y se las extraen de sus respectivas bolsas herméticas de plástico.

4.3.4.- Se pesa cada probeta y se registra su peso (MPC) con precisión de un gramo.

4.3.5.- Posteriormente se miden las alturas de las probetas en tres puntos espaciados uniformemente alrededor de la circunferencia a 120° aproximadamente; se registran dichas lecturas como h1, h2 y h3). Se debe de calcular el promedio de las mencionadas lecturas y regístralo con una precisión de 0,5 mm.

4.3.6.- Finalizado 4.3.5 se procede a efectuar la medida del diámetro de cada probeta a media altura, en tres puntos espaciados uniformemente los cuales se los registra como d1, d2 y d3. Se debe de calcular el promedio de las mencionadas lecturas y regístralo con una precisión de 0,1 mm.

4.3.7.- Colocar 2 de las 10 probetas en el baño de agua durante 24 horas a una temperatura de 25 °C. Después de cumplidas las 24 horas, retirar las probetas del agua, secar la superficie y pesar las probetas antes de realizar el ensayo. Verificar que las probetas se encuentren cubiertas por agua por al menos 25 mm de agua.

4.3.8.- Con las 8 (ocho) probetas restantes, coloca las mismas en bolsas de plástico herméticas y déjelas enfriar a 25 ± 2 °C durante un período mínimo de 12 horas. Luego se saca cada muestra de su bolsa de plástico y se analiza.

4.4.- Identificar valores outliers (aislado)

4.4.1.- Finalizado 4.3.8 se procede a efectuar la medida del diámetro de cada probeta a media altura, en tres puntos espaciados uniformemente los cuales se los registra como d1, d2 y d3. Se debe de calcular el promedio de las mencionadas lecturas y regístralo con una precisión de 0,1 mm.

4.4.2.- Seguidamente se calcula la densidad bruta de cada probeta usando la siguiente ecuación:

$$BD = \frac{4 \times 10^6 \times M_{PC}}{(\pi \times d^2) \times h}$$

Donde:

- BD: Densidad bruta de la probeta en kg/m³
 M_{PC}: Peso de la probeta expresado en gramos (g)
 d: Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)
 h: Altura media de la probeta expresada en milímetros (mm)

4.4.3.- Calcular la media (BD_{AVE}) y el desvío estándar (s) de los resultados de densidad bruta para las 10 (diez) probetas.

4.4.4.- Verificar que no existen valores de densidad bruta de las probetas outlier, para ello utilizar los valores de desviación estándar y media obtenidos en 4.4.3 y la siguiente ecuación (cuando esta condición se cumple, el valor BD en estudio es un outlier):

$$\frac{|BD_{AVE} - BD_{\text{potencial outlier}}|}{s} > T_0$$

Donde:

- BD_{AVE}: Densidad bruta promedio del grupo de 10 (diez) probetas en kg/m³
 BD_{potencial outlier}: Densidad bruta de una probeta individual potencialmente outlier en kg/m³
 T₀: Valor crítico de outlier (ver Tabla 1)

Número de probetas	Valor crítico T ₀
8	2.03
9	2.11

10	2.18
----	------

Tabla 1. Valores críticos T_0 para la identificación de outlier.

4.4.5.- Cuando se obtenga un valor outlier se debe de descartar el mismo y recalculer la media y la desviación estándar para los nueve valores restantes.

4.4.6.- Cuando se obtenga un segundo valor outlier se debe de descartar el mismo y recalculer la media y la desviación estándar para los ocho valores restantes.

4.4.7.- Si se identifica un tercer outlier, abandonar el ensayo y repetir procedimiento desde el Punto 4.1.

5.- PROCEDIMIENTO

5.1.- Montaje del ensayo.

5.1.1.- En primera instancia colocar la probeta dentro de la membrana de goma, luego colocar la probeta con la membrana ya colocada sobre la placa de base.

5.1.2.- Seguidamente colocar el cilindro de la cámara y fijar el cilindro a la placa base.

5.1.3.- Posteriormente colocar con cuidado la placa superior sobre la probeta.

5.1.4.- Verificar que existe suficiente espacio para la colocación del conjunto (cilindro+probetas+placas) entre el actuador o vástago de carga y la base de reacción fija.

5.1.5.- Colocar el conjunto (cilindro+probetas+placas) sobre la base de reacción de la prensa y alinee correctamente.

5.1.6.- Bajar el vástago de carga hasta que haga contacto con el centro de la placa superior. Verifique la lectura de la celda de carga para asegurarse de que la muestra no esté cargada durante este proceso.

5.1.7.- Conectar el suministro de aire a la válvula de inflado del cilindro de confinamiento. Ajuste el regulador de presión para inflar la membrana de goma a la presión requerida.

5.1.8.- El ensayo Triaxial se realiza a cuatro presiones de confinamiento diferentes (σ_3): 0 kPa, 50 kPa, 100 kPa y 200 kPa.

5.1.9.- Cuando se dispone de suficientes probetas, se ensayan dos muestras en condición seca a cada presión de confinamiento mencionada en 5.1.8.

5.1.10.- Cuando una probeta se identifica como outlier se debe de descartar, en este caso se debe de reducir a un solo ensayo la condición seca a presión de confinamiento 50 kPa. Si se excluyeron dos

probetas, se debe de ensayar solo una probeta para la condicione seca correspondientes a las presiones de confinamiento 50 KPa y 100 KPa.

5.1.11.- Las dos probetas en condición húmeda (inmersión por 24 horas a 25 °C) se deben de ensayar a una presión de confinamiento de 100 kPa.

5.2.- Ensayo Triaxial

5.2.1.- Configurar la prensa de compresión en modo de control de desplazamiento, a una velocidad de aplicación de carga de 3 mm/min. Verificar que las lecturas de carga (f_i) y desplazamiento (Δ_i) se midan y registren cada segundo.

5.2.2.- Aplicar la carga vertical hasta un desplazamiento de 18 mm (6 % de deformación), o antes si la carga comienza a reducirse desde el máximo.

5.2.3.- Cumplido 5.2.2 descargar la probeta regresando el actuador o vástago de carga a su posición inicial y libere en ese momento la presión de confinamiento.

5.2.4.- Retirar el actuador de la placa superior y quitar el conjunto del cilindro de confinamiento del marco de carga. Desmontar el cilindro de confinamiento y retirar con cuidado la membrana de goma de la probeta.

5.2.5.- Romper inmediatamente la probeta y registrar la temperatura en el centro y en el medio con una precisión de 0,1 °C.

5.2.6.- Tomar una muestra de aproximadamente 1.000 gramos de material de la porción media de la probeta y colocarla en un recipiente sellado. Determine el contenido de humedad.

5.2.7.- Repetir el procedimiento hasta que todas las probetas (en condición húmeda y seca) hayan sido ensayadas a las presiones de confinamiento dadas en 5.1.8.

6.- CÁLCULOS

6.1.- Determinación de las propiedades del material en el ensayo Triaxial: Cohesión (C) y ángulo de fricción interna (ϕ)

6.1.1.- Volcar en un gráfico la carga vertical aplicada (f_i) en el eje vertical versus el desplazamiento (Δ_i) en el eje horizontal para cada probeta ensayada utilizando los datos de salida del software de la prensa de compresión.

6.1.2.- Identificar la carga máxima durante el ensayo y la carga correspondiente con el desplazamiento de 18 mm, registrar el menor valor de ambas como (f_p). Registrar también la presión de confinamiento (σ_3) empleada en el ensayo de cada probeta.

6.1.3.- Seguidamente se debe de calcular la tensión total máxima aplicada. Para ello inicialmente se debe de calcular la tensión de falla aplicada y medida por la prensa utilizando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{1P} = \frac{4 \times f_p \times 10^6}{(\pi \times d^2)}$$

Donde:

- σ_{1P} : Tensión máxima aplicada medida por la prensa de ensayo expresada en KPa
- f_p : Carga máxima aplicada durante el ensayo expresada en KN
- d : Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)

6.1.4.- Realizado el cálculo de 6.1.3, determinar la tensión de falla total aplicada, incluido el peso muerto de la placa superior y el ariete de carga, usando la siguiente ecuación:

$$\sigma_{1TP} = \sigma_{1P} + \frac{4 \times M_{DW} \times 9,81}{(\pi \times d^2)}$$

Donde:

- σ_{1TP} : Tensión máxima aplicada incluyendo el peso de la placa superior y el ariete de carga expresada en KPa
- σ_{1P} : Tensión máxima aplicada medida por la prensa de ensayo expresada en KPa
- M_{DW} : Peso de la placa superior y el ariete de carga expresado en gramos
- d : Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)

6.1.5.- Volcar en un gráfico la tensión total aplicada (σ_{1TP}) en el eje vertical versus la tensión de confinamiento (σ_3) en el eje horizontal para todas las probetas en condición seca.

6.1.6.- Seleccionar la línea recta que mejor se ajuste a través de los puntos.

6.1.7.- Determinar la pendiente de la línea de mejor ajuste (A) y la intersección con el eje vertical (B).

Nota: Se puede emplear para la tarea de trazar los puntos herramientas de software comerciales diseñadas para tal fin que permiten lograr una línea de mejor ajuste y calcular una ecuación de regresión lineal.

6.1.8.- Para la determinación de la cohesión (C) con precisión al kilopascal y el ángulo de fricción interna (\emptyset) al primer decimal de un grado se deben de emplear las siguientes ecuaciones:

$$\emptyset = \sin^{-1} \left(\frac{A - 1}{A + 1} \right)$$

$$C = B \times \frac{1 - \sin \emptyset}{2 \times \cos \emptyset}$$

6.1.9.- Determinar la cohesión retenida expresada como la diferencia entre las tensiones neta aplicadas antes y después del acondicionamiento de las probetas, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{RetC} = \frac{(\sigma_{1\text{WTP},F} - \sigma_3)}{(\sigma_{1\text{EQUIL},F} - \sigma_3)} \times 100$$

Donde:

- $\sigma_{1\text{WTP},F}$: Tensión máxima aplicada para condición húmeda para una presión de confinamiento σ_3 expresada en KPa
- $\sigma_{1\text{EQUIL},F}$: Tensión máxima aplicada para condición seca para una presión de confinamiento σ_3 expresada en KPa
- σ_3 : Presión de confinamiento expresado en KPa
- RetC: Cohesión retenida luego del acondicionamiento de las probetas expresado en porcentaje de la cohesión neta en condición seca

6.1.10.- Determinar la densidad seca y el contenido de humedad después del curado e inmersión usando la siguiente ecuación:

$$D_T = \frac{100 \times M_{PS} \times 4 \times 10^6}{(100 + W_{PS}) \times (\pi \times h \times d^2)}$$

Donde:

- D_T : Densidad seca al momento del ensayo expresada en kg/m³
- W_{PS} : Contenido de humedad del material granular luego del período de acondicionamiento y antes del ensayo expresado en %
- M_{PS} : Peso de la probeta luego del período de acondicionamiento y antes del ensayo expresado en gramos
- d : Diámetro medio de la probeta expresado en milímetros (mm)
- h : Altura media de la probeta expresada en milímetros (mm)

7.- REPORTE DEL ENSAYO

7.1.- El informe del ensayo debe de reportar los siguientes resultados:

- a) La pendiente (A) con dos decimales y la intercepción del eje vertical (B) al kPa más cercano de la línea σ_1 versus σ_3 de mejor ajuste.
- b) La cohesión (C) al kPa más cercano.
- c) El ángulo interno de fricción (ϕ) al primer decimal de un grado.
- d) La cohesión retenida (C_{RET}) al punto porcentual más cercano.

7.2.- El informe del ensayo debe de incluir la siguiente información general:

- a) altura promedio de la probeta
- b) detalles de los materiales (agregados pétreos, RAP, filler activo, tipo de cemento asfáltico) y formulación (cantidades) empleada en la elaboración del material granular estabilizado con asfalto espumado.
- c) Las siguientes fechas:
 - c1.- Elaboración y compactación
 - c2.- Inicio y fin del curado (incluidos tiempos)
 - c3.- Fecha de ensayo

7.3.- El informe del ensayo debe de incluir además la siguiente información para cada probeta:

- a) marca de identificación
- b) condición en el momento del ensayo (seca o húmeda)
- c) densidad seca y contenido de humedad
- d) altura y diámetro de la muestra
- e) densidad bruta de la probeta
- f) deformación en caso de falla
- g) carga máxima aplicada
- h) temperatura en el centro de la muestra
- i) contenido de humedad después del ensayo, muestras en condición secas y húmedas
- j) densidad seca
- k) presión de confinamiento (σ_3)
- l) carga máxima (f_p)
- m) tensión total aplicada (σ_{TP})

