

MANUAL TÉCNICO DEL ESTABILIZADOR DE SUELOS
PERMA ZYME 11X



SECSA

VERSIÓN	02	FECHA	OCTUBRE DE 2008
---------	----	-------	-----------------

INDICE

	PÁG.
A.- CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN	1
B.- DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	1
C.- INTERROGANTES RELATIVAS A SU USO Y APLICACIÓN	3
D.- ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DE ACUERDO AL ARTÍCULO 342 DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN DEL INV	6
E.- MÉTODO DE ENSAYO PARA PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE SUELOS NATURALES SUBBASES Y BASES ESTABILIZADAS PARA PAVIMENTOS CONTENIENDO <i>Perma Zyme 11X</i>	16
F.- REGISTRO DE SEGURIDAD	20

A. CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN

CARACTERÍSTICAS

Perma Zyme 11X ES UN PRODUCTO ALTAMENTE CONCENTRADO.

Perma Zyme 11X ES UN PRODUCTO FORMULADO CON BASE A ENZIMAS DE ORIGEN ORGÁNICO QUE UTILIZAN EL AGUA COMO MEDIO DE APLICACIÓN.

Perma Zyme 11X NO ES TÓXICO, NO ES INFLAMABLE, TAMPOCO AFECTA LA SALUD.

VIDA UTIL – 3 AÑOS, SI ES MANTENIDO A TEMPERATURAS INFERIORES A 45° C; SI EL PRODUCTO ES CONGELADO NO SUFRE ALTERACIÓN.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Perma Zyme 11X NO DEBE SER DILUIDO EN UNA CANTIDAD MENOR QUE UNA PARTE DE *Perma Zyme 11X* POR CADA 400 PARTES DE AGUA. ESTO ASEGURA AGUA SUFICIENTE PARA QUE *Perma Zyme 11X* PENETRE EN FORMA UNIFORME DENTRO DE LOS SUELOS A TRATAR. LA HUMEDAD TOTAL DE TRABAJO NO DEBERÁ EXCEDER LA HUMEDAD ÓPTIMA DE COMPACTACIÓN.

NO SE PODRAN EFECTUAR TRABAJOS CON *Perma Zyme 11X* EN PRESENCIA DE LLUVIA. EN EL CASO DE QUE SE PRESENTE LLUVIA DURANTE LA APLICACIÓN Y/O MEZCLADO DEL MATERIAL A TRATAR, SE RECOMIENDA SELLAR LA SUPERFICIE, PARA LUEGO UNA VEZ SESE LA LLUVIA, MEZCLAR EL MATERIAL TRATADO CON *Perma Zyme 11X* COMPACTÁNDOLO HASTA LA DENSIDAD DESEADA.

SUPERFICIES Y TERRENOS CON UN CONTENIDO ALTO DE HUMEDAD INHIBIRAN LA PENETRACIÓN DE *Perma Zyme 11X* A ESTOS.

COMO REGLA GENERAL “NUNCA EXCEDER LA HUMEDAD ÓPTIMA”. UN TERRENO CON EXCESO DE HUMEDAD ES MUY DIFÍCIL DE SECAR.

B. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Perma Zyme 11X produce una estabilidad de los suelos que resulta muy ventajosa para la construcción de caminos, reduciendo sus costos de reparación y mantenimiento.

Perma Zyme 11X es una formulación patentada, multienzimática, concentrada y líquida, diseñada para maximizar la compactación e incrementar las propiedades naturales de los suelos a los niveles y condiciones óptimas, con resultados muy superiores a los productos actuales en uso. Desarrollada y probada por años en terreno, *Perma Zyme 11X* entrega ventajas adicionales a constructores de caminos, comunidades y a la ecología por ser no-tóxico y ambientalmente seguro.

Una enzima es un compuesto natural orgánico similar a las proteínas que actúa como un catalizador. Su gran estructura molecular contiene elementos activos que ayudan al enlace e interacción molecular.

La formulación de *Perma Zyme 11X* aumenta la acción humectante del agua permitiendo una mejor penetración de ésta ayudando así a la compactación y logrando mayores densidades de los suelos. *Perma Zyme 11X* acelera el enlace cohesivo de las partículas del suelo, creando un estrato firme, denso y permanente que resiste la infiltración de agua, la acción del clima y del tránsito. El porcentaje de compactación que puede esperarse, puede alcanzar hasta un 20% superior al conseguido con los métodos normales de construcción de caminos.

Perma Zyme 11X es económicamente efectivo ya que reduce tanto los costos de construcción, como los de mantenimiento.

Ya que *Perma Zyme 11X* utiliza como ligante los finos cohesivos no granulares, el material de base a usar debe tener un alto contenido de finos. Esto permite hacer uso de materiales de menor costo, incluso aprovechar el material existente en ciertos caminos.

Los costos de mantenimiento se reducen considerablemente ya que una base tratada con *Perma Zyme 11X* resulta menos permeable que una convencional, que aumentando la densidad del suelo, presenta una superficie con mayor resistencia al lavado de partículas finas y a la erosión.

ESTABILIZACIÓN EN CAMINOS DE TRÁFICO PESADO

Caminos interiores de minas regularmente son construidos en terrenos que contienen una vasta gama de materiales granulométricos generalmente, con un alto contenido de finos que pasen el tamiz No. 200 que normalmente causan problemas de estabilización. *Perma Zyme 11X* ayuda eficazmente a cementar éstas, con material de mayor tamaño, produciendo una capa densa altamente compacta, la cual es imposible de obtener sin *Perma Zyme 11X*. Los caminos tratados con *Perma Zyme 11X* son resistentes a la penetración del agua lo cual garantiza un camino de mayor calidad con

un mínimo de mantenimiento. Normalmente en caminos de tráfico de camiones se debe considerar la construcción de 2 ó más capas de base tratada.

CONSTRUCCIÓN DE UN CAMINO O VÍA

Se requiere de sólo un litro de *Perma Zyme 11X*, para tratar 30 m³ ó 33 m³ de material compacto; se agrega al agua necesaria contenida en un carro-tanque, la cual seguidamente es aplicada en forma de riego al material para luego ser mezclada, extendida y compactada. La cantidad de agua en la cual *Perma Zyme 11X* será diluida dependerá de las condiciones del terreno a tratar y su humedad óptima de compactación.

La construcción de un camino deberá efectuarse en capas no mayores de 30 cm y dependiendo de la maquinaria a utilizar en su compactación. Se recomienda utilizar capas de 15 cm mínimo para obtener una compactación óptima. Se debe poner mucha atención en el contenido de humedad y la forma de mezclado para obtener una distribución uniforme de *Perma Zyme 11X* en el material del camino. En todo caso si se requiere solamente una capa estabilizada, esta deberá ser de mínimo 17 cm.

Perma Zyme 11X, también es utilizado para el sellamiento de la base granular en los caminos terciarios, controlando la pérdida de finos. Se aplica en una solución de 1,0 parte de *Perma Zyme 11X* por 10.000 partes de agua. Este tratamiento es altamente efectivo reduciendo los finos en suspensión producto del tráfico vehicular, evitando así los tratamientos temporales y las grandes cantidades de agua que se requieren normalmente para controlar este problema.

C. PREGUNTAS RELATIVAS AL USO DE PERMA-ZYME 11X

1. ¿Se produce algún efecto especial cuando *Perma Zyme 11X* es mezclado con otro compuesto orgánico como la cal (CaO) o la caliza (CaCO₃)?

Perma Zyme 11X reacciona bien con todos los suelos orgánicos. Él incrementará el enlace de las partículas finas bajo tamiz No. 200 y permitirá mayor penetración de la humedad, lo que facilitará la compactación. *Perma Zyme 11X* ha sido usado con éxito en caminos que han contenido CaO. Suelos limosos o arcillosos también reaccionan en forma positiva, sin embargo el uso de arcillas debe ser muy controlado en la construcción de caminos, usualmente menos del 30% bajo el tamiz No. 200.

2. ¿En la medida que el tiempo transcurra, el esfuerzo de enlace producido por *Perma Zyme 11X* se reducirá o se incrementará? ¿El camino se debilitará estructuralmente y presentará fallas?

Los suelos tratados con *Perma Zyme 11X* (de caminos o estanques), alcanzan su mayor capacidad estructural en el momento de su compactación y durante el subsiguiente período de curado, es decir 72 horas. El fuerte enlace de las partículas de suelo se realiza en presencia de humedad y energía de compactación. Esta condición permanecerá tanto como el material pueda resistir fuerzas externas.

Cargas pesadas de ejes, el agua y ciclos de congelamiento y deshielo tienen algún efecto en todos los caminos finalmente. Los suelos tratados con *Perma Zyme 11X* resisten estas fuerzas debido a la cementación y alta densidad producida en el material granular. El camino soportará los efectos perjudiciales de la erosión y de las fuerzas mecánicas que actúen sobre él.

Los agrietamientos en el material de los caminos tratados se deben principalmente a dos factores:

- a.) Si el material tiene un alto contenido de arcillas expansivas (con un alto factor de contracción / expansión). En estos casos los caminos recién terminados pueden presentar algunas fisuras, esto significa que la capacidad de soporte es insuficiente (Sub-rasante) lo cual se corrige aumentando el espesor de la base, manejando el sistema de drenaje y con el uso de *Perma Zyme 11X* controlará las grietas o fisuras ocasionadas cuando las arcillas expansivas entran en contacto con el agua.
- b.) Cuando los finos arcillosos bajo tamiz No. 200 exceden de un 25% o son altamente expansivas, puede presentarse un agrietamiento superficial. Estas grietas o fisuras son generalmente superficiales y son rellenadas con pequeñas partículas del material existente con el tránsito usual del camino, no afectando significativamente la estabilidad de éste.

3. ¿Cuándo el material del camino contiene entre el 18% y el 30% de arcilla, la superficie de rodado será más resbalosa y producirá pérdida de tracción?

Perma Zyme 11X trabaja bien en materiales que contengan entre un 18% a un 30% de finos que pasan por tamiz No. 200. Este rango ha sido indicado como el más aceptable del material a usar en la construcción de caminos.

Los caminos construidos con materiales que contienen un alto porcentaje de arcilla presentarán una superficie de rodado cerrada y resbalosa al estar húmeda. Es recomendable usar un ajuste granulométrico utilizando agregados pétreos para controlar la plasticidad mejorando la tracción de los vehículos en condiciones de humedad, y además lograr una mayor estabilidad en la estructura.

El Departamento de Transporte del Estado de California (Estados Unidos), ha ensayado un suelo con un alto contenido de arcilla tratado con *Perma Zyme 11X*, obteniendo un incremento del 27% en el ensayo de compresión confinada. Este material contenía un porcentaje de 95% de arcilla.

Contratistas en USA que han experimentado el uso de *Perma Zyme 11X* por más de 5 años, han reducido sus costos de mantenimiento de caminos en un 25%. Por ejemplo, en un camino que necesitaba normalmente de una perfilada cada 2 meses con adición de material granular en forma periódica, se usó *Perma Zyme 11X* como estabilizador de las bases, colocando un Tratamiento Superficial Simple y dejando un tramo sin recubrimiento asfáltico. Se consiguió un ahorro sustancial y la zona sin tratamiento asfáltico no requirió de mantenimiento por 16 meses, a pesar del aumento de tráfico que se produjo.

4. ¿Cuánto durará un camino cuando se use *Perma Zyme 11X* en él?

Los caminos tratados con *Perma Zyme 11X* han estado en uso por más de 10 años.

La vida útil de un camino depende de varios factores:

- a) Condiciones climáticas tales como las precipitaciones y las variaciones de temperatura.
- b) Tipos de suelo usados en la construcción.
- c) Diseño del camino – granulometrías, drenajes y otros parámetros.
- d) Tipo de tráfico vehicular, velocidades y uso.
- e) Recubrimiento para superficies de rodado (si es que se ha aplicado).
- f) Mantenimiento general – frecuencia y calidad.

Se han observado que caminos tratados con *Perma Zyme 11X* mantienen su integridad por períodos largos y con un mantenimiento mínimo.

5. ¿Se pueden construir caminos provisionales usando menor cantidad de *Perma Zyme 11X*?

Perma Zyme 11X se debe usar siempre a razón de 1,0 litro por cada 30 m³ ó 33 m³ de suelo compacto. Para caminos provisorios se debe considerar una reducción en los espesores, teniendo en cuenta siempre, que las cargas por ejes proyectadas no destruyan prematuramente el camino.

6. ¿Es necesaria la compactación al usar *Perma Zyme 11X*?

Perma Zyme 11X se utiliza cuando se le aplica a un suelo la humedad necesaria para compactarlo. La estabilización ocurre cuando las partículas de suelo entran en contacto al recibir la energía de compactación. Incluso cuando se utiliza en aplicaciones en tanques, es el peso del agua la que genera la compactación.

Aplicar *Perma Zyme 11X* a un suelo y no compactarlo, no alterará las propiedades naturales del suelo, es decir no se reflejará ganancia en sus propiedades.

7. ¿Afectará *Perma Zyme 11X* a la vegetación si estuviese en contacto con ella?

Perma Zyme 11X no es dañino a la vegetación en ninguna de sus aplicaciones, ya sea construcción de caminos, construcción o mejoramiento de tanques, etc.

D. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

Estas especificaciones cumplen con el artículo 342 preliminar del INVIAS "Base estabilizada con compuestos multienzimáticos orgánicos" y de acuerdo con los lineamientos exigidos por el fabricante. También cumple con los requerimientos de la "Guía para el diseño y la construcción de capas estructurales de pavimentos estabilizadas mediante procesos químicos" del IDU, en Bogotá D.C.

BASE ESTABILIZADA CON EL PRODUCTO MULTIEENZIMÁTICO

Perma Zyme 11X

1.1 DESCRIPCIÓN

Este trabajo consiste en la construcción de una capa conformada por material existente resultante de la escarificación de la capa superficial, o por una adición de material en su totalidad o una mezcla de ambos, estabilizándolos con *Perma Zyme 11X* (compuesto multienzimático orgánico), de acuerdo con los diseños elaborados y entregados por *Superficies Ecológicas y Caminos S.A. (SECSA)* al Contratista y / o la Entidad Contratante.

1.2 MATERIALES

1.2.1 AGREGADOS PÉTREOS

Los materiales por estabilizar podrán ser triturados, clasificados o una mezcla de ambos y deberán estar exentos de materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial. Además, deberán cumplir los siguientes requisitos:

a. Granulometría.

El Contratista producirá los materiales necesarios de acuerdo a la banda granulométrica y tolerancia indicadas en la tabla 1.3, entregando a **SECSA** y La Entidad Contratante los certificados de ensayo que acreditan su cumplimiento, previo al inicio de las obras. Otras granulometrías pueden adoptarse, siempre que sea autorizada por **SECSA** y que en todo caso cumpla con el porcentaje que pasa por el tamiz No. 200, indicada en la tabla.

**TABLA 1.3: BANDA GRANULOMÉTRICA *Perma Zyme 11X*
Vs. NORMA ARTÍCULO 342 DEL INV**

TAMIZ		BANDA Perma Zyme 11X (% PASA)	NORMA ART. 342 INVIAS	
Normal	Alterno		BEMO-1	BEMO-2
37.5 mm	1 1/2"	-	100	-
25.0 mm	1"	100	70-100	100
19.0 mm	3/4"	92-96	60-90	70-100
12.5 mm	1/2"	81-89		
9.5 mm	3/8"	75-83	45-75	50-80
4.75 mm	No.4	58-66	30-60	35-65
2.00 mm	No.10	49-57	25-50	25-50
1.18 mm	No.16	44-52		
425 µm	No.40	34-44	20-35	20-35
75 µm	No.200	18-30	10-25	10-25

Durante la ejecución de las obras, la granulometría se controlará en terreno tomando el material acordonando antes de procesarlo.

b. Plasticidad.

La fracción inferior de material que pasa el tamiz No. 40 debe presentar un índice plástico (normas de ensayo INV E-125 y E-126) comprendido entre ($6 < IP < 20$).

c. Resistencia a la abrasión.

La fracción gruesa del material por estabilizar deberá presentar un desgaste no mayor de cincuenta por ciento (50%) al ser ensayado en la máquina de los Ángeles, según la norma INV E-218.

d. Solidez.

Según el artículo 342 del INVIAS, "La fracción gruesa del material por estabilizar no deberá presentar pérdidas en el ensayo de solidez superiores a doce por ciento (12%) o dieciocho por ciento (18%), según se emplee sulfato de sodio o de magnesio, respectivamente, según norma de ensayo INV E-220".

1.2.2 COMPUESTO MULTIENZIMÁTICO ORGÁNICO *Perma Zyme 11X*

Perma Zyme 11X se presenta en forma líquida y no implica riesgos de contaminación, ni peligro para la salud de seres vivos. Suministrado por **SECSA**, al Contratista o La Entidad Contratante.

1.2.3 AGUA

El agua para mezclado y compactación deberán ser limpia, libre de materia orgánica y cualquier otra sustancia perjudicial.

1.2.4 EQUIPOS

Los equipos necesarios para la ejecución de los trabajos básicamente son; una moto niveladora con escarificadores, carro tanque provisto de bomba hidráulica y flauta de irrigación, vibro compactador puede ser de rodillo a llanta.

Todos los elementos de los equipos que se vayan a emplear deberán tener aprobación previa de **SECSA** y encontrarse en condiciones satisfactorias hasta la terminación de los trabajos. Si durante el transcurso de éstos se observaren deficiencias o mal funcionamiento en el equipo utilizado, **SECSA** podrá ordenar su retiro o reemplazo.

1.3 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

1.3.1 EXPLOTACIÓN DE LOS MATERIALES Y ELABORACIÓN DE AGREGADOS

En el caso de que la base existente en la vía a estabilizar requiera de un ajuste granulométrico con material de cantera cerca al proyecto; esta explotación debe cumplir con el aparte 300.4.1 del artículo 300 de las especificaciones de construcción del INVIAS, así:

“Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Interventor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Constructor suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Constructor no cumple con esos requerimientos, el Interventor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán efectuar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá ejecutarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al abandonar las canteras temporales, el Constructor remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas”.

1.3.2 DISEÑO DE LA MEZCLA

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el Constructor entregará **SECSA**, para su verificación, muestras de los materiales que se propone utilizar, avaladas por los resultados de ensayos de granulometría INV E-123, límites de plasticidad INV E-125 y 126, Proctor modificado INV E-142 y relación de soporte del suelo en el laboratorio (CBR de Laboratorio) INV E-148. Para determinar el CBR de laboratorio del material estabilizado, siga las instrucciones descritas en este manual; que demuestren la conveniencia de utilizarlos e igualmente presentará el diseño de la mezcla.

1.3.3 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE EXISTENTE

Si el material por estabilizar es totalmente de aporte, antes de construir la base estabilizada se comprobará que la superficie que va a servir de apoyo tenga la densidad y lisura apropiadas.

En caso de que la construcción se vaya a realizar únicamente con el suelo existente, éste se deberá escarificar en todo el ancho de la capa que se va a estabilizar, hasta la profundidad de diseño.

Si se contempla la adición de un suelo de aporte para mejorar el existente, este deberá colocarse en la vía antes de iniciar la distribución del estabilizante.

En todos los casos en que el proceso involucre el suelo del lugar, parcial o totalmente, deberá comprobarse que el material que se encuentre bajo el espesor por estabilizar presente adecuadas condiciones de resistencia y, en caso de no tenerlas, **SECSA** ordenará las modificaciones previas que considere necesarias.

1.3.4 TRANSPORTE DE AGREGADOS

Este debe cumplir con el artículo 342 de las especificaciones del INVIAS, "Cuando la estabilización incluya agregados de aporte, ellos se transportarán a la vía o a la planta de mezcla protegidos con lonas u otros protectores adecuados, asegurados a la carrocería, de manera de impedir que parte del material caiga sobre las vías por donde transitan los vehículos.

Igual precaución deberá tomarse durante el transporte a la vía de las mezclas elaboradas en planta".

1.3.5 APLICACIÓN DE *Perma Zyme 11X*

Perma Zyme 11X se aplica diluido en el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación con una tolerancia de hasta -2% de humedad, esta mezcla de enzima / agua debe ser aplicada a razón de 1,0 litro por cada 30 m³ ó 33 m³ de material compacto, regando la solución de enzima / agua uniformemente al material escarificado por medio de un carro tanque irrigador.

1.3.6 MEZCLA

Después de aplicar la mezcla de enzima / agua, se efectúa la mezcla en todo el espesor indicado en los diseños elaborados por **SECSA**, empleando para ello la moto niveladora, moviéndolo de un lado al otro de la vía, conformando un cordón en el extremo de la vía, luego se pasará el cordón al extremo opuesto; este procedimiento se debe repetir hasta que la mezcla este lo más homogéneamente posible. Si durante el proceso de

homogenización de la mezcla de suelo mas aditivo se observa húmedo, debe dejarse orear; si por el contrario está demasiado seco, se le añadirá agua para lograr la humedad óptima de compactación. Si durante la construcción del tramo, y en el proceso de homogenización de la mezcla se presente cualquier tipo de inconveniente, este mezcla de suelo más aditivo, puede dejarse acordonada al extremo de la vía no más de 72 horas, en caso que se requiera humedad después de las 72 horas, se debe aplicar una solución de enzima / agua a razón de 1:10.000 para reactivar la enzima aplicada con anterioridad.

El número de pasadas de la moto-niveladora conformando el cordón de material será el necesario para obtener una mezcla homogénea.

Una vez el material se observe homogéneo se traslada el material del extremo de la vía al centro de la misma, para conformar la base estabilizada garantizando las pendientes requeridas antes de proceder a la compactación.

Cualquier otro procedimiento que se adopte para la mezcla del material durante la ejecución de los trabajos por parte del Contratista, deberá ser aprobado por **SECSA** de común acuerdo con La Entidad Contratante.

1.3.7 COMPACTACIÓN

Después de extendida la base tratada, ésta será compactada longitudinalmente, empezando por el borde externo o inferior y desplazando el rodillo vibratorio hacia la parte superior del camino. Cada pasada deberá traslapar por lo menos en 1/3 longitud de tambor vibratorio. La primera pasada que se realice con el vibro-compactador debe ser sin la energía de compactación con el fin de planchar la base tratada y corregir las irregularidades en la vía. Se utilizará la vibración sólo hasta 2 pasadas, procediendo posteriormente sólo al planchado del material. Un rodillo de ruedas neumáticas puede dar una buena terminación y densificación adicional.

El porcentaje de humedad del material de base durante su compactación deberá ser aproximadamente 2 puntos / porcentuales bajo la humedad óptima determinada en el laboratorio.

El extendido y compactado deberá ejecutarse dentro de las 14 horas siguientes al mezclado del material granular con la solución enzima / agua.

1.3.8 JUNTAS DE TRABAJO

Las juntas entre trabajos realizados en días sucesivos deberán cuidarse para proteger la continuidad de la base estabilizada en la jornada anterior. Al efecto, al inicio de la

jornada siguiente se debe ir profundizando en la escarificación el material compactado el día anterior por lo menos dos metros atrás del inicio de la jornada.

1.3.9 CURADO

Una vez terminados los procesos de homogenización y compactación de la base tratada, y si esta se va a convertir en superficie de rodado, se debe colocar un riego de enzima / agua a razón de 1:10.000; este riego será colocado después de haber transcurrido el período de curado de 72 horas.

Si se desea utilizar asfalto u otro material superficial como superficie de rodado, se logrará una mejor cohesión entre las capas humedeciendo la superficie ya compactada, diluyendo *Perma Zyme 11X* en agua a razón de 1:10.000. Esta aplicación superficial puede ser realizada luego de un período de curado de 72 horas.

En el caso que por necesidades constructivas la base estabilizada se compacte en más de dos capas, antes de extender y compactar la capa siguiente, se debe humedecer la capa compactada con una solución de enzima / agua a razón de 1:10.000; para luego extender la siguiente capa y proceder a compactar.

1.3.10 APERTURA DEL TRANSITO

Una vez que la superficie de la vía se encuentre compactada a la densidad de diseño, está lista para ser utilizada, los suelos tratados con *Perma Zyme 11X*, alcanzan su mayor capacidad estructural en el momento de su compactación y durante las 72 horas subsecuentes. La apertura del tráfico una vez se terminen los trabajos de compactación mejorará el sellado de la vía.

1.3.11 LIMITACIONES CLIMÁTICAS

Las bases tratadas con *Perma Zyme 11X* no deben colocarse cuando la temperatura ambiente está bajo los 4° C, o cuando las condiciones indiquen que la temperatura pueden bajar de 1° C, dentro de las 24 horas siguientes. Así mismo cuando la Subrasante y/o los agregados pétreos presenten grado de congelamiento, no podrá ejecutarse el tratamiento de la base.

1.4 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

1.4.1 CONTROLES

Durante la ejecución de los trabajos, el Constructor adelantará los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y funcionamiento de todos los equipos empleados antes de iniciar cada jornada de trabajo.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad exigidos en el aparte 1.2.1 Agregados Pétreos, y en el artículo 342 de las especificaciones del INVIAS, tomando el material del cordón extendido en el centro de la vía, después de que este se encuentre homogenizado, previo a la extensión y compactación.
- Determinar la humedad del material una vez escarificado al inicio de cada jornada, para calcular la cantidad de agua de en la que se va a diluir los litros o galones de *Perma Zyme 11X* a aplicar, con base en la tabla de dilución suministrado por *SECSA* en los diseños de la base estabilizada.
- Supervisar la correcta aplicación de *Perma Zyme 11X* por parte de un ingeniero, a la persona que el Constructor designe en el momento de la explicación del método de trabajo, por parte del Ingeniero que *SECSA* envía al iniciar los trabajos de estabilización.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construida de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.
- Tomar medidas para determinar espesores y levantar perfiles y comprobar la uniformidad de la superficie.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados de acuerdo con los programas de trabajo.

1.4.2 CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA EL RECIBO Y TOLERANCIA

1.4.2.1 CALIDAD EN EL MANEJO DEL COMPUESTO MULTITENZIMÁTICO

Perma Zyme 11X

El Constructor debe garantizar el almacenamiento de las canecas de *Perma Zyme 11X* en un lugar donde la temperatura ambiente no supere los 45° C, si el producto se congela no sufre ninguna alteración.

Una vez abierta la caneca, esta debe consumirse en el menor tiempo posible, y no permitir a la persona que esté realizando la aplicación abrir otra caneca sin antes haber consumido la anterior.

1.4.2.2 CALIDAD DEL AGUA

Verificar diariamente antes de disolver la cantidad de *Perma Zyme 11X* a aplicar, que el agua este ligeramente limpia y libre de materia orgánica.

1.4.2.3 CALIDADES DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

Verificar periódicamente que las características de los materiales establecidos en el numeral 1.2 de esta especificación se mantengan, se tomarán muestras periódicas por parte del Constructor una vez el material se encuentre homogenizado con la enzima para determinar:

- La plasticidad (normas de ensayo INV E-125 y 126).
- La compactación por el ensayo modificado de compactación (Proctor Modificado) según la norma INV E-142.

Si dentro de los diseños se contempla ajuste granulométrico al material que se está estabilizando, también se efectuarán las verificaciones periódicas descritas anteriormente, después de realizar la mezcla.

1.4.2.4 CALIDAD DE LA MEZCLA

a. Resistencia

Para determinar la resistencia de la base estabilizada se pueden realizar los ensayos CBR "in situ" después de las 72 horas de curado según INV E-169, la cantidad de ensayos serán las establecidas por La Entidad Contratante.

De la mezcla elaborada en obra, se moldearán probetas para determinar el CBR de laboratorio INV E-148, dejando las probetas con la precarga durante las 72 horas siguientes a la compactación, para luego ser ensayadas.

1.4.2.5 CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la capa compactada no deberá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

Además, el Constructor deberá realizar los siguientes controles:

a. Compactación

Se debe seguir el artículo 342 de las especificaciones del INVIAS. "Las determinaciones de densidad de la capa compactada se efectuarán después de las 72 horas de curado, en una proporción de cuando menos una (1) por cada doscientos cincuenta metros cuadrados (250 m²) y los tramos por aprobar se definirán sobre la base de un mínimo de seis (6) determinaciones de densidad. Los sitios para las mediciones se escogerán al azar.

La densidad de las capas compactadas podrá ser determinada por cualquier método aplicable de los descritos en las normas de ensayo INV E-161, E-162, E-163 y E-164".

El Contratista debe exigirle al Laboratorio de Suelos que realice las pruebas, una vez terminada estas, tapar los huecos con material que se encuentre homogenizando el Contratista más adelante. En el caso de que no se tenga material homogenizado, se deberán recoger 30 kg del mismo material de la base estabilizada y mezclarlo con una solución de enzima / agua; 1,0 c.c. de *Perma Zyme 11X* para 30 kilogramos de suelo; con esta mezcla se deben tapar los huecos y compactarlos. Por ningún motivo se deben dejar los huecos destapados.

b. Espesor

Sobre la base de las perforaciones efectuadas para el control de la compactación, el Constructor deberá verificar el espesor medio de la capa compactada (em), el cual no podrá ser inferior al de diseño (ed).

$$em \geq ed$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (ei) deberá ser, por lo menos, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño (ed), admitiéndose un solo valor por debajo de ese límite.

$$ei \geq 0.9 ed$$

c. Lisura

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. Cuando la cantidad de material que pasa el tamiz No. 200 se encuentre por encima del 30%, y para evitar que la superficie de la estructura estabiliza quede demasiado lisa, se recomienda antes de la compactación regar un material granular constituido por grava de trituración o de río cuyo tamaño esté comprendido entre 3/8" a 1" para darle mayor fricción a la capa terminada.

1.5 MEDIDA

La unidad de medida será el metro cúbico (m^3), de material o mezcla suministrado, colocado y compactado, a satisfacción del Interventor, de acuerdo con lo que exija la especificación respectiva.

El volumen se determinará por el sistema promedio de áreas extremas, utilizando las secciones transversales y la longitud real, medida a lo largo del eje del proyecto multiplicado por el espesor de estabilización.

El valor por metro cúbico estabilizado debe incluir los galones de Perma Zyme 11X y el material necesario para el ajuste granulométrico en el caso de que lo hubiere.

1.6 FORMA DE PAGO

Se aplicará lo descrito en el aparte 342.7 del artículo 342 de las especificaciones de construcción del INVIAS.

**E. MÉTODO DE ENSAYO PARA PREPARACIÓN Y ANÁLISIS DE SUELOS
NATURALES SUB-BASES Y BASES ESTABILIZADAS PARA PAVIMENTOS
CONTENIENDO *Perma Zyme 11X*.**

Este método de ensayo ha sido desarrollado en respuesta a los requerimientos de adecuados procesos de laboratorio al ensayar materiales de base tratado con *Perma Zyme 11X*.

Cabe hacer notar que ninguna muestra de laboratorio va a simular las actuales características de resistencia que presenta una base tratada con *Perma Zyme 11X* en la realidad. Por lo tanto, si se quiere obtener una aproximación verdaderamente válida de la resistencia de un material tratado, es recomendable ensayar una muestra obtenida del material de carpeta de rodado que haya curado totalmente. Los métodos de ensayo

que se describen a continuación harán referencia a los descritos por el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

I. PREPARACIÓN DE UNA MUESTRA EN LABORATORIO

Previo a cualquier ensayo de laboratorio, debe prepararse una muestra adecuada. Se recomienda preparar una muestra de material en un recipiente adecuado para 18.9 litros (5 Gal). El 100% del agregado mineral debe ser de trituración o canto rodado con una resistencia al desgaste adecuado. La porción de agregado que pasa el tamiz No. 40 debe ser ligeramente plástico ($6 < IP < 20$) de acuerdo a las normas de ensayo INV E-125 y E-126. Cualquier material tipo humus y/o otros materiales orgánicos (raíces, hojas, etc.) deben ser retirados. El material debe ser uniformemente gradado y cumplir la siguiente granulometría, siguiendo la norma de ensayo INV E-123.

<u>TABLA 1 GRADACIÓN INICIAL</u>				
TAMIZ		GRANULOMETRIA (% QUE PASA)	TOLERANCIA	
NORMAL	ALTERNO			
25.0 mm	1"	100		0
12.7 mm	1/2"	81-89		±4%
4.75 mm	Nº4	58-66		±4%
85 µm	Nº16	44-52		±4%
75 µm	Nº200	18-30		±6%

II. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD ÓPTIMA

Luego de preparar la muestra de laboratorio como se ha descrito anteriormente, debe determinarse la humedad óptima a través de ensayo Proctor Modificado, según la norma INV E-142.

III. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA CON *Perma Zyme 11X* Y SU CURADO.

Una vez determinada la humedad óptima para el diseño de una mezcla apropiada debe prepararse un molde de 6" de diámetro (ASTM D698-91, Procedimiento C para la determinación del CBR). Antes de colocar el material en el molde, el material del recipiente debe humedecerse hasta su humedad óptima usando una mezcla de agua y *Perma Zyme 11X*. El material de base deberá ser mezclado perfectamente y su contenido de humedad revisado antes de su compactación y curado. Es recomendable cubrir el recipiente con un cobertor impermeable para evitar la pérdida de humedad durante la preparación de la muestra.

Nota: Por cada **30,0 kg** de suelo que se deba mezclar con el multienzimático, se debe adicionar **1,0 c.c.** (ml) de Perma Zyme 11X diluido en **400,0 c.c.** (ml) de agua, como mínimo. Si se necesita más agua, esta solo se deberá adicionar y mezclar procurando que toda la masa de suelo quede homogénea. Si la cantidad de suelo es mayor o menor a 30 kg, se realiza la mezcla de *Perma Zyme 11X* proporcional a la necesidad, tomando como referencia los valores mencionados anteriormente. Si el suelo se encuentra muy cerca de la humedad óptima antes de adicionar la mezcla de *Perma Zyme 11X* + agua y se considera que dicha mezcla sobrepasará la humedad óptima, el suelo deberá ser secado en horno, dejado enfriar y luego se adiciona la mezcla de agua + *Perma Zyme 11X* proporcional necesaria, esta debe hacerse con agua limpia hasta alcanzar la humedad óptima.

Con la mezcla preparada y ajustada de *Perma Zyme 11X* con el material en cuanto a su humedad, se preparará el molde de 6". Este material tratado se compactará 24 horas después de su mezclado para garantizar que la enzima actúe sobre la mezcla según el Procedimiento C de ASTM D698-91, y se dejará en un lugar seco.

La muestra compactada será curada durante un mínimo de 72 hrs a temperatura ambiente. Si es posible, el tiempo de curado se incrementará a 120 hrs. (5 días) antes de someterla a cualquier ensayo de resistencia para permitir maximizar la resistencia de enlace en la muestra. Si se desea usar un horno para el proceso de curado, la temperatura de éste no debe superar los 37° Celsius.

IV. ENSAYO DE RESISTENCIA DE LA MUESTRA DE LABORATORIO

Si se desea, la muestra *Perma Zyme 11X* con material de base totalmente curada se puede ensayar a la resistencia relativa. Se recomienda ensayar C.B.R (California Bearing Ratio), norma de ensayo INV E-148. Como el ensayo CBR puede hacerse con una mezcla sumergida o no sumergida, se recomienda usar el segundo método para mayor veracidad y frecuencia de los resultados.

MANUAL TÉCNICO DEL ESTABILIZADOR DE SUELOS
PERMA ZYME 11X

VERSIÓN 02 / OCTUBRE 2008

F. REGISTRO DE SEGURIDAD

IDENTIFICACION	<i>Perma Zyme 11X</i>
SECCIÓN I	
REPRESENTANTE EN COLOMBIA	SECSA
	Superficies Ecológicas y Caminos S.A.
DIRECCIÓN	Calle 98 No. 14 - 17 Of. 401
TELEFAX	6183388 – 6183311
PRODUCTO HECHO EN	E.E.U.U.
SECCIÓN II - COMPONENTES PELIGROSOS	
COMPONENTES PELIGROSOS	NO PRESENTA
SECCIÓN III - CARACTERÍSTICAS FÍSICA/QUÍMICAS	
PUNTO DE EBULLICIÓN	212° F
PRESIÓN DE VAPOR	75 F - 21.84
SOLUBILIDAD EN AGUA	INFINITA
PESO ESPECÍFICO	1.09
PUNTO DE FUSIÓN	0° C
TASA DE EVAPORACIÓN	VER AGUA
APARIENCIA O COLOR/OLOR	AMBAR/OLOR AGRADABLE
SECCIÓN IV - PELIGRO DE INCENDIO O EXPLOSIÓN	
PUNTO DE INFLAMACIÓN	NO ES INFLAMABLE
INCENDIO INUSUAL O PELIGRO DE EXPLOSIÓN	NINGUNO
SECCIÓN V - REACTIVIDAD	
INESTABLE/ESTABLE	ESTABLE
CONDICIONES A EVITAR (POCA EFECTIVIDAD)	TEMP. SOBRE 45° C (130° F)
INCOMPATIBILIDAD (MATERIALES A EVITAR)	NINGUNO
PELIGRO DE DESCOMPOSICIÓN POR OTROS PRODUCTOS	NINGUNO
PELIGRO DE OCURRENCIA DE POLIMERIZACIÓN	NO EXISTE
SECCIÓN VI - PELIGROS PARA LA SALUD	
PELIGRO PARA LA SALUD	DIARREA SUAVE POR INGESTION
SINTOMAS O SIGNOS POR EXPOSICION	SUAVE IRRITACION A LOS OJOS Y MUCOSAS
	ENJUAGAR EL AREA EXPUESTA CON AGUA
PROCEDIMIENTO DE PRIMEROS AUXILIOS	
SECCIÓN VII - PRECAUCIONES PARA USO Y MANIPULACIÓN SEGURA	
EN CASO DE DERRAME DEL PRODUCTO	ENJUAGAR EL SECTOR CON AGUA YA QUE ES BIODEGRADABLE
	ALMACENAR EN LUGAR SECO Y SOMBREADO
PRECAUCIONES GENERALES	
SECCIÓN VIII - MEDIDAS DE PROTECCIÓN	
PARA LA RESPIRACION	NO NECESARIO
VENTILACION	NO SE REQUIERE
PARA LAS MANOS (GUANTES)	OPCIONAL
PARA LOS OJOS (GAFAS)	OPCIONAL
ROPA Y/O EQUIPOS ESPECIALES	OPCIONAL
PRACTICAS DE TRABAJO/HIGENICAS	NORMALES QUE MINIMICEN EL CONTACTO CON LA PIEL