

COMPUESTO LAMINADO PARA LA CONDUCCIÓN DE AGUAS

SECTOR TECNOLÓGICO

La presente invención se relaciona con el sector técnico de los materiales laminados y más específicamente de los materiales laminados especialmente adaptados para la conducción de aguas. También se relaciona con los métodos de elaboración del material laminado y la forma de instalación para la conducción de aguas.

ANTECEDENTES

Una de las necesidades básicas del ser humano ha consistido en cómo manipular y controlar el agua, particularmente. cómo llevar el agua de un punto al otro sin que el agua deteriore el suelo.

En este contexto, la escorrentía es fenómeno de interés, donde la escorrentía es el flujo de agua que circula sobre la superficie cuando el suelo ha alcanzado su capacidad máxima de absorción. Esta es un proceso físico que hace parte del ciclo del agua, por el cual el agua circula sobre la superficie de un drenaje una vez se ha superado la capacidad de infiltración del suelo. La escorrentía por lo general causa erosión del suelo, impactando en mayor proporción los suelos arcillosos y las zonas con escasa cubierta vegetal.

El tratamiento de aguas de escorrentía plantea desafíos en diferentes entornos, tanto a nivel urbano como en infraestructuras viales. Por ejemplo, a nivel urbano la dificultad en la amortiguación de aguas lluvias, aunado al aumento de la proporción de suelo no permeable, incrementa la incidencia de drenajes desbordados, llevando a inundaciones y encharcamientos¹.

¹ Molina León M. P., Gutiérrez L., Salazar J., Subdirección de Ecourbanismo y Gestión Ambiental Empresarial SEGAE, Documento Técnico de Soporte - Sistema Urbanos de Drenaje Sostenible, Bogotá, Colombia, 2011

En las carreteras, el agua de escorrentía contribuye a la erosión de las vías y sus márgenes, también puede generar inundaciones y deslizamiento de taludes, aumentando la probabilidad de accidentes y de cierres viales.

En carreteras, el drenaje superficial de aguas de escorrentía funciona en superficie libre o canal abierto, esto es, sometido directamente a las condiciones ambientales, y habitualmente se realiza mediante cunetas, zanjas de coronación o contracunetas y zanjas en pie o base de terraplenes, alcantarillas y puentes, entre otros.

Las cunetas por lo general son longitudinales al trazado y al borde de la plataforma o de la explanación, estas pueden ser recubiertas o sin revestir, y su función es conducir el agua a modo de canal. Las cunetas pueden adoptar diferentes formas, que se limitan para favorecer la seguridad vial, y pueden ser parabólicas, triangulares, cuadradas y trapezoidales.

Las zanjas de coronación son zanjas interceptoras de aguas lluvias en la parte alta del talud, mientras que las zanjas en pie del terraplén están en proximidades a la base de este, las cuales deben ser impermeabilizadas para evitar infiltraciones que puedan afectar el talud, o para proteger el terraplén de la erosión y captar las aguas de la cuneta de este.

A pesar de estas disposiciones en cunetas y zanjas, el agua de escorrentía sigue causando daños a largo plazo en suelos y estructuras, especialmente en condiciones de exposición ambiental directa.

Otro elemento de uso en la protección vial del efecto de las aguas de escorrentía son las bajantes, las cuales se ubican en las márgenes de las vías (taludes de desmonte o espaldones de rellenos) y conducen las aguas por líneas de alta pendiente.

Para el funcionamiento hidráulico de las carreteras se recomienda que haya independencia de las redes de drenaje de plataforma y márgenes, esto es, que no se comparta con conexiones hidráulicas ajenas a la carretera; asimismo, debe haber continuidad entre los elementos que constituyen la red de drenaje, sin que haya pérdida entre la zona de captación y el desagüe; y deben tener la capacidad suficiente para conducir las aguas que transiten por el sistema.

El revestimiento de los canales de conducción de aguas de escorrentía se hace con el objeto de reducir la infiltración, que puede afectar el pavimento, reducir el área mojada, prevenir crecimientos vegetales, reducir los costos de mantenimiento, darle mayor vida útil y estabilidad a la sección².

El revestimiento en cunetas, zanjas y bajantes generalmente consiste en elementos pétreos o cementosos, dentro de los cuales se encuentra el concreto. El concreto está conformado por una mezcla de material cementante, agregados, agua y aditivos, y su instalación implica grandes costos económicos y ambientales, incluyendo un alto consumo de agua. Todos los materiales que conforman el concreto deben ser transportados hasta el lugar en el que se ubicará la cuneta, zanja o bajante, así como el equipo para realizar la mezcla y los elementos que servirán de molde, el cual le dará parte de la forma que adoptará la estructura. Dependiendo de los materiales empleados, su proporción y las dimensiones de la estructura a formar, variará el peso de la estructura. Se estima que el peso de un metro cuadrado de concreto con 10 centímetros de espesor es aproximadamente de 240 kg y para la instalación de 100 metros cuadrados de concreto se necesitan cerca de 4 personas. Adicionalmente, el concreto requiere tiempo para el fraguado, el cual oscila entre 4 y 6 horas para el fraguado inicial y alrededor de 24 horas para el fraguado final, eso sumado a un periodo de alrededor de 28 días para un curado completo del concreto.

Adicionalmente, dependiendo la forma de la vía, en cada metro de cuneta hay una línea de unión entre cada sección de concreto, por la cual inicia la filtración

² Instituto Nacional de Vías, Manual de Drenaje para Carreteras, Colombia, 2009.

de agua. Aunado a lo anterior, el concreto se deteriora con la presencia de agua, la cual penetra debido a la dilatación y contracción del cemento por las variaciones de temperatura. En sitios donde el agua llega al punto de congelación, el agua infiltrada aumenta su volumen acelerando la erosión del concreto.

Como alternativa a la elaboración del concreto *in situ* se presenta el concreto prefabricado, con este ya no es necesario el transporte de equipos para realizar la mezcla homogénea de los componentes del concreto, pero sí implica el transporte del concreto prefabricado, así como la adecuación del terreno a la forma del concreto, y no al contrario, como ocurre con el concreto vaciado en el sitio. Sin embargo, la disposición de concreto prefabricado da lugar a discontinuidad en el canal, requiriendo mayor periodicidad en el mantenimiento, a errores en tolerancias relacionados a discontinuidades y topografías variantes no medidas en el terreno, esto sin contar con el alto riesgo operacional que asumen las personas que manipulan las piezas de concreto.

Para minimizar las dificultades del transporte de los componentes del concreto y los inconvenientes del concreto prefabricado, la publicación internacional WO2010/086618 divulga una tela flexible que puede fraguar para hacerse rígida que comprende tela, una primera cara, una segunda cara separada de la primera por un espacio, fibras de unión de auto soporte dispuestas entre las dos caras y un material polvo dispuesto entre las dos caras que puede fraguar. Sin embargo, el transporte del material a fraguar sigue siendo dispendioso, por el volumen y peso, aunado al hecho que sigue teniendo los inconvenientes del concreto en relación con el consumo de agua y mantenimiento, toda vez que una vez se resquebraja el concreto es necesario el desplazamiento de personal para retirar la sección dañada y fraguar nuevamente el concreto.

Dada la necesidad de superar las limitaciones estructurales y de mantenimiento del concreto, se han desarrollado soluciones basadas en materiales poliméricos y geosintéticos. Teniendo en cuenta esta falencia en las estructuras cementosas,

hay materiales alternativos con base en derivados del petróleo que contribuyen al aislamiento de suelos. Los geosintéticos corresponden a materiales poliméricos para su uso en infraestructura y construcción. Dentro de estos se encuentran los geotextiles, las geomembranas y las geomallas, los cuales, dependiendo de su composición y conformación, pueden aislar, o impermeabilizar suelos. Asimismo, se encuentran los geocompuestos, esto es, materiales conformados por dos o más geosintéticos.

Es así como se han desarrollado métodos para obtener geocompuestos que permiten la impermeabilización de suelos y la conducción de aguas. Un ejemplo corresponde a un método para producir un geotextil impermeable que comprende impregnar un geotextil con poliuretano solidificable, este método divulgado en el documento US6582771 da lugar a un geotextil recubierto con poliuretano, el cual puede recubrir la superficie de interés *in situ*. Este método implica la reacción química de al menos dos componentes y, cuando se realiza en el lugar, es necesario esperar al menos veinte minutos mientras ocurre la reacción química y se cura el poliuretano formado.

También se encuentran materiales con múltiples capas como el divulgado en el documento EP2589705, el cual consiste en un revestimiento para la protección de suelos frente a vertimientos y derrames que comprende una capa de geotextil y una capa polimérica embebida parcialmente en la capa de geotextil. El hecho de que la capa polimérica esté dentro de las capas de geotextil hace al material totalmente impermeable.

A pesar de los métodos convencionales de control de escorrentía, como cunetas, zanjales y recubrimientos de concreto, persisten diversas limitaciones que afectan su efectividad y sostenibilidad a largo plazo. Los sistemas de concreto requieren una significativa inversión en equipos y personal para su instalación, además de altos costos ambientales debido al consumo de agua y al impacto de su producción. Adicionalmente, el concreto es susceptible a la erosión, especialmente en climas variables donde el agua infiltrada puede expandirse al

congelarse, causando fisuras y deterioro acelerado. Las soluciones de concreto prefabricado, aunque simplifican la instalación, introducen discontinuidades en los canales de conducción, lo que incrementa la necesidad de mantenimiento.

A pesar de los avances con geosintéticos y otros métodos de control de escorrentía, persisten múltiples desafíos en cuanto a durabilidad y manejo efectivo del agua, lo que genera la necesidad de soluciones más innovadoras, como es el caso de materiales desarrollados para resolver estos inconvenientes, como geotextiles con recubrimientos poliméricos, los cuales también presentan limitaciones, ya que suelen implicar reacciones químicas in situ o ser completamente impermeables, dificultando la gestión del flujo de agua en aplicaciones de drenaje.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un material compuesto laminado consistente en un material laminado y el método para su elaboración. El compuesto laminado está conformado por una capa de geotextil, una capa de espuma de polietileno y un recubrimiento de polietileno que en una modalidad comprende un protector de la luz ultravioleta.

En una modalidad de la invención, el compuesto laminado permite la conducción de aguas, estando conformado por una capa de geotextil, una capa de espuma de polietileno y un recubrimiento de polietileno, en donde las dos últimas capas tienen la misma dimensión, mientras que la capa de geotextil se extiende a lo largo del plano transversal, esto es, es más ancha, extendiéndose más allá de los dos extremos de las capas de espuma y recubrimiento de polietileno, conformándose así dos aletas de geotextil.

El método para la elaboración del compuesto laminado comprende las etapas de adherir la capa de geotextil y la capa de espuma de polietileno mediante un

adhesivo y unir la capa de recubrimiento de polietileno a la espuma de polietileno mediante tratamiento térmico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra un esquema del compuesto laminado en el cual se encuentra una capa de geotextil (3) de polipropileno no tejido, sobre este una capa de espuma (2) de polietileno expandido y, sobre esta, un recubrimiento (1) de polietileno.

La Figura 2 muestra un esquema de la modalidad de la invención para la conducción de aguas que comprende una capa de geotextil (3) de polipropileno no tejido, una capa de espuma (2) de polietileno expandido y un recubrimiento (1) de polietileno, en donde la capa de geotextil (3) es más ancha que las capas de espuma (2) de polietileno expandido y del recubrimiento (1) de polietileno, dando lugar a la formación de dos aletas de geotextil (3) de polipropileno no tejido.

La Figura 3 muestra un esquema de la modalidad de la invención para la conducción de aguas en el que se puede apreciar con mayor detalle cada una de las capas, en particular, cómo está dispuesta la capa de geotextil (3) para dar lugar a la formación de las aletas.

La Figura 4 muestra un esquema de la modalidad en la que se dispone una capa de recubrimiento de polietileno aditivado con protector de radiación UV sobre la capa de polietileno.

La Figura 5 muestra una configuración de la invención en la que se fijan las aletas de geotextil (3) por lastre, esto es, por el peso del material excavado con el que se rellena de nuevo.

La Figura 5.1 muestra una vista de detalle de configuración de la invención en la que se fijan las aletas de geotextil (3) por lastre, donde se dispone una viga en concreto o relleno con material excavado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un compuesto laminado correspondiente a un material compuesto laminado. El compuesto laminado está conformado por una capa de geotextil, una capa de espuma de polietileno y un recubrimiento de polietileno que puede comprender un protector de la luz ultravioleta.

Un compuesto laminado es un sistema funcional en interacción amigable con el medio ambiente, un material que tiene multiplicidad de usos y que puede ser implementado por cualquier persona sin necesidad de mayor capacitación.

El compuesto laminado de la presente invención comprende una lámina o capa de geotextil (3) no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado. El geotextil (3) se dispone sobre el sustrato base sobre el que se empleará el compuesto laminado, esto es, corresponde a la capa primaria de soporte.

El geotextil (3) es un geotextil no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado. El geotextil (3) es no tejido porque al estar conformado por fibras y filamentos dispuestos aleatoriamente, permite la estructuración de infinidad de poros de diferentes formas y tamaños, a diferencia de los geotextiles tejidos que tienen un tamaño de poro regular que, frente a sustratos de diferente tamaño de partícula que tienden a licuarse por efecto del agua, como los suelos, se vuelven impermeables debido a la congestión o taponamiento de los poros, impidiendo la permeabilidad del agua, favoreciendo que el suelo circundante se licúe por el exceso de agua. Entonces, en la presente invención es necesario que el geotextil (3) sea no tejido, porque es permeable al agua, pero filtra el material sólido, favoreciendo la conservación de la estructura del suelo circundante a pesar del flujo de agua, ya que no se altera sustancialmente la composición de sólidos.

Esta característica se ve potenciada por el hecho de que el geotextil (3) es agujereado, lo que también mejora su estabilidad.

Asimismo, el geotextil (3) es de polipropileno debido a su alta resistencia química a diversos tipos de suelos, aguas residuales, lixiviados y álcalis (subproducto de lavados de estructura de hormigón, concreto o morteros); esta resistencia química garantiza la estabilidad del compuesto laminado en interacción con su entorno constructivo. Si bien hay geotextiles de varios polímeros, otros polímeros no son de interés dada su resistencia química limitada; por ejemplo, los geotextiles de poliéster no tejidos se destruyen y desintegran al entrar en contacto con los álcalis, de manera que no podrían usarse como sustrato de soporte de, o cerca de una estructura en concreto.

De igual manera, el geotextil (3) es termoligado, lo cual le proporciona mayor resistencia, dada la homogeneidad del material que se logra mediante esta técnica. Dentro de la resistencia del geotextil (3) se encuentra la resistencia a la tracción y al rasgamiento, de manera que es resistente a todos los suelos (tierra, piedra, arena) sin que se rompa por debajo por punzonamiento. Asimismo, permite su fijación con anclajes metálicos, sin que se rasgue el geotextil a pesar de las cargas cortantes que se generan cuando es dispuesto de forma que se atraviesa por el anclaje cuando se hace este tipo de fijación al suelo (por ejemplo, en suelos rocosos).

El geotextil (3) se dispone sobre el sustrato base sobre el que se empleará el compuesto laminado. Al estar en contacto con el sustrato, esta capa primaria aporta una estructura con características y prestaciones de resistencia a la tracción, rasgado longitudinal y transversal, al punzonamiento superior e inferior, así como frente a esfuerzos físicos recibidos tanto en el momento de instalación (por ejemplo, anclaje con grapas), como al momento de uso y desempeño final específico (como cuneta, tubería, sendero, recubrimiento, etc.). Teniendo en cuenta estas características de resistencia, el compuesto laminado puede entrar en contacto con prácticamente cualquier superficie de soporte, incluso si llega a

generar una afectación por efecto de fricción, o punzonamiento, de manera que es posible implementar el compuesto laminado en gran variedad de sustratos de soporte como sustratos rígidos, sustratos blandos sustratos de origen geológico irregular (tierra, arcillas, piedras, arena, grava, etc.), incluso sustratos prefabricados (hormigón ,fibrocemento, acero, concreto, etc.). Debido a la resistencia a los suelos del geotextil (3), este se puede enterrar, permitiendo la instalación por lastre.

El geotextil (3) le confiere al compuesto laminado la propiedad de adaptarse a los esfuerzos propios y naturales de los sustratos que lo soportan, tales como movimientos por desplazamientos (deslizamientos de tierra o aludes de barro), movimientos de dilatación y contracción por variaciones de temperatura, que comúnmente ocurren en concretos, morteros y prefabricados y se manifiestan mediante agrietamiento.

La segunda capa del compuesto laminado corresponde a la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada, la cual es impermeable, así como tiene propiedades de aislamiento térmico, acústico y disipación de energía en impactos. La espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada está fijada al geotextil (3) no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado por una de sus caras mediante un adhesivo que integra de manera definitiva y permanente las dos capas, de manera que las dos capas conservan sus propiedades, sin que se reblandezcan, ni descompongan posteriormente ante el contacto con agua u otros fluidos acuosos.

Además de la impermeabilidad, la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada, tiene muy bajo peso y una alta versatilidad de adaptación a cualquier morfología y una alta resistencia a variaciones de temperatura. El hecho de que la espuma sea de celda cerrada, esto es, comprenda cavidades cerradas con aire, elimina la porosidad y la hace totalmente impermeable, pues contiene múltiples capas de con cámaras de aire donde no ingresa ningún tipo de fluido, lo que también favorece su estabilidad, pues no tendrá ningún tipo de

reacción química con el agua, por ser de polietileno, ni se verá afectada por variaciones de temperatura porque el agua no ingresará en su estructura. Entonces, esta capa le proporciona al compuesto laminado propiedades de resistencia al fisuramiento, craquelamiento y protege contra daños por ciclos de congelamiento y descongelamiento, contrario a lo que ocurre en los sistemas convencionales de cunetas o tuberías conformadas por plásticos o concretos convencionales.

Adicionalmente, la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada no le transfiere al agua ningún tipo de sustancia que pueda llegar a cambiar su composición, lo cual es favorable para evitar la contaminación de acuíferos.

La espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada le da cuerpo y volumen al compuesto laminado, reduciendo las posibles afectaciones de este en su proceso de implementación o de uso frente a agresiones mecánicas y físicas, tales como trasiego y aplastamiento por cargas, debido a la mitigación de esfuerzos y la disipación de energía al generar una capa de amortiguamiento de impactos por el aire contenido dentro de la espuma.

La espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada también conserva intactas las propiedades mecánicas del geotextil (3) no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado frente a su deterioro, debido a que evita su exposición a rayos ultravioleta.

Adicionalmente, la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada permite la adhesión por termofusión de capas consecuentes de espuma (2). De manera que, es posible la superposición de varias capas de espuma (2) mediante el calentamiento, por ejemplo, con equipos de aire caliente, de forma manual o mecánica. De esta manera es posible aumentar el espesor, volumen y resistencia de la capa de espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada. Esta propiedad permite versatilidad en el mantenimiento del compuesto

laminado, toda vez que no será necesario desplazar gran cantidad de materiales, equipo y personal para reparar el compuesto laminado por el paso de los años, sino que basta con fusionar una porción de espuma de polietileno expandido reticulada de celda cerrada sobre la sección averiada, integrándose de manera monolítica al compuesto laminado, generando la posibilidad de mantenimiento ilimitado, sin tener que destruir, levantar o retirar todo el compuesto laminado inicialmente implementado.

El compuesto laminado tiene una tercera capa consistente en un recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta, que le brinda a la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada resistencia a la exposición directa a rayos ultravioleta, lo cual incrementa la vida útil del compuesto laminado, así como permite la conservación las propiedades fisicoquímicas de la espuma (2), toda vez que los materiales poliméricos tienden a cristalizarse, fisurarse, desintegrarse, en últimas, a deteriorarse por efecto de la radiación. Por lo que el compuesto laminado puede ser empleado en estructuras abiertas y expuestas a condiciones ambientales como tejados, canales, carreteras, taludes, cunetas, cubiertas, entre otros. Adicionalmente, el recubrimiento (1) cubre totalmente a la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada, permitiendo que la totalidad del agua fluya.

La integración del recubrimiento (3) proporciona un mejor desempeño frente a otras alternativas constructivas como membranas de polietileno, membranas de polivinilcloruro, geotextiles tejidos y no tejidos, mantas cementosas envueltas en geotextiles, entre otros, toda vez que todos estos materiales son vulnerables radiación ultravioleta.

En una modalidad, el compuesto laminado tiene una capa de recubrimiento de polietileno (1b) y sobre esta mediante un proceso de calandrado se recubre con una capa de polietileno aditivado con protector ultravioleta de menor espesor (1a), de forma tal que permite disminuir los costos y obtener las ventajas de la protección ultravioleta, ya que el aditivo utilizado para dicha protección solo se

utilizará en un material de menor espesor. Este recubrimiento de polietileno (1a) y (1b) conformarán entonces el recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta de menor costo y conservarán su eficiencia ante la incidencia de los rayos ultravioleta. Adicionalmente, en la operación y mantenimiento del material laminado, es posible la instalación de láminas o capas de polietileno aditivado con protector ultravioleta de menor espesor (1a), de forma que permite efectuar las reparaciones pertinentes y a su vez permite la unión mediante calor y presión localizada de polietileno aditivado con protector ultravioleta de menor espesor (1a) para así conservar las propiedades anti-deterioro por la incidencia de los rayos solares.

En general, el espesor de la capa de geotextil (3) no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado se selecciona en el rango entre 0.5 mm y 2 mm, preferiblemente de entre 0.7 mm y 1.5 mm, más preferiblemente de entre 0.75 mm y 1 mm; el espesor de la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada se selecciona en el rango entre 50 μ m y 100 mm, preferiblemente de entre 1 mm y 50 mm, más preferiblemente de entre 3 mm y 30 mm; y el espesor del recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta entre 5 μ m y 10 mm, preferiblemente de entre 20 μ m y 5 mm, más preferiblemente de entre 50 μ m y 1 mm; asimismo, las dimensiones del recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta pueden ser similares o idénticas a las de la capa de recubrimiento de polietileno (1b) y la capa de polietileno aditivado con protector ultravioleta de menor espesor (1a).

Elaboración del compuesto laminado:

La presente invención también hace referencia al método para elaborar el compuesto laminado, el cual comprende las etapas de adherir el geotextil no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado y la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada y unir la espuma (2) de polietileno

expandido reticulada de celda cerrada con el recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta mediante calandrado.

La unión de la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada con el recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta mediante calandrado consiste en la sobreposición del recubrimiento (1) sobre la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada, integrando por efecto de la presión y la temperatura las dos capas.

El método de la presente invención da lugar a un compuesto laminado listo para su instalación en el lugar de interés.

En la modalidad del método que da lugar a un recubrimiento de polietileno (1a) y (1b) que conforma entonces el recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta de menor costo, tiene lugar un proceso de calandrado adicional o bien, una modificación al único proceso de calandrado, según el cual la capa de polietileno aditivado con protectores ultravioleta (1b) recubre mediante aplicación de presión y temperatura mediante su paso por diferentes rodillos de la calandria a altas temperaturas y presiones, recubriendo de una capa de polietileno aditivado con protectores ultravioleta (1b) el polietileno (1a) para luego ser utilizado en conjunto (1a) y (1b) ya unidos y conformando (1) en un nuevo proceso de calandrado de (1) sobre (2) siempre que 1(b) quede orientado hacia el exterior y pueda ejercer posteriormente su función de protector de rayos ultravioleta.

En otra modalidad, en el mismo proceso de calandrado se incluyen la espuma (2), sobre esta el recubrimiento de polietileno (1a) y sobre esta la capa de polietileno aditivado con protectores ultravioleta (1b), de forma que se genera una unión de los tres componentes en un mismo proceso. En todos los casos se utilizará una temperatura de proceso inferior a la temperatura de fusión menor de los materiales en el proceso, en una modalidad de la invención, dicha unión tiene lugar mediante adhesivos de contacto o adhesivos que reaccionan bajo la

incidencia de temperatura y presión, seleccionados de adhesivos termofusibles, adhesivos de curado térmico adhesivos sensibles a la presión con termoreactividad, adhesivos activados por calor y poliuretanos reactivos activados por temperatura y calor o termosoldado.

Por otra parte, en una modalidad de la invención el compuesto laminado permite la conducción de aguas, estando conformado por una capa de geotextil, una capa de espuma de polietileno y un recubrimiento de polietileno, en donde las dos últimas capas tienen la misma dimensión, mientras que la capa de geotextil se extiende a lo largo del plano transversal, más allá de los dos extremos de las capas de espuma y recubrimiento de polietileno, conformándose así dos aletas (3a y 3b) de geotextil.

En particular, el compuesto laminado para la conducción de aguas comprende una lámina de geotextil (3) no tejido de polipropileno, termoligado y agujereado, el cual se dispone sobre el sustrato o suelo en el que se implementará la cuneta, zanja o sistema de drenaje, sobre la capa del geotextil (3) se encuentra una segunda capa correspondiente a espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada y sobre la espuma (2) se encuentra la tercera capa consistente en un recubrimiento (1) o película de polietileno aditivado con protectores ultravioleta, en donde la capa de geotextil (3) se extiende a lo largo del plano transversal, más allá de los dos extremos de las capas de espuma (2) y recubrimiento (1) de polietileno, conformándose así dos aletas (3a y 3b) de geotextil.

Es decir, el geotextil (3) comprende una dimensión mayor en la dirección transversal que la comprendida por las capas de espuma (2) y el recubrimiento (1), conformando una primera aleta (3a) y una segunda aleta (3b), las cuales se extienden en su dimensión mayor por toda la estructura longitudinal conformada por el material laminado que comprende el geotextil (3), las capas de espuma (2) y el recubrimiento (1); y, en su dimensión menor denominada ancho de aleta (3ad o 3bd) conformando una forma relacionada a un paralelepípedo o de mayor

preferencia un paralelepípedo de 4 lados o rectángulo no necesariamente uniforme en todo su contorno.

El ancho de aleta (3ad o 3bd), no necesariamente es simétrico y se relaciona con la forma del canal cuneta o aplicación específica. En la modalidad en la que el canal es simétrico respecto al eje vertical, el ancho de aleta 3ad o 3bd puede ser igual, siempre que el material de lastre sea semejante en ambos costados. Adicionalmente, en el caso de condiciones cambiantes de terreno, relacionados con cambios en las propiedades de sustratos, curvaturas, deslizamientos de terreno, entre otras variaciones en la composición adyacente y capacidad de retención estructural de suelo, las aletas (3a o 3b) comprenden una variación en su ancho a lo largo de la sección longitudinal del canal central, donde en la zona y la periferia que requiere un mayor sustento favorecer

Las dimensiones del ancho de las aletas de geotextil y de la región central conformada por la espuma (2) y el recubrimiento (1) dependen del tamaño de la cuneta, zanja o drenaje a impermeabilizar. En una modalidad de la invención, el compuesto laminado comprende una zona central que incluye una capa de geotextil (3) de polipropileno no tejido, una capa de espuma (2) de polietileno expandido adherida a la capa de geotextil (3) y un recubrimiento (1) de polietileno dispuesto sobre la capa de espuma (2) de polietileno expandido y la relación de permeabilidad entre esta zona y la zona de las aletas laterales (3a) y (3b) es un cociente definido como el área de la zona de las aletas laterales (3a) y (3b) sobre el área total es ajustable entre un 10% y un 45% dependiendo del flujo requerido, de la capacidad de permeabilidad requerida conforme a la necesidad del usuario o la permeabilidad requerida en la aplicación.

El geotextil (3) al sobresalir del compuesto laminado en dos aletas laterales, permite cumplir la función de anclaje también por lastre, esto es, el elemento del compuesto laminado que sobresale recibe una carga de materiales que lo fijan al sustrato por carga o por peso, de forma tal que el geotextil que sobresale del compuesto laminado queda enterrado por el mismo suelo natural que se le

sobrepone, tal como piedra, arenas, tierra, arcillas, entre otros, que se disponen sobre este para que generen un peso muerto confinado ubicándose en la superficie opuesta a la superficie en contacto con el suelo y lo fijan al sustrato.

La propiedad natural de permeabilidad del geotextil no tejido de las aletas sobresalientes del compuesto laminado permite garantizar la estabilidad y permanencia del lastre de anclaje elaborado con suelo natural (arenas o materiales pétreos) ya que dicho lastre es el suelo natural y el geotextil permite que las aguas que absorba el lastre se evacúen de manera natural por ser un material permeable, evitando que el lastre se licúe, disuelva o deshaga por el exceso de aguas retenidas, o se desplace por saturarse con las corrientes de aguas de escorrentía o del subsuelo como sí ocurre con todos los sistemas de cunetas en membranas plásticas impermeables.

Forma de instalación:

El compuesto laminado de la presente invención es completamente versátil, de forma que permite instalarse bajo diferentes métodos, brindando una ventaja técnica de adaptabilidad a diferentes tipos de necesidades, obras topografías y solicitudes, ya que este permite su instalación mediante métodos diversos que optimizan su integración y adaptabilidad al terreno, asegurando una fijación duradera. La instalación puede realizarse mediante adhesión directa al sustrato, anclaje mecánico, termosoldado, o superposición de capas, entre otras.

El compuesto laminado puede instalarse mediante traslape, consistente en la superposición de varias secciones adyacentes. En este método, los bordes de las secciones se superponen ligeramente, de manera que la sección excedente superior queda superpuesta con una sección excedente inferior, teniendo la precaución de que la sección excedente superior se ubica en el sentido de flujo del agua o fluido, de manera que el mismo fluido impide la filtración de agua, o la separación de las secciones traslapadas. Esta técnica es ideal para aplicaciones de canalización y drenaje con una pendiente.

Asimismo, el compuesto laminado puede instalarse mediante termosoldado, lo que permite la unión de varias secciones para crear una superficie continua y sin interrupciones. En este método, los bordes de las secciones se superponen ligeramente y luego se someten a calor controlado, creando una unión fuerte que impide cualquier filtración de agua. Esta técnica es ideal para aplicaciones de canalización y drenaje donde se necesita una estructura sólida y uniforme. El termosoldado es efectivo en entornos exteriores y bajo condiciones climáticas variadas, manteniendo la resistencia del sistema incluso en presencia de humedad, y permite que el agua fluya únicamente en la dirección deseada, sin escapes laterales.

Otra forma de instalación es el anclaje por lastre, que utiliza las aletas laterales del geotextil para fijar el compuesto laminado en terrenos con suelos naturales y/o de difícil acceso. Las aletas sobresalientes se entierran en una zanja pequeña alrededor del área de instalación y se cubren con materiales del terreno, como piedras, grava o arena, los cuales generan el peso necesario para anclar el compuesto sin elementos adicionales de fijación. Esta técnica aprovecha la permeabilidad del geotextil, que permite el drenaje natural del agua acumulada en el área de lastre sin erosionar el terreno ni desestabilizar la instalación. De esta manera, el anclaje por lastre mantiene el sistema firme y estable en diferentes tipos de sustrato y en condiciones ambientales adversas.

Para superficies rígidas, como concreto o metal, el compuesto laminado puede instalarse mediante adhesión directa utilizando pegamentos especiales o lechada de mortero. En este método, el geotextil, que se encuentra en la capa inferior del compuesto, se adhiere a la superficie de soporte, proporcionando una fijación duradera y resistente a cargas de tracción. La adhesión directa es adecuada para aplicaciones donde se requiere un contacto firme entre el compuesto y un sustrato de alta densidad, permitiendo que el sistema se mantenga estable bajo cargas y esfuerzos mecánicos sin comprometer su funcionalidad impermeable.

Entonces, la presente invención permite su articulación e instalación mediante diferentes métodos de instalación, que aseguran que el compuesto laminado pueda implementarse de forma rápida y efectiva sobre distintos tipos de sustrato, sin requerir mano de obra altamente especializada, ni un despliegue importante de equipos o personas para su instalación.

En una modalidad de la presente invención, el compuesto laminado está diseñado para su uso en sistemas de conducción de aguas en cunetas, donde las capas que lo conforman pueden fijarse mediante elementos mecánicos como pernos, grapas o dispositivos similares. Esta modalidad permite asegurar la estabilidad del material laminado durante su instalación y uso, en condiciones donde el flujo de agua y las fuerzas externas puedan comprometer su posición o funcionalidad.

En esta configuración, las grapas o pernos se utilizan para fijar las aletas laterales (3a) y (3b) del geotextil a las paredes o al fondo de la cuneta, permitiendo que el compuesto laminado se mantenga en su posición correcta. Este sistema de fijación mecánica es especialmente útil en terrenos con pendiente pronunciada o en zonas donde el flujo de agua es turbulento, ya que evita desplazamientos o deformaciones del material.

Las grapas o pernos pueden fabricarse en materiales resistentes a la corrosión, como acero galvanizado o acero inoxidable, garantizando su durabilidad en contacto con agua y otros elementos ambientales. Estas fijaciones se distribuyen estratégicamente en puntos clave a lo largo de las aletas y las capas principales del compuesto laminado, permitiendo una integración firme con el terreno o la estructura subyacente.

Además, esta modalidad permite combinar el uso de grapas o pernos con anclaje por lastre, utilizando materiales del sitio como arena, grava o piedras, para maximizar la estabilidad del sistema. Esta capacidad de fijación mecánica

asegura que el compuesto laminado conserve sus propiedades funcionales, como la impermeabilidad en la parte central y la permeabilidad controlada en las aletas, optimizando el flujo de agua en la cuneta y protegiendo el suelo circundante contra la erosión o la saturación.

Ventajas:

La propiedad de impermeabilidad del compuesto laminado lo convierte en una solución altamente eficaz para crear recubrimientos protectores a manera de pieles que resguardan las estructuras del contacto directo con el agua, sin importar el tipo de sustrato sobre el que se adhiera, ya sea metálico, madera, concreto, ladrillo o barro. Esto asegura una barrera protectora continua y durable en el lado expuesto, protegiendo las superficies subyacentes de la humedad, la erosión y otros efectos dañinos del agua. Su capacidad para integrarse con cualquier tipo de material de soporte extiende su aplicabilidad a una variedad de entornos y aplicaciones, reduciendo los riesgos de deterioro estructural y prolongando la vida útil de las construcciones a las que se adhiere.

Gracias a la inclusión del geotextil permeable en el compuesto laminado, se facilita una adhesión eficaz y adaptable a cualquier tipo de sustrato. La permeabilidad del geotextil permite una absorción que optimiza el contacto con materiales de unión, como una lechada de mortero en superficies de concreto o adhesivos especializados en elementos metálicos. Esta versatilidad en los métodos de fijación expande las opciones de instalación y permite que el compuesto se adhiera firmemente a diferentes sustratos, creando una unión sólida y estable, sin perder las propiedades de permeabilidad y resistencia que lo caracterizan.

La adaptabilidad del compuesto laminado a cualquier clima, temperatura y geografía le confiere una ventaja excepcional en aplicaciones globales. Su capacidad para aislar térmicamente evita la transmisión de temperaturas extremas al agua, manteniéndola en estado fluido incluso en condiciones de

congelación, lo que le otorga una durabilidad superior al concreto, que suele deteriorarse bajo estas condiciones. En climas cálidos, la estructura de burbujas en la espuma actúa como aislante, preservando la estabilidad del material ante altas temperaturas y minimizando el riesgo de deformación. En regiones tropicales, donde las variaciones de temperatura pueden ser drásticas en períodos cortos (variaciones representativas de temperatura en cortos periodos de tiempo, inferiores a 24 horas), el compuesto laminado ofrece un rendimiento confiable, adaptándose sin fisuras ni pérdida de propiedades estructurales. Esta resistencia integral a las condiciones climáticas extiende su vida útil y asegura un desempeño continuo y seguro en cualquier entorno.

El diseño del compuesto laminado para cunetas combina una impermeabilidad efectiva en la parte central con una permeabilidad estratégica en las áreas laterales, logrando un sistema de conducción de líquidos eficiente y adaptativo. La impermeabilidad en el centro permite un flujo controlado y seguro de los líquidos, sin riesgo de infiltración en el suelo subyacente, mientras que la permeabilidad en las secciones laterales mantiene las propiedades naturales del terreno circundante, permitiendo el drenaje y evitando la acumulación de agua en las capas adyacentes. Esta configuración asegura que la cuneta conserve su integridad estructural sin pérdidas en las uniones ni en las zonas de traslape, lo que reduce la necesidad de mantenimiento y prolonga la vida útil del sistema de drenaje, integrándose perfectamente con el entorno natural.

Las aletas laterales del compuesto laminado, diseñadas para ser enterradas en una excavación alrededor de la cuneta, se fijan con el mismo material del sitio, lo cual garantiza una integración natural y una resistencia óptima. Esta configuración permite el paso del agua sin arrastre de partículas del suelo, manteniendo así la forma y estabilidad de la cuneta a lo largo del tiempo. La permeabilidad de las aletas cobra especial relevancia, toda vez que, si fueran impermeables, la acumulación de agua en la zona circundante causaría una licuefacción del terreno, lo que podría comprometer la forma y funcionalidad de la cuneta debido al peso del agua. Este diseño innovador previene la

deformación, asegurando que el sistema de drenaje funcione de manera estable y eficiente, manteniendo la integridad del terreno y facilitando un flujo de agua controlado en cualquier condición climática.

El compuesto laminado está diseñado específicamente para facilitar la conducción de aguas sin alterar la estructura subyacente del terreno. En caso de una deformación del suelo, el compuesto se adapta a estos cambios, deformándose junto con el terreno sin perder su funcionalidad primaria. Esto permite que, tras un evento de movimiento o desplazamiento del terreno, se pueda restaurar fácilmente la forma original de la cuneta y reinstalar el compuesto laminado, sin necesidad de reemplazar el material completo. Esta capacidad de adaptarse y restaurarse eficientemente en su posición hace que el sistema sea altamente versátil y útil en zonas propensas a movimientos de tierra o variaciones geológicas, garantizando una solución de drenaje confiable y de bajo mantenimiento frente a cambios naturales del suelo. Esto comprende además incidencias presupuestales, ya que en el caso de deformaciones del suelo en estructuras permanentes como las hechas con morteros, estos tienden a presentar fallas, grietas y en consecuencia afectación a las vías, que se traduce en costos de mantenimiento, fallas prematuras y afectaciones a la movilidad de estas.

El compuesto laminado ofrece una ventaja significativa al no requerir un conocimiento detallado de la composición del suelo sobre el que se instala, ya que su diseño permite adaptarse eficazmente a una variedad de condiciones geológicas. A diferencia del concreto, cuya durabilidad y rendimiento dependen en gran medida de la compatibilidad con el sustrato, el compuesto laminado se ajusta a diferentes tipos de terreno sin comprometer su funcionalidad ni su vida útil. Esto simplifica su implementación en proyectos donde las características del suelo son variadas o difíciles de evaluar con precisión, asegurando una solución de drenaje durable y adaptable que minimiza el riesgo de fallos estructurales y reduce los costos asociados con estudios de terreno previos.

Se identifica una ventaja importante en cuanto a impermeabilidad y resistencia ya que debido a su capa de espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada, el compuesto es completamente impermeable y resistente a las variaciones extremas de temperatura, desde ambientes de congelación hasta climas tropicales, evitando el deterioro que suelen sufrir los materiales convencionales en estas condiciones.

El compuesto laminado está diseñado para soportar el paso de vehículos pesados incluso cuando se coloca sobre sustratos punzantes, gracias a la resistencia del geotextil y a la capacidad de la espuma para disipar los esfuerzos aplicados. La capa de geotextil, resistente al rasgado, protege la integridad del sistema ante puntos de presión elevados y evita que objetos afilados o rugosos penetren el material. A su vez, la espuma actúa como un amortiguador, distribuyendo y absorbiendo las cargas y los impactos generados por el tránsito de maquinaria pesada, lo cual garantiza la durabilidad y el desempeño del compuesto en aplicaciones de alto tráfico. Esta combinación de materiales otorga una solución confiable para infraestructuras expuestas a condiciones de uso exigentes.

El compuesto laminado está diseñado para adaptarse a las deformaciones del suelo y a las variaciones extremas de temperatura, manteniendo su integridad y funcionalidad en condiciones cambiantes. Gracias a su estructura flexible, el compuesto se ajusta a los movimientos naturales del terreno, como asentamientos o deslizamientos, sin fisurarse ni perder su capacidad de conducción. Asimismo, resiste los cambios bruscos de temperatura —ya sean ciclos de congelación y deshielo o picos de calor— sin degradarse ni deformarse, asegurando una protección confiable. Esta adaptabilidad reduce la necesidad de reparaciones frecuentes y garantiza un rendimiento duradero en diversos entornos geográficos y climáticos.

El compuesto laminado es completamente adaptable a climas y terrenos ya que no requiere un conocimiento detallado de la composición del suelo, el compuesto

puede instalarse en una amplia gama de terrenos y adaptarse a deformaciones naturales del sustrato. Esta propiedad elimina la necesidad de reconstruir toda la estructura en caso de movimiento del suelo, a diferencia de los materiales rígidos como el concreto.

El compuesto laminado destaca por su reducido impacto ambiental, ya que su uso minimiza la necesidad de materiales tradicionales de construcción como el concreto, que requiere grandes cantidades de agua y energía para su producción e instalación. Al emplear menos insumos y materiales pesados, el compuesto no solo reduce la demanda de recursos naturales, sino que también disminuye las emisiones y el transporte necesario en las obras de infraestructura. Esta eficiencia en el consumo de materiales y energía contribuye a un enfoque más sostenible en proyectos de construcción, brindando una alternativa ecológica que respeta el medio ambiente sin sacrificar rendimiento ni durabilidad.

La presente invención adicionalmente tiene la ventaja técnica de un fácil mantenimiento y de un ciclo de vida extendido, esto porque, la posibilidad de fusionar capas adicionales mediante calor permite un mantenimiento inmediato sin reemplazar el sistema completo. Esto otorga un ciclo de mantenimiento prácticamente infinito, manteniendo el sistema funcional a largo plazo con intervenciones mínimas, de igual forma, si llega a tener un daño irremediable, el reemplazo parcial de la zona también es posible, lo cual puede hacerse sin el despliegue de una logística, personas o inversión importante y puede hacerse sin una intervención de obra civil importante, contrario a las alternativas en concreto, que usualmente requieren la demolición, utilización de maquinaria especializada, así como un gran número de personas.

El compuesto laminado permite un mantenimiento inmediato y eficiente, ya que, en caso de ser necesario, puede retirarse fácilmente para reconstituir el canal o la estructura de drenaje. Esta flexibilidad de mantenimiento permite corregir rápidamente cualquier daño o deformación en el sistema sin necesidad de realizar reemplazos completos ni esperar largos periodos de reparación. Una vez

reconstituido el terreno o la base, el compuesto laminado puede reinstalarse de manera rápida, asegurando una restauración funcional inmediata y reduciendo significativamente los tiempos de inactividad y los costos asociados al mantenimiento en infraestructuras de conducción de aguas.

A diferencia de las cunetas impermeables convencionales, las aletas laterales del geotextil (3) permiten que el suelo se mantenga estable y permeable, evitando que el terreno circundante se licúe o erosione, brindando una protección contra erosión y degradación ambiental. Esto reduce el impacto ambiental y facilita la conservación del suelo natural en áreas de escorrentía.

La facilidad de instalación y la adaptabilidad del compuesto permiten que cualquier persona, sin capacitación avanzada, pueda instalarlo de forma que la presente invención tiene como ventaja una instalación simple y de bajo impacto ambiental. Además, su bajo impacto ambiental reduce la necesidad de insumos de construcción adicionales, minimizando la huella de carbono en proyectos de infraestructura.

Este material es adaptable a múltiples usos, es decir tiene una versatilidad de aplicaciones que van desde cunetas y canales hasta revestimientos de terrazas, taludes y áreas húmedas. Su resistencia al desgaste, impermeabilidad y adaptabilidad a diferentes formas lo hacen adecuado para proyectos en áreas urbanas, rurales y naturales.

Debido a las ventajas técnicas descritas relacionadas a la impermeabilidad selectiva correspondiente a la cara en contacto con el suelo, a la versatilidad en la instalación, a la reparación y mantenimiento rápidos y de bajo coste, su adaptabilidad a diferentes climas y estaciones climáticas, su permeabilidad estratégica para conducción de las aguas que recoge, su facilidad y adaptabilidad en la instalación, la posibilidad de instalación por parte de personal sin conocimientos o capacitaciones avanzadas de una manera simple, la preservación de la estructura subyacente del suelo, que no es absolutamente

necesario el practicar estudios geológicos, su impacto ambiental reducido, versatilidad en su compatibilidad con otras tecnologías, que, sumado a todas las modalidades para diferentes tipos de aplicaciones y sustratos, permiten denominar también al material laminado como supercompuesto.

El compuesto laminado es compatible con tecnologías de monitoreo al permitir la instalación de sensores que pueden proporcionar datos sobre condiciones del terreno, humedad y temperatura, ofreciendo un valor añadido en aplicaciones que requieren seguimiento continuo del estado estructural, lo cual brinda una solución a la integración de tecnología futura implementada bajo políticas públicas en las ciudades, adaptándose a las necesidades cambiantes de estas.

En una modalidad de la presente invención, el compuesto laminado está configurado para permitir la integración de sensores y dispositivos relacionados con comunicaciones y tecnologías propias de ciudades inteligentes. Esta funcionalidad se logra mediante la disposición de dichos sensores y dispositivos en el espacio ubicado entre las capas impermeables (1) y (2), aprovechando las propiedades protectoras y aislantes de estas capas.

La capa superior impermeable (1) actúa como una barrera frente a la entrada de agua, contaminantes y radiación ultravioleta, mientras que la capa de espuma impermeable (2) proporciona soporte mecánico, absorbe impactos y protege los dispositivos de las cargas externas. Este diseño asegura que los sensores y dispositivos electrónicos permanezcan completamente aislados de factores ambientales adversos, garantizando su durabilidad y funcionalidad a largo plazo.

Los dispositivos que pueden integrarse incluyen sensores de presión, humedad, temperatura, deformación, o flujo de agua, así como cables de transmisión de datos, sistemas de monitoreo remoto, y redes de comunicación IoT (Internet de las Cosas). Estos elementos pueden instalarse durante la fabricación o la instalación del compuesto laminado, dependiendo de los requisitos específicos de la aplicación.

Esta disposición estratégica permite que el compuesto laminado desempeñe una doble función: por un lado, como sistema de conducción de aguas y, por otro, como infraestructura de soporte para tecnologías avanzadas. De esta manera, el compuesto laminado facilita la recopilación y transmisión de datos en tiempo real, contribuyendo a la gestión eficiente de recursos, el mantenimiento preventivo, y la integración en sistemas inteligentes de infraestructura urbana.

El compuesto laminado de la presente invención puede incorporar sensores integrados entre las capas impermeables (1) y (2), permitiendo la monitorización en tiempo real de parámetros clave relacionados con las condiciones del terreno o las estructuras en contacto con el material. Estos sensores están diseñados para medir y registrar variables como temperatura, humedad, presión, deformación y corrosión, proporcionando datos que facilitan la detección temprana de problemas estructurales o ambientales.

La integración de estos sensores hace posible su aplicación en proyectos de infraestructura inteligente, como la estabilidad de taludes, donde pueden detectar desplazamientos o cambios en la presión interna del suelo, o en presas y diques, donde el monitoreo de filtraciones o esfuerzos mecánicos es cobra especial importancia en la prevención y monitoreo de fallos. Debido a la composición en capas del supercompuesto, este permite la disposición en ubicaciones seleccionadas, incluyendo antes de su instalación, durante y posterior a esta incorporar estos sensores, de forma que permite la ubicación estratégica de los sensores dentro del compuesto laminado, asegura su protección frente a factores externos adversos, como agua, contaminantes y variaciones de temperatura, maximizando su vida útil y garantizando su mantenimiento y efectividad durante su operación.

Además, los sensores pueden estar conectados a sistemas de comunicación remota, como redes IoT (Internet de las Cosas), lo que permite la transmisión de datos en tiempo real a estaciones de monitoreo centralizadas. Esto no solo

mejora la capacidad de respuesta ante posibles fallos o emergencias, sino que también optimiza los procesos de mantenimiento preventivo y predictivo, reduciendo costos operativos y aumentando la seguridad de las estructuras monitoreadas. De esta forma, la capacidad de integración con sistemas de sensores representa una ventaja técnica al ampliar el rango de aplicaciones del compuesto laminado, y presenta un efecto técnico sorprendente en su adaptación a las necesidades de proyectos modernos, carreteras y edificaciones inteligentes.

El compuesto laminado de la presente invención, en una modalidad de la invención, comprende modalidades adaptativas que permiten que su desempeño se ajuste activamente a los cambios en el entorno, emulando las capacidades de los sistemas inteligentes avanzados. Estas respuestas adaptativas se basan en la integración de tecnologías que modifican ciertas propiedades funcionales del compuesto, como su conductividad térmica o su permeabilidad, en respuesta a factores ambientales específicos, tales como variaciones de temperatura, niveles de humedad, o cambios en la presión.

Por ejemplo, mediante la incorporación de materiales sensibles a la humedad, el compuesto laminado puede ajustar la permeabilidad de sus aletas o capas externas (3a y 3b), permitiendo un mayor o menor paso de agua según las necesidades de drenaje o retención del sistema en ese momento. Esto resulta especialmente útil en aplicaciones como la estabilización de taludes o el control de escorrentías, donde los cambios en las condiciones climáticas y del terreno pueden generar cargas adicionales que requieren una respuesta flexible del material.

Asimismo, el uso de aditivos o materiales con propiedades térmicamente sensibles puede permitir que el compuesto laminado regule la temperatura de sus capas, minimizando la expansión o contracción por cambios térmicos y garantizando su estabilidad estructural en entornos con variaciones de temperatura extremas. Por ejemplo, en climas estacionales, el material puede

ajustar su conductividad térmica para reducir el impacto de temperaturas muy altas o muy bajas, lo cual representa un efecto técnico en la mejora del rendimiento constante y la prolongación de su vida útil.

Estas capacidades adaptativas no solo mejoran el desempeño del compuesto laminado en condiciones variables, sino que también reducen la necesidad de intervenciones externas, optimizando el mantenimiento y reduciendo costos operativos. Además, esta funcionalidad representa una flexibilidad constructiva y de instalación, el rango de aplicaciones del material y permite su adaptación en proyectos de infraestructura con entornos exigentes, cambiantes o con alta variabilidad climática, así como para sistemas sostenibles donde se busca no solo una eficiencia técnica si no también una eficiencia en costos que por la la flexibilidad de acople a múltiples aplicaciones representa un adelanto técnico escalable a diferentes ámbitos y proyectos de infraestructura.

El compuesto laminado de la presente invención comprende su integración a tecnologías avanzadas para la generación de energía mediante la incorporación de células solares flexibles o materiales piezoeléctricos. Estas tecnologías permiten que el material aproveche fuentes de energía renovable, como la luz solar o el movimiento del terreno, para alimentar sistemas electrónicos integrados, como sensores o dispositivos de monitoreo. Esta capacidad elimina la necesidad de baterías externas, lo que simplifica el diseño, reduce costos y minimiza el impacto ambiental.

La integración de células solares flexibles (o si el proyecto lo permite, rígidas conforme a la necesidad del usuario y presupuesto) en la superficie del compuesto laminado posibilita la captura eficiente de la energía solar, incluso en condiciones de baja iluminación, como áreas parcialmente sombreadas o climas nublados, lo cual resulta especialmente conveniente, ya que dichas estructuras como carreteras, infraestructura y demás rangos de aplicaciones requieren de una solución que prevenga el mantenimiento constante, y, por su contacto continuo con el exterior y cargas mecánicas ofrecen la capacidad de generación

inmejorable. Estas células solares están diseñadas para ser ligeras, resistentes y altamente adaptables a las formas y movimientos del compuesto laminado, asegurando su funcionalidad en aplicaciones de infraestructuras complejas, como taludes, canales o cubiertas.

Por otro lado, la incorporación de materiales piezoeléctricos dentro del compuesto permite la generación de energía a partir del movimiento o la vibración del terreno o bien, de el mismo tráfico de personas o vehículos sobre el que se encuentra dispuesto. Este sistema representa un efecto técnico sorprendente en entornos donde las estructuras están sujetas a cargas dinámicas, como caminos, puentes o áreas con tráfico constante. La energía generada por estos materiales puede ser utilizada directamente por los sistemas integrados o almacenada en pequeños módulos de acumulación para su uso posterior.

Además, el compuesto laminado puede incluir circuitos impresos directamente en las capas internas del material, siguiendo los principios de las telas inteligentes o "e-textiles". Estos circuitos electrónicos, fabricados mediante impresión conductiva con tintas de plata, carbono o grafeno, permiten la integración de componentes electrónicos sin comprometer la flexibilidad, impermeabilidad o resistencia del material. Estas tecnologías habilitan una amplia gama de funcionalidades, como la transmisión de datos en tiempo real, el almacenamiento de información sobre las condiciones del terreno, la capacidad de cambiar propiedades físicas del material, como la temperatura o la forma, o bien ser de utilidad directa en la transmisión de la energía generada a los sensores o puntos de acumulación como baterías, la transmisión de datos o la adaptación a estructuras como edificios o carreteras inteligentes, donde su cableado y comunicación se encuentra directamente proporcionada por el circuito impreso en las capas internas del material, previo al proceso de unión.

La combinación de generación de energía y tecnologías de circuitos impresos representa un adelanto técnico al ya amplio rango de aplicaciones del compuesto

laminado, permitiendo su uso en sistemas de monitoreo autónomos, redes de comunicación en ciudades inteligentes, o infraestructuras sostenibles con capacidades adaptativas. Estas características convierten al material en una solución integral, capaz de ofrecer funcionalidad avanzada y sustentabilidad en una amplia variedad de escenarios cada vez más requeridos en las aplicaciones y construcciones actuales.

El compuesto laminado de la presente invención puede ser utilizado como base para la integración de circuitos electrónicos mediante tecnologías de impresión conductiva, transformándolo en una tela inteligente. En esta modalidad, la capa impermeable del compuesto, como el recubrimiento (1) de polietileno aditivado, sirve como soporte para la impresión de circuitos eléctricos y electrónicos, habilitando su uso en aplicaciones avanzadas de monitoreo, comunicación y automatización.

La impresión conductiva en la capa impermeable del compuesto se realiza utilizando tintas conductoras compuestas por materiales como carbono, plata o cobre, que poseen alta eficiencia en la conducción eléctrica. Estas tintas se depositan directamente sobre la superficie del recubrimiento mediante técnicas avanzadas de impresión, asegurando la adhesión y durabilidad necesarias para las condiciones ambientales a las que puede estar expuesto el compuesto laminado.

La capacidad del compuesto laminado para actuar como una tela inteligente con circuitos impresos lo habilita para interactuar con su entorno, transmitir datos, y operar como parte de sistemas avanzados de monitoreo y comunicación. Estas funcionalidades son útiles en aplicaciones de ciudades inteligentes, infraestructura vial, y sistemas de gestión de recursos, donde la recopilación y el procesamiento de datos en tiempo real representan una necesidad latente y que la presente invención soluciona de manera grácil. Además, al mantener la impermeabilidad y resistencia del material, la funcionalidad del circuito no se ve

comprometida, incluso en condiciones ambientales adversas, garantizando una operación confiable y sostenible.

Aplicaciones:

El compuesto laminado puede aplicarse en sistemas de drenaje que pueden simular un tipo tubo infinito, un concepto de conducción continua que combina secciones impermeables y permeables para optimizar el flujo de agua y la conservación del suelo circundante. En esta configuración, la sección impermeable garantiza que el agua se canalice sin pérdidas hacia áreas de captación o sistemas de almacenamiento, mientras que la sección permeable permite que el agua que se encuentra en exceso en el suelo circundante se filtre hacia la sección tubular conformada, de manera que por gravedad se conduce hacia la sección impermeable, drenando el fluido y evitando la licuefacción del suelo circundante por efecto del exceso de agua. La estructura tubular se puede mantener mediante el uso de elementos espaciadores tales como piedras, mallas geoespaciadoras, esferas de espumas poliméricas (icopor) entre otros. La ventaja de esta estructura es que no se obstruye a pesar de la disposición de cargas sobre la estructura del drenaje, contrario a lo que ocurre habitualmente con los tubos de drenaje, los cuales colapsan cuando se le aplica peso encima, aunado al hecho que con el presente desarrollo no hay pérdida de agua en la sección inferior impermeable, contrario a lo que ocurre con los tubos que se usan para drenaje, los cuales tienen múltiples perforaciones para captar agua, pero que también permiten el flujo de agua hacia el sustrato a proteger, siendo ineficientes en la labor de drenaje.

Esta dualidad de secciones permite un control preciso del flujo en tramos específicos, lo cual es ideal en terrenos con variabilidad en la absorción del suelo o donde se requieren zonas de infiltración controlada. Además, la flexibilidad del compuesto permite que el tubo infinito se adapte fácilmente a curvas, cambios de nivel y variaciones en el terreno, manteniendo su integridad y funcionalidad en todo el recorrido. Esta aplicación reduce la necesidad de instalaciones rígidas

y permite una infraestructura de drenaje más versátil y de bajo impacto ambiental, ideal para proyectos de largo alcance en zonas urbanas y rurales.

El compuesto laminado puede aplicarse como solución para el recubrimiento y protección de taludes, brindando estabilidad y control de la erosión en áreas expuestas a la escorrentía y otras fuerzas ambientales. Su instalación en taludes permite crear una barrera impermeable en la superficie, evitando que el agua penetre y desestabilice el terreno, al tiempo que protege contra la erosión superficial. La capa permeable del geotextil, que se coloca en contacto con el suelo, permite el drenaje natural del agua que podría acumularse, evitando la saturación y el riesgo de licuefacción del suelo en caso de lluvias intensas.

Además, el compuesto laminado se adapta a la forma y pendiente del talud, y su flexibilidad permite que se instale fácilmente en terrenos irregulares o de difícil acceso. Las aletas laterales del geotextil pueden enterrarse en zanjas a lo largo del talud, proporcionando anclaje adicional por lastre y mejorando la resistencia a movimientos del terreno. Esta aplicación es especialmente útil en proyectos de infraestructura vial, protección de áreas urbanas, y en zonas naturales donde es crucial conservar la estabilidad del terreno frente a fenómenos climáticos y erosión.

En la aplicación a taludes, el compuesto laminado ofrece una ventaja técnica al combinar permeabilidad en la cara en contacto con el suelo e impermeabilidad en la cara expuesta, proporcionando un equilibrio entre drenaje y protección. La cara permeable, compuesta por el geotextil, permite el paso del agua desde el suelo hacia el exterior, liberando la humedad acumulada dentro del talud sin permitir que el terreno se sature. Esto tiene un efecto técnico sorprendente, ya que evita la acumulación de agua en el talud, que podría llevar a una sobrecarga y riesgo de deslizamiento en condiciones de lluvia intensa.

Simultáneamente, la cara impermeable del compuesto laminado, que queda expuesta, actúa como una barrera frente al agua superficial, evita que el agua

de escorrentía o la lluvia penetren en el talud y afecten su estabilidad interna. Esta combinación de caras permeable e impermeable crea un sistema de recubrimiento controlado donde el agua solo se mueve en una dirección: desde el talud hacia el exterior. Este control del flujo evita la erosión interna del terreno, mantiene la cohesión del suelo y asegura que el talud conserve su forma y estabilidad a largo plazo, incluso bajo condiciones climáticas adversas. Este enfoque permite que el talud se mantenga seco y estable en el tiempo, minimizando el riesgo de licuefacción y desprendimiento del suelo, problemas comunes en otros sistemas de recubrimiento completamente impermeables.

Gracias a su estructura laminada y particularmente a la espuma (2) de polietileno expandido reticulada de celda cerrada, el compuesto laminado comprende aplicaciones en el aislamiento térmico. Este diseño permite que se utilice en aplicaciones que requieren regulación de temperatura, como en cubiertas de edificios, cuartos fríos y cámaras de almacenamiento, con la ventaja de mantener su integridad incluso ante la incidencia de los rayos ultravioleta, debido a que el geotextil (3) es de polipropileno y permite un intercambio de la humedad en la edificación. Su capacidad de mantener una barrera aislante asegura que no se produzcan fugas de temperatura hacia o desde el entorno, lo cual optimiza la eficiencia energética de los espacios y protege los contenidos sensibles a la temperatura.

El compuesto laminado permite utilizarse como formaleta impermeable en las cimentaciones, proporcionando una barrera protectora que impide la infiltración de agua y humedad hacia el hormigón. Al aplicarse en el recubrimiento de estas estructuras, extiende su vida útil, protegiéndolas de la degradación causada por la humedad y el contacto constante con el suelo. Esta barrera impermeable ayuda a mantener la integridad estructural del hormigón, evitando el desgaste y la aparición de fisuras por ciclos de humedad y sequía, lo cual resulta en una ventaja y un efecto técnicos sorprendentes para infraestructuras que requieren durabilidad y estabilidad en condiciones variables.

El compuesto laminado de la presente invención puede además utilizarse como una opción para el recubrimiento de tejados y terrazas, ya que su resistencia a variaciones extremas de temperatura lo protege de fisuras y otros daños comunes en materiales como el concreto. Su capa impermeable evita la entrada de agua, incluso cuando enfrenta cambios bruscos de temperatura que podrían causar dilatación y contracción en otros materiales. A diferencia del concreto, que suele agrietarse con el tiempo y permitir filtraciones, el compuesto laminado conserva su integridad estructural, asegurando una protección continua contra la humedad y manteniendo los espacios interiores secos y aislados. Esta característica lo convierte en una solución duradera y de bajo mantenimiento para cubiertas expuestas a condiciones climáticas variables.

El compuesto laminado puede utilizarse como un recubrimiento de suelos alternativo a la cerámica, gracias a su alta resistencia a impactos, abrasión y condiciones de uso intenso. Su estructura robusta y duradera permite que soporte el tráfico constante sin sufrir desgaste prematuro, lo que lo convierte en una opción ideal para áreas de alto tránsito. Además, su capacidad de impermeabilidad y resistencia a la humedad ofrece una protección adicional frente a filtraciones, manteniendo la superficie del suelo en condiciones ideales y evita daños que podrían afectar el sustrato, prolongando la vida útil del suelo y minimizando el mantenimiento necesario en comparación con los recubrimientos tradicionales.

Adicionalmente, en otro ejemplo de aplicación, el compuesto laminado permite impermeabilizar las zonas base antes de construir estructuras húmedas, como piscinas, baños turcos y saunas, proporcionando una barrera impermeable en la zanja o espacio excavado donde se erigirán estas instalaciones. Al colocarse como una capa impermeable en el subsuelo, impide que el agua escape de la estructura y que la humedad del terreno circundante afecte la construcción. Esta aplicación asegura que las filtraciones se eliminen desde la base, protegiendo la integridad de la estructura y minimizando el riesgo de futuros problemas de humedad. Este enfoque preventivo resulta en una construcción más duradera y

estable, facilitando un ambiente seguro y de bajo mantenimiento en áreas de alta exposición al agua y la humedad.

El compuesto laminado se puede ser dispuesto como capa subyacente en la construcción de senderos, colocándose directamente sobre el terreno antes de añadir las capas finales del sendero, como grava, piedra o pavimento. Al instalarse debajo de la superficie de tránsito, el compuesto actúa como una barrera impermeable que evita que el agua penetre en el suelo, ayudando a prevenir la formación de charcos, la erosión y el desplazamiento del sustrato.

La capa de geotextil permeable, en contacto con el terreno, permite que el agua se drene de manera controlada hacia los bordes del sendero, protegiendo la estabilidad del suelo sin interrumpir el flujo natural de agua. Este enfoque asegura que el sendero se mantenga en condiciones óptimas durante más tiempo, reduciendo la necesidad de mantenimiento y asegurando un soporte firme y uniforme para las capas superiores. Esta aplicación es ideal en parques, áreas naturales y caminos de acceso, donde es fundamental mantener el terreno estable y protegido.

El compuesto laminado puede ser utilizado para la construcción y recubrimiento de senderos, gracias a su durabilidad y capacidad para adaptarse a terrenos irregulares. Instalado como capa base, proporciona una superficie estable y resistente al tráfico constante, protegiendo el suelo subyacente de la erosión causada por la escorrentía y el desgaste. Su impermeabilidad asegura que el agua no se filtre a través del sendero, evitando que se formen charcos o áreas lodosas en condiciones de lluvia, lo que lo convierte en una superficie segura y de bajo mantenimiento para peatones.

Además, la capa de geotextil permeable permite el drenaje de agua en los bordes del sendero, manteniendo la estabilidad del terreno sin necesidad de desviar el flujo de agua natural. Esta aplicación es transversal a áreas recreativas, parques y caminos de acceso en entornos naturales, ya que el compuesto laminado se

integra con el paisaje, minimizando el impacto ambiental y proporcionando un sendero funcional y estéticamente agradable.

En una modalidad de la presente invención, porque la zona central que comprende una capa de geotextil (3) de polipropileno no tejido, una capa de espuma (2) de polietileno expandido adherida a la capa de geotextil (3) y un recubrimiento (1) de polietileno dispuesto sobre la capa de espuma (2) de polietileno expandido se enrolla de manera tubular, y las aletas laterales (3a) y (3b) del compuesto laminado están configuradas para desplegarse por uno de los laterales de la zona enrollada, formando una estructura tubular. En esta configuración, la capa impermeable se orienta hacia el interior del tubo, permitiendo una conducción eficiente de líquidos dentro de la estructura. Esta disposición resulta en una ventaja técnica para aplicaciones en las que se requiere capturar, conducir y gestionar agua o líquidos de manera controlada bajo la superficie del terreno, de esta forma, la humedad del terreno puede adsorberse por capilaridad desde las aletas a la zona interior tubular y conducirse a un sitio diferente a la vez que cuando la zona tubular se satura permite la irrigación del terreno por medio de las aletas.

La estructura tubular puede rellenarse con materiales como grava, arena, o incluso estructuras prefabricadas, que contribuyen a darle forma y estabilidad al tubo una vez enterrado. Las aletas laterales, al mantenerse parcialmente permeables, facilitan la transferencia de humedad entre el terreno circundante y el interior del tubo, permitiendo una regulación eficiente del agua en aplicaciones de drenaje o gestión hídrica.

Para garantizar la estabilidad estructural y funcionalidad del tubo, este puede fijarse mediante grapas mecánicas que aseguren la unión de las capas enrolladas, o mediante lastre, utilizando materiales disponibles en el sitio de instalación, como piedras o tierra compactada. Esta modalidad ofrece una solución versátil y de fácil implementación para drenajes subterráneos, canales hidráulicos o sistemas de conducción en terrenos con características complejas

o variables. Además, su diseño modular y adaptable minimiza la necesidad de materiales adicionales y facilita su instalación incluso en condiciones adversas.

El recubrimiento (1) de polietileno o el polietileno aditivado con protector de radiación UV se caracteriza porque incorpora aditivos para protegerlo contra la degradación causada por la radiación ultravioleta, aumentando su vida útil y manteniendo su funcionalidad en condiciones de exposición prolongada al sol. Los aditivos se seleccionan entre los absorbentes UV, negro de humo, benzofenonas, benzotriazoles, Estabilizadores de luz de amina impedida de alta o baja peso molecular, Fosfitos y fenoles estéricamente impedidos, Nanopartículas de óxido de zinc, nanopartículas de dióxido de titanio, Óxido de cerio y combinaciones de estos.

En la modalidad en la que el polietileno aditivado con protector de radiación UV comprende aditivos seleccionados de benzofenonas y los benzotriazoles, estos transforman la radiación ultravioleta en calor, evitando que esta cause daño a la estructura del material. Estas moléculas son útiles en aplicaciones que requieren mantener propiedades ópticas específicas o transparencia.

En la modalidad en la que el recubrimiento (1) de polietileno comprende aditivos seleccionados de estabilizadores HALS (Hindered Amine Light Stabilizers) o Estabilizadores de luz de amina impedida de alto o bajo peso molecular, que funcionan neutralizando los radicales libres generados por la exposición UV. Estos aditivos son efectivos para garantizar la estabilidad del material bajo condiciones climáticas extremas o de alta radiación, ya que minimizan los efectos de la degradación a largo plazo. Esta modalidad es preferida cuando la aplicación del compuesto laminado para conducción de aguas es para construcciones que requieran un carácter estético mayor, una disposición con un color específico y/o requieran de un vida útil prolongada.

En la modalidad en la que el recubrimiento (1) de polietileno comprende un aditivo con negros de humo, que actúan dispersando y absorbiendo la radiación

UV, lo cual resulta especialmente ventajoso en la disposición de este, debido a que al ser una aplicación en la que no se requiere que el recubrimiento (1) de polietileno sea transparente, permite su incorporación como aditivo de manera rentable y escalable. Este aditivo, utilizado en concentraciones del 2% al 5%, reduce considerablemente el impacto de la radiación sobre la estructura del polietileno, ofreciendo una protección robusta y eficiente para aplicaciones exteriores.

En otra modalidad, los antioxidantes, como los fosfitos y los fenoles estéricamente impedidos, también se añaden al recubrimiento (1) para reforzar su resistencia frente a la oxidación térmica. Estos aditivos complementan la protección contra los efectos secundarios de la exposición UV, asegurando que el material conserve sus propiedades físicas y químicas durante su uso.

En aplicaciones que requieren un equilibrio entre costos y desempeño técnico, se emplean mezclas de estabilizadores UV, como combinaciones de benzotriazoles y HALS. Estas formulaciones permiten absorber la radiación UV y, al mismo tiempo, neutralizar los radicales libres, lo que las convierte en opciones prácticas para aplicaciones de alto rendimiento.

En la modalidad en la que el recubrimiento (1) de polietileno comprende un aditivo seleccionado de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO) o dióxido de titanio (TiO₂), que brindan protección UV mientras aportan características adicionales como resistencia al crecimiento biológico. Asimismo, el óxido de cerio (CeO₂) es otra alternativa que proporciona una elevada capacidad de absorción UV y es útil en aplicaciones que demandan resistencia frente a condiciones ambientales exigentes.

Estas modalidades de aditivación permiten que el recubrimiento (1) de polietileno se adapte a una variedad de aplicaciones, maximizando su durabilidad y rendimiento en diferentes entornos de uso.

Ejemplo

Se elaboró un rollo de material laminado para la conducción de aguas conformado por una capa de geotextil de polipropileno no tejido y calandrado de un espesor de 0,82mm, sobre el cual se dispuso espuma de polietileno reticulado de celda cerrada de 4mm de espesor y, sobre esta, se dispuso una capa de recubrimiento de polietileno aditivado con protector de radiación UV de 100µm de espesor.

Al material obtenido se le realizaron diversas pruebas cuyos resultados se presentan a continuación:

Propiedades	Norma	Valores
Espesor	ISO 1923	4,6mm
Densidad	ISO 845	98,0Kg/m ³
Tracción longitudinal	ISO 1798	1179KPa
Tracción transversal	ISO 1798	847KPa
Alargamiento a rotura longitudinal	ISO 1798	38,4%
Alargamiento a rotura transversal	ISO 1798	41,1%
Compresión 10%	ISO 3386/1	35,4KPa
Compresión 25%	ISO 3386/1	64,2KPa
Compresión 50%	ISO 3386/1	179,3Kpa
Deformación remanente 25%/22h/0,5h	ISO 1856	15,7%
Deformación remanente 25%/22h/24h	ISO 1856	4,0%
Deformación remanente 50%/22h/0,5h	ISO 1856	38,5%
Deformación remanente 50%/22h/24h	ISO 1856	19,3%

El material así obtenido se dispuso en una vía como sendero peatonal. El rollo de material laminado con aletas de geotextil (3) se desenvolvió sobre un terreno conformado por suelo natural. El material laminado adoptó la forma del terreno.

Asimismo, el material obtenido se dispuso sobre una vía terciaria cuya superficie estaba cubierta con recebo. Sobre esta vía se hizo transitar varias veces un camión cargado con 3 toneladas, sin que el material laminado presentara fisuras o desgarramientos.

Por otra parte, se cavó una zanja en la que se dispuso el material laminado de diferentes formas. En una primera sección, el material laminado se dispuso sobre la zanja y se ancló al sustrato con lastre, mientras que la unión de las secciones adyacentes de material laminado se hizo mediante traslape; en una segunda sección, el material laminado se ancló al terreno con grapas de 20cm de largo, sin que se rasgara el geotextil a pesar de la punción realizada por las grapas; en una tercera sección se conformó una estructura tubular, empleando como elemento espaciador piedra, la estructura tubular se realizó mediante la unión de las dos aletas con zunchos, luego de la perforación con un elemento cortante, sin que se rasgara el geotextil a pesar de la fuerza empleada para hacer traspasar el geotextil con el elemento cortante. Una vez terminada la estructura de drenaje se hizo fluir agua desde la primera sección, encontrando que no hubo filtraciones entre las uniones traslapadas del material laminado.