



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal

## **ESPECIFICACIONES TECNICAS**

### **ESTANQUE DE LIXIVIADOS Y CELDA DE RESIDUOS**

### **PATOGENOS**

#### **IMPERMEABILIZACIÓN CON GEOMEMBRANA HDPE (e=1,5mm)**

##### **DEFINICIÓN**

Este ítem comprende los trabajos necesarios para la implementación de un manto impermeable con geomembrana de polietileno de alta densidad (PEAD), según el diseño del paquete de impermeabilización, definido en los planos de diseño.

Los geosintéticos son aprobados para su uso en celdas rellenos sanitarios, reservorios, diques de colas y otras obras en las que es necesario garantizar la estanqueidad de los líquidos e impedir que se infiltren al suelo. La impermeabilización se realizará en la base, taludes de las celdas y los sitios que se hayan determinado en los planos de diseño.

Asimismo, las obras vinculadas a medio ambiente, tales como vertederos y depósitos de materiales contaminantes requieren del empleo de los Geotextiles, como componentes del sistema de impermeabilización, para cumplir las funciones de separación, protección, drenaje y refuerzo.

##### **MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPO.**

El CONTRATISTA, proveerá de todas las herramientas, el equipo y los materiales (soldadura) necesarios para la instalación de la Geomembrana PEAD.

El CONTRATISTA previa a la adquisición o importación de la geomembrana, deberá consultar y solicitar la aprobación del Supervisor de Obra. Este último deberá dar su conformidad para proceder a la adquisición respectiva, previa a la valoración de las certificaciones de calidad del fabricante.

La geomembrana tendrá las siguientes características:

- Geomembrana de PEAD de 1,5 mm de espesor
- Lisa o texturizada por ambos lados
- Coeficiente de permeabilidad  $K = 10E - 12 \text{ cm/seg.}$
- La resina utilizada es formulada especialmente, polietileno virgen y es específicamente diseñada para aplicaciones de geomembrana flexible.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal

- Su fabricación tipo deberá ser: 97,5% de polietileno, 2,5% de negro de humo y cantidades pequeñas de antioxidantes y estabilizadores de calor. No se utilizarán otros aditivos, rellenos o extensores.

Esta lámina de PEAD deberá contar con una excelente resistencia a la radiación y adecuada para condiciones de exposición a los rayos UV. La geomembrana de PEAD deberá tener las propiedades físicas, mecánicas y ambientales que señalan la Normas que se presentan en la siguiente Tabla:

### Propiedades Físicas, Mecánicas y Ambientales

| PROPIEDAD                          | NORMA        | UNIDAD   | LISA  | TEXTURADA |
|------------------------------------|--------------|----------|-------|-----------|
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS            |              |          |       |           |
| Espesor                            | ASTM D 1.593 | mm       | 1,5   | 1,5       |
| Densidad                           | ASTM D 1.505 | grs/m    | 0,940 | 0,940     |
| CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS          |              |          |       |           |
| Resistencia a tracción de fluencia | ASTM D 638   | KN/m     | 22    | 22        |
| Elongación a fluencia              | ASTM D 638   | % mínima | 12    | 12        |
| Resistencia a tracción de falla    | ASTM D 638   | KN/m     | 40    | 16        |
| Elongación a falla                 | ASTM D 638   | % máxima | 700   | 100       |
| Resistencia a punzonamiento        | ASTM D 4.833 | N        | 320   | 400       |
| CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES        |              |          |       |           |
| Estabilidad dimensional            | ASTM D 1.204 | %        | 2,0   | 2,0       |
| Resistencia a grietas tracción     | ASTM D 5.397 | hr       | 200   | 200       |
| Contenido negro de humo            | ASTM D 1.603 | %        | 2-3   | 2-3       |

Algunas de las normas específicas referidas en este apartado, son las siguientes:

- ASTM D 4.437 PRACTICE FOR DETERMINING THE INTEGRITY OF FIELD SEAMS USED IN JOINING FLEXIBLE POLYMERIC SHEET GEOMEMBRANES
- ASTM D 4.716 TEST METHOD FOR CONSTANT HEAD HYDRAULIC TRANSMISSIVITY (IN PLANE FLOW) OF GEOTEXTILES AND GEOTEXTILE RELATED PRODUCTS

Los equipos, para la instalación, la verificación y las pruebas de calidad, antes de la puesta en servicio del sistema de impermeabilización, serán los necesarios para ejecutar las soldaduras por termofusión con patín caliente (HOT WEDGE) y donde sean necesarios las soldaduras por extrusión para parches. Además, se debe disponer in situ, de los equipos de control de calidad, para las pruebas de tracción, estanqueidad y vacío.

Por otra parte, el geotextil GN200 empleado tendrá las siguientes características:

- Materia Prima: poliéster
- Punto de Fusión: 260 °C
- Gramatura (densidad superficial): no menor a 200 g/cm<sup>2</sup> según norma ASTM D 3776.
- Espesor: no menor a 2,1 mm según normas ASTM D 1777.
- Porosidad: 93%, según norma DIN 53855.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal

- Resistencia a la tracción (carga concentrada): no menor a 0,8 KN según norma ASTM D 4632.
- Elongación en la ruptura: no mayor al 80%, según norma ASTM D 4632.
- Resistencia al punzonado: no menor a 390N, según norma ASTM D 4833.
- Resistencia al reventado: no menor a 2,2Mpa según norma ASTM D 3786.
- Ancho de manta: no menor a 4,30m.

Para que el geotextil no pierda sus propiedades, debe mantenerse seco y envuelto correctamente para protegerlo durante su transporte, almacenamiento y manipulación. Debe protegerse de los rayos ultravioletas y no ser expuesto durante un periodo que supere los 14 días. Los rollos se almacenan en lugares protegidos de las inclemencias del tiempo, y cuando deben ser dejados en el exterior, se los deberá situar elevados, separados del suelo y protegidos con cubierta impermeable.

El geotextil se usa en un sistema de impermeabilización para cumplir funciones de: separación evitando contaminaciones entre diferentes capas de terreno e impidiendo la posibilidad de reacciones químicas por incompatibilidad entre capas; de la misma manera, evita el punzonamiento que ocurre como consecuencia de la presión que ejerce el agua o del material acumulado en la celda o depósito cuando se emplea conjuntamente con una geomembrana, sobre la cual también restringe su movimiento durante la vida útil; también, el geotextil actúa como objeto drenante del agua del terreno presente por filtraciones o por la subida del nivel freático y por pérdidas, para permitir la evacuación, de manera que la posible presión del agua no afecte a la geomembrana impermeable; finalmente, los geotextiles ofrecen refuerzo al terreno, para estabilizarlo y aumentar su capacidad portante.

#### **PROCEDIMIENTO PARA LA EJECUCIÓN.**

Antes de colocar el geotextil, la superficie debe prepararse dejándola plana, pareja y exenta de escombros u obstrucciones, para evitar su deterioro durante el proceso de colocación.

El geotextil se coloca suelto, sin tensarlo, libre de pliegues y arrugas; se procura colocarlo en contacto directo con el suelo, evitando cualquier espacio vacío entre el terreno y el geotextil. Se extiende el geotextil sobre la capa inferior, cuidando la continuidad entre láminas, cosiéndolas, soldándolas, colocando grapas o solapes (no inferiores a 30cm).

Mientras se coloca el geotextil, se procurará no pisarlo durante su extensión y compactación. Siempre se avanza realizando el extendido y compactación sin afectar la zona de unión.

Los geotextiles deben extenderse sobre superficies libres de materiales con puntas, bordes cortantes o punzantes, y no deberá realizarse la colocación durante lluvias o cuando la temperatura del ambiente es menor a 2°C.

El sistema de impermeabilización con geomembrana PEAD 1,5mm deberá ser instalado en la base y paredes de las celdas de residuos sólidos, reservorios o estanques de almacenamiento.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal

En caso de que el suelo natural no tenga buenas condiciones para apoyar la geomembrana, debe realizarse un acondicionamiento del terreno con una capa de 0,20 m. Esta también tiene la finalidad de nivelar el suelo del lugar. En especial cuando no se haya previsto el perfilado manual como actividad previa. Ya que estas condiciones son definidas en los planos de diseño y a criterio del tipo de suelo, de las solicitaciones mecánicas y de las condiciones de servicio de la geomembrana.

La geomembrana PEAD, con espesor de 1,5 mm y  $k = 10(-12) \text{ cm/seg}$ , se colocará sobre las superficies lisas, sin pronunciaciones que puedan dañar la integridad de la misma, se soldará por termofusión soldando las membranas solapadas, en 15cm como mínimo y con equipo adecuado y aprobado por la supervisión

Para la unión entre paños de geomembrana, se debe emplear una soldadura doble de patín caliente (HOT WEDGE) con canal de prueba de aire, la cual se someterá a una presión el treinta (30) psi (libras por pulgada cuadrada) durante cinco (5) minutos, requiriéndose probar el cien (100) % de las soldaduras.

Cuando se junten dos o más soldaduras se procederá a realizar el parche con la soldadura a extrusión.

La geomembrana se sujetará mediante canales perimetrales que se llenarán de tierra compactada para lograr su anclaje firme. Los canales de anclaje tendrán como mínimo un ancho de 0,3 m y una profundidad de 0,4 m, debiendo el Supervisor de Obra dar su conformidad para la construcción de los mismos.

En aristas o cantos angulosos en los cuales no es posible completar la soldadura por termofusión, se dispondrán parches soldados por extrusión con el equipo adecuado y ejecutando las pruebas de calidad necesarias para garantizar la puesta en servicio del sistema de impermeabilización.

La unión de las geomembranas de polietileno y la confección de los detalles constructivos, como parches y uniones de construcción, se realizan por medio de la fusión térmica del material. Esta etapa es una de los más importantes durante el proceso de impermeabilización. Los métodos más utilizados para la soldadura son mediante cuña caliente y mediante extrusión.

#### **Soldadura por cuña caliente:**

Del mismo modo que la temperatura, la velocidad de avance de la soldadora de cuña es seleccionada por el operador según el tipo de geomembrana y las condiciones ambientales, pero considerando además el espesor de las láminas a unir. Algunos de los aspectos relevantes en la soldadura de cuña que deben ser considerados son:

- Control de los traslapes: La dimensión de los traslapes es uno de los aspectos que durante el proceso de soldadura debe ser controlado por el operador debido a que es posible que durante



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal

el avance de la soldadora de cuña estos sufran desplazamientos que eventualmente podrían significar que las láminas están siendo unidas sólo por una de las líneas paralelas de fusión.

- Limpieza y secado de las áreas de fusión: Si bien es conveniente efectuar la limpieza total de zona de traslape antes de iniciar el proceso de unión de láminas, una vez iniciado el avance automático de la soldadora de cuña, el operador debe avanzar junto a la soldadora de cuña limpiando nuevamente las zonas a fusionar debido al depósito o contaminación con partículas de polvo por la acción del viento.



### **Soldadura por extrusión:**

Las variables de control para este tipo de máquina son la temperatura de fusión del material de aporte, que dependerá del tipo de polímero empleado y la temperatura del flujo de aire caliente, que dependerá del espesor de las láminas y de las condiciones ambientales.

El procedimiento utilizado en la ejecución de este tipo de uniones es el que a continuación se describe:

- Fijación de los traslapes: Las superficies a soldar por el método de extrusión deben ser previamente unidas de modo de garantizar el contacto pleno de las superficies bajo el cordón de soldadura y evitar esfuerzos en la unión durante el periodo de enfriamiento. El método utilizado consiste en la aplicación de un flujo de aire caliente entre las caras interiores del traslape el que produce la fusión parcial del material. Simultáneamente el operador presiona las zonas precalentadas logrando una unión débil y de carácter temporal. Se debe destacar que este tipo de unión jamás debe ser utilizada como método de soldadura definitivo, debido a su baja resistencia.
- Preparación de las superficies: La preparación de la superficie a unir consiste en la remoción de polvo y humedad además del esmerilado superficial del área que recibe el cordón de soldadura.
- Formación del cordón de soldadura: Una vez fijadas las láminas o piezas de polietileno y preparada la superficie, se procede inmediatamente con la extrusión del material de aporte a lo largo del borde de unión.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal



### Pruebas de calidad de la instalación

El proveedor del servicio debe garantizar la ejecución de todas las pruebas de calidad de la instalación de la geomembrana para la totalidad de los paños instalados para soldadura de termofusión y/o áreas de instalación por soldadura de extrusión.

Los equipos que el proveedor disponga en sitio, para realizar las pruebas de calidad, deben poseer la certificación respectiva de operación y mantenimiento y deben estar en óptimas condiciones de operación durante todo el desarrollo de la instalación.

### Prueba de Soldadura de Termofusión (WEDGE WELDER o cuña caliente):

Se introduce en el canal una presión de aire de 170 a 200kPa durante 5 minutos bloqueando ambos lados del mismo con la misma soldadura, si esta presión llega a tener una caída del 10% (3 libras/pulgada<sup>2</sup> aproximadamente) se procede a detectar la fuga para realizar posteriormente la reparación correspondiente con soldadura por extrusión.



La unión realizada por cuña caliente en geomembranas de polietileno está compuesta por dos líneas de soldadura paralelas. Cada una de estas líneas es lograda por medio de la fusión parcial del



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal

material en las caras interiores del traslape logrado por la cuña y el paso inmediato de los rodillos propulsores que presionan las láminas. Estas dos líneas paralelas dejan un espacio libre entre ellas a lo largo de toda la línea. La estanqueidad de la unión se determina siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Sellado de ambos extremos de la línea de soldadura.
2. Inserción en un extremo del canal de una válvula provista de manómetro e inyectar aire a presión hasta alcanzar aproximadamente 200 kPa.
3. Esperar dos minutos aproximadamente para que el sistema se estabilice y tomar la lectura del manómetro, que no debe ser inferior a 170 kPa.
4. Esperar cinco minutos y ejecutar una segunda lectura del manómetro, la caída de presión debería no ser mayor a 30 kPa.
5. Abrir el extremo opuesto al manómetro y verificar la continuidad del espacio de canal de aire, comprobando la caída instantánea de la presión.
6. Si el procedimiento es llevado a cabo en conformidad la línea es aprobada, de lo contrario se localiza la falla visualmente (interrumpiendo manualmente la continuidad del canal y verificando el comportamiento del manómetro) o por otro método aprobado

#### **Prueba de Soldadura de Extrusión:**

Se utiliza una caja de vacío (VACUUM BOX) para succionar la soldadura extrusionada en la geomembrana, para llevar a cabo dicha prueba se necesita una combinación de agua y jabón como testigo dando una presión de -20kPa. En caso de que exista alguna fuga se puede detectar debido a la existencia de burbujas continuas en el área de la soldadura defectuosa, la cual se procede a reparar por medio de extrusión.

El procedimiento consiste en colocar sucesivamente a lo largo del cordón de soldadura una caja transparente sobre la superficie de la geomembrana previamente mojada con agua jabonosa.

La caja es presionada firmemente contra el suelo e inmediatamente se acciona la bomba de vacío. Una vez que el manómetro de vacío provisto con la caja indica que la presión en el interior es de 20 kPa bajo la presión atmosférica, se procede aproximadamente durante 12 segundos a vigilar que no se formen burbujas de jabón en la zona de soldadura.





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Cooperación Suiza en Bolivia

Gestión ambiental municipal



Verificación de una soldadura de extrusión por medio de la prueba de caja de vacío.



Equipo de Pruebas por Chispa Eléctrica



En el caso particular de que no fuese posible utilizar el procedimiento de caja de vacío debido a que la geometría de la superficie sea muy irregular o curva (esto debe determinarse antes de ejecutar la soldadura por extrusión) se puede evaluar la estanqueidad de la unión por medio de la prueba de chispa eléctrica. La prueba de chispa eléctrica se lleva a cabo colocando a lo largo del borde del traslape superior un delgado alambre conductor. Una vez realizada la soldadura este queda embebido en el cordón de polietileno de aporte. En seguida, un dispositivo semejante a una escobilla metálica es conectado a una fuente de 20 kV, el que es guiado lentamente por un operador sobre y a lo largo de la línea de soldadura. La existencia de un conducto libre entre el alambre embebido y el terminal libre producirá que la unidad emita una señal audible.

#### **Pruebas destructivas y no destructivas:**

Las pruebas destructivas consisten en extraer una muestra (aproximadamente de 30 x 10 cm), ubicada a cada 150 metros lineales sobre las soldaduras ejecutadas por cuña caliente (máquina WEDGE WELDER), así como en amarre de geomembrana, para someterlas al tensiómetro. Posteriormente, se procede a reparar la zona mediante un parche soldado mediante extrusión.

#### **DOCUMENTOS DE LA EMPRESA.**

El proponente para demostrar su establecimiento legal en el país y su experiencia en el área, debe adjuntar los siguientes documentos a la Propuesta.

- Registro de Comercio FUNDEMPRESA
- Certificado de Inscripción a Impuestos Nacionales
- N I T
- C.I. del Representante Legal
- Poder del Representante Legal
- Curriculum de la Empresa





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Cooperación Suiza en Bolivia**

*Gestión ambiental municipal*

## **MEDICIÓN Y FORMA DE PAGO.**

La provisión y colocación de la geomembrana se medirá en metros cuadrados completamente instalados, soldados, anclados y con prueba de calidad aprobada, medición resultado de la medida directa con cinta o topográfica de la superficie efectivamente impermeabilizada en concordancia con los planos de diseño.

El pago por este trabajo se efectuará por metro cuadro y de acuerdo al precio unitario de la propuesta aceptada que incluye la compensación total por todos los materiales, herramientas, mano de obra y actividades necesarias para la ejecución de este ítem.



**ANEXO**

# PLANO GENERAL

## RELLENO SANITARIO DE VILLAZON

La impermeabilización se realizara tanto en el estanque de lixiviados como en la celda de patogenos, en las superficies que a continuación se señalan:

| Descripción                                     | Unidad         | Cantidad |
|-------------------------------------------------|----------------|----------|
| <b>ESTANQUE LIXIVIADOS</b>                      |                |          |
| Provisión e instalación geomembrana HDPE 1,5 mm | m <sup>2</sup> | 930,00   |
| <b>CELDA PATOGENOS</b>                          |                |          |
| Provisión e instalación geomembrana HDPE 1,5 mm | m <sup>2</sup> | 1.790,00 |

