

UTILIZACIÓN DE GEOSINTÉTICOS EN DEFENSA DE MÁRGENES – CASOS DE OBRAS

Alberto Dal Farra y Carlos Alberto Rodríguez

Presidente y Gerente Técnico de Coripa S.A. respectivamente.
Coripa S.A. – Virrey del Pino 2458. Piso 3° - C1426EGR – Cap. Fed.
E-mail: info@coripa.com.ar - Web: <http://www.coripa.ar>

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad analizar algunos aspectos determinantes de la metodología general de elección, diseño y dimensionamiento, técnicas de aplicación y evaluación de resultados del uso de diferentes geosintéticos no convencionales en la defensa de márgenes fluviales.

Asimismo y a fin de permitir una mayor comprensión y aplicabilidad del tema, se describen diferentes casos de obras realizadas tanto en Argentina como en el extranjero, en las cuales hemos tenido intervención y donde se han utilizado soluciones de fácil implementación a problemas serios de control de erosión y lastrado de tuberías petroleras.

CONCEPTOS BÁSICOS

Entendiendo como “margen” a la zona de transición entre dos medios esencialmente diferentes, la misma presenta una inestabilidad intrínseca resultante de la interacción entre ambos: agua y suelo, y cuyo resultado manifiesto es el fenómeno de erosión de uno (suelo) por acción del otro (agua).

Si bien la erosión puede producirse por diferentes causas, las originadas por fenómenos hidráulicos, como son la corriente y el oleaje, suelen ser las más comunes. De allí que usualmente se englobe dentro de la denominación “obras de defensa de márgenes”, a las que persiguen como finalidad básica proteger a la margen de la acción de la corriente y del oleaje.

Una primera clasificación de este tipo de obras sería:

De *contención*, tal el caso de tablestacados, muros de hormigón, muros de gaviones, suelo reforzado, geotubos, y toda otra estructura que sirva para contener el terreno en donde la costa presenta desniveles inestables.

Los *revestimientos* constituidos por elementos premoldeados independientes o vinculados, mantas de bloques, enrocados, mallas para refuerzo de vegetación, etc., con los que se cubren taludes geotécnicamente estables pero expuestos a la erosión debido a la acción del oleaje y la corriente.

De *abrigo*, tal el caso de las escolleras, cuya función es presentar una estructura apta para interponerse entre el frente de olas y la margen, a fin de absorber la acción del oleaje.

De *corrección* cuyo fin es reorientar el flujo de agua a fin de proteger una margen, tal el caso típico de los espigones.

En todas ellas los geosintéticos tienen hoy en día una aplicación determinante, fundamentalmente por tratarse de materiales de sencilla instalación aún en las condiciones más exigentes, fácil provisión y manipuleo, y con características y propiedades certificadas por el fabricante.

APLICACIONES MÁS COMUNES DE LOS GEOSINTÉTICOS EN PROTECCIÓN DE MÁRGENES FLUVIALES.

Brevemente pueden agruparse las principales funciones que cumplen los geosintéticos en una protección costera fluvial de la siguiente manera:

- Filtro / separador
- Drenaje
- Refuerzo de talud
- Confinamiento
- Refuerzo de vegetación
- Contención
- Estructura vinculante

Filtro

En esta función la utilización de un geosintético, normalmente un geotextil, persigue suplantar la técnica tradicional consistente en realizar una gradación de tamaños con materiales granulares de distintas granulometrías.

El geotextil que actúe como filtro deberá ser capaz de:

- Controlar la migración de partículas entre capas, evitando así el sifonamiento por erosión retrógrada;
- Disminuir las fuerzas de filtración a fin de que resulten compatibles con las presiones efectivas que ejercen los granos del suelo, impidiendo el sifonaje por levantamiento;

Vale destacar que los conceptos para la elección de un filtro geotextil en una defensa de margen difieren sustancialmente de los seguidos para un drenaje.

En efecto el flujo en este caso es de tipo cíclico o pulsante, muy diferente al laminar regido por la ley de Darcy. Por tal motivo la exigencia de abertura de filtración (O95) para asegurar la retención de la estructura del suelo (D85), resulta ser la mitad de la solicitada para el mismo suelo si se tratara de un drenaje.

Este tema se ve reflejado a la hora de decidir por un geotextil tejido o un no tejido agujado como filtro.

En efecto es conocida la importancia de disminuir el gradiente hidráulico de ingreso del agua dentro del cuerpo de un talud sometido a la acción del oleaje, debido fundamentalmente a que valores inadmisibles de aquel puedan traducirse en incrementos de presión neutra que terminen por desestabilizar la estructura interna del suelo.

En este caso la estructura intrincada de los no-tejidos sumada a los espesores considerables de los agujados contribuye decisivamente a disminuir el citado gradiente, mientras que un geotextil tejido, por su mínimo espesor y homogeneidad de poros, prácticamente no presenta obstáculo alguno al ingreso del flujo.

Existen variados antecedentes y normativas que describen diferentes metodologías tendientes a asegurar que el filtro elegido sea capaz de cumplimentar acabadamente con los requerimientos anteriores, entre las mismas se destacan:

El “Código Práctico – Uso de Filtros Geotextiles en Vías Navegables” del Instituto Federal Alemán de Estudio e Ingeniería de Vías Navegables (BAW)".

El “Manual de Diseño de Protección de Taludes Inclınados” del Centro Holandés de Investigaciones y Códigos para Ingeniería Civil (C.U.R.)

Los “Criterios de Selección y Diseño para Drenaje, Filtración y Aplicaciones de Control de Erosión” de la Federal Highway Administration de los E.E.U.U.

En todos ellos la evaluación de las características de geotextil se realiza bajo cuatro criterios básicos: retención, permeabilidad, colmatación y resistencia a los esfuerzos a que estará sometida la manta.

Otro tema importante a tener en cuenta al momento de elegir un filtro geotextil es el evaluar la posibilidad de colmatación del mismo en el tiempo. Esta evaluación deber incluir los tres procesos posibles de colmatación: el “clogging”, el “blocking” y el “blinding”.

Para evitar estos fenómenos la bibliografía internacional establece diferentes parámetros relacionados con la abertura de filtración del geotextil (O95) y el D15 del suelo, entendiéndose por D15 al tamaño de tamiz que deja pasar el 15% en peso del suelo.

Drenaje

Usualmente la función del geosintético en este caso es actuar como elemento que permite aliviar subpresiones detrás de estructuras de contención, y/o para establecer canales de flujo determinados.

Desde los geotextiles no tejidos agujados, con su típica característica de permitir el flujo en su plano, la técnica ha ido evolucionando a fin de desarrollar geosintéticos específicos capaces de presentar una estructura abundante en vacíos que se traduce en una elevada capacidad de conducción de fluidos en general y líquidos en particular.

Como ejemplo de esto último pueden citarse los geodrenes, constituidos por un núcleo tridimensional con elevada cantidad de vacíos y un geotextil no-tejido actuando como filtro.

La elección del material más adecuado partirá de evaluar las propiedades particulares del geosintético con los caudales a evacuar y el tiempo en que dicho proceso debe tener lugar.

Sobre este último punto resulta importante destacar la necesidad de asegurar que dicha capacidad drenante se mantenga superior a un valor establecido durante toda la vida útil prevista para el dren.

Para lo anterior la normativa internacional establece la evaluación de la permeabilidad planar bajo condiciones de carga similares a las que estará sometido en obra.

Más aún dicha evaluación se amplía con la valoración de la susceptibilidad del producto a sufrir deformación bajo compresión constante.

Refuerzo de talud

Recuperando una antigua técnica, la aplicación de geosintéticos específicos, usualmente geogrillas y geotextiles tejidos de elevada resistencia, ha contribuido significativamente a incrementar la resistencia al corte de los suelos.

Usualmente el alcance de esta aplicación incluye dos utilidades: el refuerzo de taludes sobre suelos de baja capacidad de carga y el suelo reforzado.

Ambos casos son de aplicación en obras de defensa de márgenes.

En el primer caso usualmente se utilizan geotextiles tejidos de elevadísima tenacidad y resistencia, de 150 a 1.000 kN/m, mientras que en el segundo las geogrillas son los geosintéticos más frecuentes.

La técnica actual se inclina por el uso de materiales constituidos por polímeros (poliéster, aramida, PVA, etc.) de muy baja susceptibilidad a fluencia (incremento de deformación bajo carga constante) y cuyo peso específico sea en lo posible superior a la del agua.

En algunos casos la aplicabilidad de este tipo de técnicas tendrá como limitante la posibilidad de su ejecución de la obra, especialmente si no fuera posible trabajar “en seco”.

Confinamiento

Esta función se refiere fundamentalmente a la aplicación de geoceldas.

La utilización de geoceldas como defensa de márgenes se ha extendido básicamente al caso en que la corriente resulta ser la acción hidráulica preponderante. Igualmente existen antecedentes de aplicación en condiciones de oleaje.

Cualquiera resulte el caso, la estabilidad hidráulica de la protección, o lo que es lo mismo, su capacidad para soportar los esfuerzos hidráulicos a que estará sometida, depende básicamente del material de relleno.

De allí que el hormigón sea corrientemente el relleno elegido en estos casos. Lo anterior no quita que si las condiciones hidráulicas lo permiten (normalmente en la zona superior del revestimiento donde la acción hidráulica es limitada), se hayan aplicado rellenos de suelo vegetal o mixtos (hormigón/suelo cemento + suelo vegetal)

Este tema ha sido abordado en diferentes documentos y trabajos específicos, entre los que se pueden citar:

El Reporte N°116 “Design of Reinforced Grass Waterways”, de la Asociación Británica para la Información e Investigación de la Industria de la Construcción (CIRIA)

“Comparación de Métodos de Bioingeniería para la Protección de Costas Erosionadas en el Valle Inferior del Río Negro” de la Univ. Nac. del Comahue y de la D.P.A. de la Prov. de Río Negro (Argentina)

El segundo estudio resulta particularmente interesante por abarcar una investigación pormenorizada de la respuesta hidráulica de diferentes revestimientos constituidos por hormigón y suelo vegetal.

Por otra parte la utilización de geoceldas permite obtener revestimientos de flexibilidad media.

Sobre este punto vale aclarar que la flexibilidad permite que el revestimiento se adapte a las deformaciones localizadas de la subbase y de los materiales que conforman el lecho.

La falta de la misma puede conducir a la formación de vacíos debajo del revestimiento, a un desplazamiento sin control de los materiales del lecho, y, finalmente, a una socavación severa del sistema de protección.

Por otro lado, un valor excesivo de aquella puede reducir la resistencia del sistema a las fuerzas potenciales de empuje del lecho.

Por lo tanto, en cada caso la flexibilidad óptima del sistema de protección debe partir de los parámetros del subsuelo y de las condiciones hidráulicas específicas del proyecto.

Refuerzo de vegetación

Dentro de esta categoría se encuentran las geomantas, cuya función es la de ayudar al enraizamiento de la vegetación.

Su utilización se limita a zonas de la margen que quedan bajo agua por períodos de tiempo limitados y bajo exigencias hidráulicas (corriente y/u oleaje) reducidas.

Este tipo de solución también es abarcado por el Reporte N°116 del CIRIA y el estudio de la Univ. Nac. del Comahue/D.P.A Río Negro (Argentina)

Contención

Consisten en elementos de dimensiones variadas, constituidos por geotextiles tejidos o no tejidos, destinados a contener un relleno de un material particular (arena, mortero u hormigón)

Dentro de esta función se encuentran incluidos un gran número de sistemas, a saber:

Las geobolsas (geobags)

Los colchones de arena (sand-filled mattresses)

Los colchones de mortero u hormigón (mortar/concrete-filled mattresses)

Los geotubos (geotubes)

Las geobolsas o geobags son, como su nombre lo indica, bolsas destinadas a ser rellenas normalmente con arena (sand-bags) o eventualmente con mortero (mortar-bags) Sus dimensiones varían según el caso, llegando hasta 5 m³.

Las sand-bags se fabrican a partir de geotextiles tejidos de polipropileno de resistencia a la tracción superior a los 20kN/m, el cual deberá contar, en caso de que se prevea una exposición prolongada a la intemperie, con una estabilización adicional a la radiación UV y a la termo-oxidación.

Normalmente se las utilizan para estructuras temporarias por su limitada estabilidad hidráulica (velocidades \leq 1,5 á 2 m/s), por su exposición al vandalismo y por la terminación precaria que presentan las estructuras con ellas ejecutadas.

Su aplicación se extiende a la construcción de revestimientos, endicamientos, rompeolas y espigones, trabajos de reparación, protecciones de taludes tendidos y reconstrucción de pie de talud.

El geotextil actúa como filtro permitiendo el drenaje del agua libre del mismo, pero impidiendo la pérdida de sus finos.

En lo que respecta a las mortar/concrete-bags (reellenas con concreto u hormigón), su aplicación fundamental es la reparación o ejecución de estructuras de hormigón bajo agua.

Los colchones de arena consisten en dos geotextiles vinculados entre sí que se rellenan con arena.

Al igual que el caso de las sand-bags, su estabilidad hidráulica es limitada, no debiéndose las utilizar cuando el oleaje supere el metro de altura o cuando la velocidad resulte mayor a 1,5 m/s.

Los colchones de mortero u hormigón, son similares a los anteriores salvo por el tipo de relleno.

Durante el llenado con concreto u hormigón, el agua de amasado es expulsada a través del geotextil reduciendo así significativamente la relación agua/cemento. De este modo se obtienen elementos de mayor resistencia.

Una vez endurecido el hormigón, los tubos o losas formados quedan vinculados entre sí por el geotextil continente, conformando elementos de flexibilidad dependiente del diseño de este último.

Están proyectados para descansar sobre un talud previamente preparado a fin de materializar protecciones continuas de hormigón de elevada estabilidad.

Los geotubos son como su nombre lo indica, tubos de geotextil aptos para ser rellenos con arena o material de refulado. Sus longitudes son variadas, limitándose normalmente por condiciones constructivas a 100 m. A diferencia de las geobolsas, las cuales usualmente se rellenan antes de su instalación en obra, los geotubos se completan ya posicionados en su lugar definitivo.

Este tipo de contenedores se fabrican tanto con geotextiles tejidos como no tejidos, la elección del tipo y resistencia del material dependerá de las características del material a refular y de las presiones previstas durante el proceso de llenado.

Su aplicación se extiende a la ejecución de endicamientos, reconstitución de taludes, ejecución de espigones y rompeolas.

Estructura vinculante

Otra aplicación de geosintéticos en obras de defensa de márgenes consiste en la vinculación entre sí de elementos premoldeados de hormigón, a fin de constituir mantas de revestimientos.

Este tipo de aplicación se utiliza cuando se requieren protecciones de elevada flexibilidad, sin presencia de elementos metálicos.

Para tal fin se utilizan geotextiles tejidos de alta resistencia, superior a 35 kN/m, cuya vinculación a los elementos premoldeados se materializa por medio de anclas (pins) sintéticas o bucles tejidos en la manta (loops)

En caso de que se prevea una exposición prolongada del geotextil al intemperismo, el mismo deberá contar con una protección adicional contra la radiación UV y la termo-oxidación.

Un uso habitual de este tipo de solución resulta ser las protecciones de pie de taludes, aptas para acompañar el posible incremento de la erosión hasta alcanzar el talud de equilibrio geotécnico del terreno a proteger, usualmente 1:2 á 1:3 (vertical:horizontal).

Para la elección del geotextil debe tenerse en cuenta que las mayores solicitaciones a que estará sometido durante su vida útil se producen, salvo casos excepcionales, durante el período de instalación de la protección.

En efecto durante la vida útil de la obra, los esfuerzos de tracción a que estará sujeto el geotextil dependerán del ángulo de equilibrio máximo del talud luego producirse la erosión de pie, los cuales a su vez estarán limitados por el rozamiento existente entre geotextil tejido/suelo o geotextil tejido/filtro geotextil no tejido.

En cambio durante la instalación, la manta puede pender directamente de uno o de ambos bordes según sea el método adoptado.

De allí que usualmente se especifique como resistencia necesaria a la tracción del geotextil, a la requerida para levantar una manta premoldeada completa de uno solo de sus bordes. Adicionalmente a este valor se lo afecta por un coeficiente de seguridad igual a 2.

Por otra parte deberá tenerse en cuenta lo expresado respecto a las limitaciones de los geotextiles tejidos al ser utilizados como filtros bajo condiciones hidráulicas de flujo pulsante o cíclico.

Por tal motivo, salvo que el talud estuviera constituido por suelos altamente cohesivos y que se pudiese asegurar que dicha cohesión se mantendrá en el tiempo, lo usual es interponer un geotextil no tejido agujado como filtro entre la protección y el suelo.

En este caso se utilizan geotextiles agujados con una permeabilidad planar igual o superior a 0,6 cm/s, una permeabilidad normal igual o superior a 0,4 cm/s y una abertura de filtración igual o superior a 70 micrones.

ELECCIÓN DEL GEOSINTÉTICO

Para la elección del geosintético más conveniente a ser aplicado en una obra de defensa de margen en particular, se debe emplear la metodología de “diseño por función”.

La misma consiste fundamentalmente en detectar la función primaria que el geosintético cumplimentará dentro de la obra en estudio, a fin de poder relacionarla numéricamente con las propiedades necesarias para satisfacerla.

Por tal motivo este tipo de método requiere una evaluación por ensayos normalizados de las propiedades del geosintético y/o la certificación de las mismas por parte del fabricante.

Por el contrario, si en lugar de un diseño racional como el propuesto se optase por una simple extrapolación de requerimientos de obras anteriores o una especificación de sólo características físicas, se correría el serio riesgo de terminar sobre o subdimensionando el geosintético, lo cual seguramente se traducirá en una posible falla de la obra o en un incremento injustificado de los costos.

CASOS DE OBRAS

A continuación y a modo de ejemplo de lo anteriormente expresado, detallaremos tres obras de protección de márgenes, donde los geosintéticos tuvieron una aplicación determinante.

Todas ellas tuvieron su origen en proyectos realizados en Argentina. Las dos primeras fueron ejecutadas en el país mientras que la última se realizó en la República de Sudán, África.

Estabilización de Márgenes y Defensa contra las Inundaciones – Costanera de la Ciudad de Viedma

La ciudad de Viedma es la capital de la provincia de Río Negro, ubicada en la Patagonia Argentina a aproximadamente 960 km al sur de Buenos Aires.

La misma está emplazada prácticamente sobre la desembocadura del Río Negro en el océano Atlántico, por lo que su régimen hidráulico depende de las mareas.

El gobierno provincial decidió encarar la reconstrucción de la zona costanera a fin de transformarla en un pasaje costero.

Se previó realizar la totalidad de la obra en tres etapas, dos de las cuales ya han sido concluidas actualmente.

El proyecto fue realizado por el Departamento Provincial de Aguas de la Pcia. de Río Negro (Argentina) (D.P.A.) con el asesoramiento de la Oficina Técnica de Coripa S.A.

La repartición se basó en varios estudios y relevamientos, entre los cuales se destaca el citado “Comparación de Métodos de Bioingeniería para la Protección de Costas Erosionadas en el Valle Inferior del Río Negro”, llevado a cabo por la Univ. Nac. del Comahue en conjunto con la misma D.P.A.

En el mismo se incluyen la respuesta de las distintas protecciones mixtas de hormigón con vegetación autóctona. Su fin fue detectar el revestimiento que mejor contribuyese a retener la

vegetación, pensando sobre todo en la zona superior del talud revestido que quedaría bajo el agua únicamente durante la pleamar.

El resultado dió como más conveniente a la utilización de geoceldas con un relleno mixto, parte en hormigón y parte en suelo vegetal.

Como segunda opción se presentaba la utilización de mantas de bloques vinculados por un geotextil tejido de alta resistencia, distribuidos de forma tal de permitir el sembrado de vegetación entre bloques.

Se optó por esta última alternativa fundamentalmente por su sencillez constructiva.

En cuanto a la reconstitución del talud, también se barajaron diferentes posibilidades, desde suelo reforzado hasta geotubos.

Finalmente el proyecto definitivo contempló la reconstitución inicial del talud por medio de geotubos confeccionados a partir de un geotextil no tejido agujado Bidim OP-40. Estos tubos actuarían como retención del material del relleno hidráulico que se realizaría por detrás.

El proceso de reconstrucción del talud consistiría en: instalación y llenado del primer geotubo por medio de draga; posterior refulado por detrás del anterior; colocación y llenado del segundo geotubo, y así sucesivamente hasta llegar a la cota prevista.



Fig. 1 Geotubos de geotextil no tejido

Cada geotubo permitió salvar una altura de 70 cm una vez lleno. La pendiente del talud terminado fue de 1:4 (vertical/horizontal).

Una vez concluida la reconstitución del terraplén se colocó un manto granular, el cual además de actuar como filtro permitió lograr un perfilado óptimo del talud.

Finalmente sobre éste se colocaron mantas premoldeadas del revestimiento Betonflex® bf10, constituido por bloques premoldeados de hormigón de 10 cm de altura vinculados entre sí por medio de un geotextil tejido de polipropileno HaTe® 55/55 LT de 55 kN/m de resistencia a la tracción en ambos sentidos.

El geotextil HaTe, producido por Huesker Synthetic GmbH de Alemania, cuenta con una elevada estabilidad a la radiación UV y a la termo-oxidación.

La fijación de los bloques al geotextil se realizó por medio de anclas (pins) sintéticas SekurKlas SK68, a razón de cuatro anclas por bloque. Vale destacar que cada ancla resiste una tracción de arrancamiento de como mínimo 2kN.

El diseño de mantas contemplaba una mayor densificación de bloques en la zona inferior, por ser ésta la más sometida a oleaje, y una menor en la parte superior a fin de permitir su parquización.

El revestimiento cubre la totalidad del desarrollo del talud. El mismo incluye una vereda superior y se extiende 1,00 m desde el pie del talud hacia el lecho del río.

Las mantas de revestimiento fueron fabricadas en obrador, para posteriormente proceder a su traslado e instalación en obra.

En la zona inferior de mayor densificación de bloques, se respetó un área abierta del 15% del total como mínimo a fin de permitir la evacuación de subpresiones y el desarrollo de una óptima longitud de derrame.

En la zona superior el área abierta alcanzó al 40% del total, de esta manera se permitió el rellenado de las zonas entre bloques con suelo vegetal.



Fig. 2 Manto drenante y perfilado del talud

Para evitar el deslizamiento de la protección sobre el talud, se hincaron estacas de acero intermedias con tratamiento anticorrosivo y se ancló la manta en la zona superior en una zanja posteriormente rellena con suelo/cemento.

El óptimo resultado de la primer etapa, concluida a fines de 1999, donde se instalaron aproximadamente 15.000 m² de revestimiento, llevó a repetir la misma solución en la segunda etapa terminada en el 2001, donde se emplazaron aprox. 5.300 m² de protección.

Actualmente se está realizando la ejecución de una tercer etapa con el mismo sistema, consistente en la protección de 3.650 m² de costa.



Fig. 3 Colocación de mantas de revestimiento



Fig. 4 Vista de la obra terminada

Tablestacado de hormigón en Nordelta – Argentina

Nordelta es una ciudad satélite, actualmente en construcción, situada a 30 km al norte de la ciudad de Buenos Aires, bordeando el Delta del río Paraná.

La urbanización se desarrolla sobre una superficie de más de 1.600 hectáreas de las cuales 600 se han reservado a zonas verdes y/o lagos y canales. La integración planificada entre las superficies verdes y los espejos de agua requiere diversos tipos de obras de defensa de márgenes.

Una de las defensas de aplicación más extendida en toda el área del río de la Plata y del Paraná son los tablestacados de hormigón armado, empleándose en Nordelta en el área de los canales navegables.

Como toda obra de contención, los tablestacados exigen un cuidado especial para la eliminación de subpresiones hidrostáticas.

En esta obra y a fin de asegurar una rápida y adecuada eliminación del agua contenida en el intradós del tablestacado, se previó la utilización de placas drenantes sintéticas.

El proyecto, cálculo y ejecución de la obra del tablestacado fueron realizados por Coripa S.A.

La solución consistió en la materialización de un pleno drenante continuo de 2 m de profundidad, que se extendía desde la base de la viga de coronamiento hasta el nivel de barbacanas.

El pleno estaba constituido por placas drenantes colocadas una al lado de la otra y fijadas a la cara interior del tablestacado. Por sobre las mismas se tendió un geotextil no tejido agujado Bidim OP-20 a fin de que actuara como filtro evitando la colmatación de los vacíos.



Fig. 5 Ejecución del pleno drenante

En total se realizaron aproximadamente 3100 m² de pleno drenante en 1.500 m lineales de tablestacado de hormigón de 6 á 9 m de altura total.



Fig. 6 Vista obra terminada

Lastrado y Protección Submarina de un Oleoducto en Sudán – África

El consorcio de empresas Techint Internacional S.A. de Argentina y SAIPEM de Italia, tuvieron a su cargo la construcción de la terminal marítima Muglad Basin ubicada sobre el mar Rojo en la localidad de Marsha Bashair, República de Sudán.

El proyecto incluía la construcción de una cañería submarina cuyo lastrado y protección debería realizarse por medio de mantas de aprox. 4,8 toneladas, constituidas por bloques de hormigón vinculados entre sí por cables metálicos.

El elevado costo que representaría su importación, llevó al consorcio a buscar alternativas a la protección original.

La variante finalmente adoptada, propuesta y desarrollada por la Oficina Técnica de Coripa S.A., consistió en mantas Betonflex bf30, constituido por bloques premoldeados de hormigón de 30 cm de altura y base cuadrada de 32 cm de lado, vinculados entre sí por medio de un geotextil tejido HaTe producido por Huesker Synthetic GmbH de Alemania.

Esta alternativa no sólo permitía la ejecución de la manta en obrador cercano, sino que presentaba una flexibilidad muy superior a la opción original, lo cual redundaba en una mayor adecuación al perímetro del tubo a proteger.

El diseño de la manta fue realizado a fin de alcanzar el mismo peso seco por unidad de superficie, aprox. 320 kg/m², que el previsto en el proyecto original.



Fig. 7 Prueba de flexibilidad de la manta

Cada manta estaba constituida por 100 bloques distribuidos en 5 columnas de 20 filas cada una, con un peso igual a 4.720 kg.

Las dimensiones del geotextil fueron de 2,50 m (ancho) por 7,00 m (largo), contemplándose un sobrecancho, destinado a solape entre mantas, de 57 cm en los bordes superior e inferior y de 35 en los laterales.

La resistencia a la tracción del geotextil tejido de polipropileno HaTe 55/55 LT de vinculación entre bloques fue definida a partir de la evaluación de los esfuerzos que el mismo debería ser capaz de resistir durante el izado de una manta de ambos bordes.

Tal como se aclarase en el punto correspondiente, esta es la condición extrema de sollicitación.



Fig. 8 Instalación de la manta

Se evaluó un esfuerzo mínimo de tracción a soportar por el geotextil de:

$$T = \frac{4.720\text{kg}}{2 \times 2,50\text{m}} = 944\text{kg/m} \cong 10\text{kN/m}$$

Previéndose que dicho valor se incrementaría durante el proceso de instalación por acciones dinámicas de muy difícil evaluación, se optó por un HaTe 55/55 LT, el cual cuenta con una resistencia a la tracción en ambos sentidos de 55 kN/m y una elevada protección frente a la radiación U.V. y a la termo-oxidación.

En total se instalaron 5.500 m² de betonflex bf30.

CONCLUSIONES

A partir de lo expresado en el presente trabajo se desprenden las siguientes conclusiones, que consideramos de utilidad a la hora de evaluar la utilización de un geosintético en una defensa de costa:

Resulta fundamental la evaluación de la función primaria a cumplimentar por el geosintético a fin de poder realizar su diseño.

El proyecto de una obra de protección de márgenes no sólo se reduce a la evaluación de su estabilidad hidráulica, sino que requiere de la evaluación geotécnica de un especialista en el área.

Las protecciones de márgenes presentan un amplio campo de aplicación, aún hoy parcialmente explotado, para la utilización de geosintéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAW (1993) “*Code of Practice – Use of Geotextile Filters on Waterways (MAG)*”, Federal Waterways Engineering and Research Institute.

CIRIA (1987) Report 116, “*Design of Reinforced Grass Waterways*”, Construction Industry Research and Information Association, London, U.K.

CUR (1995) “*Design Manual for Pitched Slope Protection*”, Centre for Civil Engineering Research and Codes, Road and Hydraulic Engineering Division, Ministry of Transport Public Works and Water Management.

FHWA (1992) “*Geotextile Design & Construction Guidelines*”, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.

Pilarczyk (2000) “*Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering*”

Pilarczyk (1990) “*Coastal Protection*”, Proceedings of the Course on Coastal protection. Delft University of Technology.

Pilarczyk (1990) “*Stability Criteria for Revetments*”. Proceedings of the of the 1990 National Conference, ASCE, San Diego, USA.

PIANC (1992) “*Report of Working Group 21 - Guidelines for the Design and Construction of Flexible Revetments Incorporating Geotextiles for Inland Waterways*”, Permanent International Association of Navigation Congresses.

PIANC (1987) “*Report of Working Group 4 - Guidelines for the Design and Construction of Flexible Revetments Incorporating Geotextiles for Inland Waterways*”, Permanent International Association of Navigation Congresses.

Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos (1991), “*Análisis del Uso de los Geotextiles en la Ingeniería Civil*”.

Univ. Nac. del Comahue/D.P.A. Río Negro (1999) “*Comparación de Métodos de Bioingeniería para la Protección de Costas Erosionadas en el Valle Inferior del Río Negro*”