

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRIQUEZ UREÑA
UNPHU

Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de Ingeniería Civil

Análisis Comparativo de Canales Tradicionales VS Canales Revestidos Con Geomembrana de Polietileno en Secciones Trapezoidales.



Trabajo de Grado para la Obtención del Grado de Ingeniero Civil
Presentado por:

Rinel Abreu Morrobel
Ángel Alfonso Lara Vargas

Asesor:
Ing. Cesar E. Mercedes F.

Santo Domingo, D.N
2015

Introducción

En el presente tema de investigación vamos a realizar un análisis comparativo específicamente del revestimiento de hormigón y el revestimiento de geomembrana de polietileno de alta densidad, mencionando los diferentes tipos de revestimientos que existen para canales, su procedimiento de instalación y de esta forma seleccionar el más favorable tanto económico como duradero.

Con el paso del tiempo los canales tradicionales al igual que todo tipo de construcción se comienzan a deteriorar, y en este caso los canales tradicionales se encuentran sujetos a los que son los agrietamientos, los cuales generan filtraciones que provocan pérdidas de agua del vital líquido, también en estas grietas pueden llegar a crecer plantas las cuales dañan rotundamente la estructura del canal, de esta manera disminuye el rendimiento por el cual el canal fue diseñado, por lo tanto hay que buscar soluciones las cuales eliminen o disminuya esta problemática que nos arropa actualmente.

Tabla de contenido

Introducción

Capítulo I: Planteamiento del problema	
1.1. Justificación.....	8
1.2. Objetivos.	8
1.2.1 Generales.....	8
1.2.2 Específicos	9
1.2.3 Delimitación.....	9
1.3. Método de investigación.	9
Capítulo II: Marco conceptual	10
2.1. Marco teórico	11
2.1.1 Clases de Canales	12
2.1.2 Partes de un canal de riego	16
2.2. Tipo de investigación.	17
2.3. Técnica de investigación.	17
2.4. Tipo de muestreo.....	18
2.5. Tipo de ensayo.	19
2.6. Antecedentes.	19
Capítulo III: Consideraciones generales para construcción de canales	24
3.1 Canales	24
3.2 Características del canal	24
3.2.1 Características geométricas	24
3.2.2 Características hidráulicas.....	25
3.3 Secciones típicas en canales de riego.....	26
3.3.1 Formas de la sección transversal.....	26
3.4 Revestimiento de canales	28
3.4.1 canalización.....	28
3.5 Revestimiento.....	29
3.5.1 Revestimiento con mampostería	30
3.5.2 Revestimiento con concreto	30
3.5.3 Revestimiento con mortero	30
3.5.4 Revestimiento con concreto asfáltico.....	31

3.5.5	Revestimiento con mantos permanentes	31
3.5.6	Revestimiento con Gaviones	32
3.5.7	Revestimiento con geomembranas	33
	Capítulo IV: Propiedades de las geomembranas	35
4.1	Fundamentos teóricos.....	35
4.2	Geomembranas.....	35
4.2.1	Definición.....	35
4.2.2	Clasificación de las geomembranas	36
4.2.3	Selección de la geomembrana	38
4.2.4	Importancia de recubrir con geomembrana.....	39
4.3	Campos de aplicación de Geomembranas.....	40
4.3.1	Aplicación de las geomembranas en canales	41
4.4	Canales revestidos con geomembranas de polietileno	42
	Capítulo V: Impermeabilización de canales.....	45
5.1	Sistemas de Impermeabilización.....	45
5.2	Preparación del soporte	45
5.2.1	Calidad del terreno	45
5.2.2	Drenaje	48
5.3	Concepto del sistema de impermeabilización	49
5.4	Instalación del sistema de impermeabilización	50
5.4.1	Instalación del geotextil	50
5.4.2	Instalación de las geomembranas	51
5.5	Preparación de la superficie	51
5.6	Procedimiento de instalación	52
5.6.1	Cargue, transporte y descargue de materiales	52
5.6.2	Extensión de los rollos	52
5.6.3	Colocación de la geomembrana	54
5.7	Sellado en campo	54
5.7.1	Sellado por Fusión.....	55
5.7.2	Sellado por Extrusión.....	55
5.8	Reparaciones	56
	Capítulo VI: Comparación económica entre revestimiento de hormigón y geomembrana	57

6.1 Proyecto a presupuestar.....	57
6.1.1 Ubicación geográfica del canal	57
6.2 Sección canal Marcos A. Cabral	59
6.3 Condición actual del canal Marcos A. Cabral.....	59
6.4 Resumen presupuesto rehabilitación de un tramo de 100m de longitud del canal Marcos A. Cabral con revestimiento de hormigón.	64
6.4.1 Partidas presupuesto.....	65
6.5 Resumen presupuesto rehabilitación de tramo del canal Marcos A. Cabral con revestimiento de geomembrana de polietileno HDPE.	68
6.5.1 Partidas presupuesto.....	69
Capítulo VII: Conclusión.....	71
7.2 Resumen comparativo entre el revestimiento con hormigón y con geomembrana.....	73
Anexos	74
Anexo No. 1	74
Anexo No. 2	75
Anexo No. 3	76
Anexo No.4	77
Anexo No. 6	79
Anexo No. 6	81
Anexo No. 7	82
Bibliografía	83

Índice de ilustraciones

ILUSTRACIÓN 1. CANAL PRINCIPAL DE RIEGO EN OPERACIÓN. LUGAR: NORTE DEL PERÚ (ALFREDOBI, 1999).....	11
ILUSTRACIÓN 2. SECCIÓN TRANSVERSAL IRREGULAR.	12
ILUSTRACIÓN 3. SECCIÓN TRANSVERSAL IRREGULAR.	13
ILUSTRACIÓN 4. SECCIÓN TRANSVERSAL IRREGULAR RÍO “MATAMBA”, CUICATLAN, ECUADOR.	13
ILUSTRACIÓN 5. TIPOS SECCIONES TRANSVERSALES ARTIFICIALES.....	15
ILUSTRACIÓN 6. CANAL PRISMÁTICO.....	15
ILUSTRACIÓN 7. CANAL ARTIFICIAL DE SECCIONES TRANSVERSALES TRAPEZIAL. (RUIZ, 2008)	16
ILUSTRACIÓN 8. CANAL PROPUESTO POR PLINIO EL JOVEN EN EL GOLFO DE NICOMEDIA. (HAMMER, 1818)	19
ILUSTRACIÓN 9. MAPA DEL CANAL CORBULO, COPIA DEL DE LA ANTIGUA ROMA.	21
ILUSTRACIÓN 10. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE CANALES.....	25
ILUSTRACIÓN 11. CANAL PEDRO CORTO ZONA DE RIEGO DE LA PRESA DE SABANETA. (INGENIEROS EVALUADORES Y CONSULTORES, 2011).....	26
ILUSTRACIÓN 12. CANAL DE RIEGO EN AZUA. (RAMÍREZ., 2008)	27

ILUSTRACIÓN 13. CANAL DE LAS DEHESAS. (MECANAL, 2009)	27
ILUSTRACIÓN 14. MANTO PERMANENTE.	32
ILUSTRACIÓN 15. PROTECCIÓN CON GAVIONES. (ARCHIEXPO).....	32
ILUSTRACIÓN 16. CANAL REVESTIDO CON HPDE. (MACCAFERRI, 2014).....	34
ILUSTRACIÓN 17. SUELO ARCILLOSO. (CRIAR PECES)	40
ILUSTRACIÓN 18. CANAL RECUBIERTO CON GEOMEMBRANA. (CRIAR PECES)	41
ILUSTRACIÓN 19. TERMINACIÓN DE REVESTIMIENTO DEL CANAL DAULE EN ECUADOR.	42
ILUSTRACIÓN 20. PROCESO DE REVESTIMIENTO DEL CANAL DE DAULE – RÍO NUEVO EN LA PROVINCIA DE GUAYAS, ECUADOR. ...	42
ILUSTRACIÓN 21. MEJORAMIENTO DEL CANAL MONTARGIL, PORTUGAL.	43
ILUSTRACIÓN 22. COLOCACIÓN DE LA GEOMEMBRANA EN EL CANAL DE MONTARGIL.	44
ILUSTRACIÓN 23. CANAL DE MONTARGIL.	44
ILUSTRACIÓN 24. TERMINACIÓN PASEO DE CANAL DE MONTARGIL.	44
ILUSTRACIÓN 25. INCREMENTO DE AGUA EN LA CAPA FREÁTICA.	46
ILUSTRACIÓN 26. LA PRESIÓN DEBIDO AL GAS, Y UNA CAPA PERMEABLE CON UNA SUBIDA DEL NIVEL DEL AGUA EN LA CAPA. (RENOLIT IBÉRICA S.A., 2013)	46
ILUSTRACIÓN 27. LA DISOLUCIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO DEBAJO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN PUEDE LLEVAR A LA SUB- PRESIÓN POR DEBAJO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN.	47
ILUSTRACIÓN 28. FUGA EN UNA Balsa DE UN LÍQUIDO CARGADO CON MATERIAL ORGÁNICO.	47
ILUSTRACIÓN 29. UN NIVEL FREÁTICO MÁS ALTO QUE EL NIVEL DEL AGUA EN LA Balsa PROVOCA SUB-PRESIÓN.....	47
ILUSTRACIÓN 30. VACIADO RÁPIDO DE LA Balsa EN EQUILIBRIO CON EL EXTERIOR EN EL PERÍODO DE SERVICIO.....	48
ILUSTRACIÓN 31. HUNDIMIENTO LOCALIZADO COMO CONSECUENCIA DE UNA FUGA.	48
ILUSTRACIÓN 32. COLOCACIÓN DEL GEOTEXTIL. (RENOLIT IBÉRICA S.A., 2013)	50
ILUSTRACIÓN 33. RELLENO SANITARIO YOTOCO, VALLE DEL CAUCA, 2006 (HDPE 60 MILS).....	53
ILUSTRACIÓN 34. SISTEMA DE INSTALACIÓN EN CURVAS.	53
ILUSTRACIÓN 35. SELLADO POR FUSIÓN. (AMANCO GEOSINTETICOS, 2010).....	55
ILUSTRACIÓN 36. SELLADO POR EXTRUSIÓN. (AMANCO GEOSINTETICOS, 2010).....	55
ILUSTRACIÓN 37. MAPA REPUBLICA DOMINICANA.	57
ILUSTRACIÓN 38. MAPA PROVINCIA PERAVIA.....	58
ILUSTRACIÓN 39. UBICACIÓN CANAL MARCOS A. CABRAL.	58
ILUSTRACIÓN 40. SECCIÓN TRANSVERSAL CANAL MARCOS A. CABRAL	59
ILUSTRACIÓN 41. CANAL MARCOS A. CABRAL.	60
ILUSTRACIÓN 42. CANAL MARCOS A. CABRAL CON ESCASEZ DE AGUA.	61
ILUSTRACIÓN 43. BASURAS Y ARBUSTOS EN EL CANAL.	62
ILUSTRACIÓN 44. CANAL MARCOS A. CABRAL	63

Índice de tablas

TABLA 1. TIPOS DE GEOMEMBRANAS MÁS UTILIZADOS Y SU FORMULACIÓN APROXIMADA. (FROEBEL, 1997)	36
TABLA 2. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE PROPIEDADES HIDRÁULICAS DEL GEOTEXTIL.	74
TABLA 3. FICHA TÉCNICA GEOMEMBRANA HDPE ML-40 MILS.	75
TABLA 4. FICHA TÉCNICA GEOMEMBRANA HDPE ML-60 MILS	76
TABLA 5. COEFICIENTE N PARA LA FÓRMULA DE MANNING PARA CANALES REVESTIDO CON HORMIGÓN.....	77

Planteamiento del problema

En ingeniería se denomina canal a una construcción destinada al transporte de fluidos generalmente utilizada para agua y que, a diferencia de las tuberías, es abierta a la atmósfera. También se utilizan como vías artificiales de navegación. La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte fundamental de la hidráulica y su diseño pertenece al campo de la ingeniería hidráulica, una de las especialidades de la ingeniería civil.

Cuando un fluido es transportado por una tubería parcialmente llena, se dice que cuenta con una cara a la atmósfera, por lo tanto se comporta como un canal.

Alrededor del 76% de la superficie de la República Dominicana (8.900 km²) está dedicado a la agricultura, del cual un 17% es para agricultura irrigada. De acuerdo con la FAO, 270.000 ha están equipadas para el riego. El INDRHI estima que la superficie apropiada para riego es de hasta 710.000 ha, teniendo en cuenta la adecuación del suelo y los recursos hídricos disponibles. La mayor parte de la superficie irrigada se encuentra en los valles entre las cordilleras, con unas precipitaciones medias a bajas y unas pocas restricciones en su suelo como pendientes, profundidad del suelo y, en algunos casos, problemas de salinidad asociados con el riego o la presencia de agua salina subterránea.(Aquistats, 2000)

El riego en la República Dominicana (RD) ha sido una parte integral del desarrollo agrícola y económico de la RD en el siglo XX. La inversión pública en riego ha sido el principal impulsor para el desarrollo de la infraestructura de riego del país. La transferencia del manejo del riego a asociaciones civiles de usuarios (ACU), iniciada oficialmente a mediados de los años 80, es un proceso aún en curso que está dando resultados positivos con sistemas de riego en 127.749 ha (46% de la superficie total de regadío nacional) y está manejado por 41.329 usuarios (57% del total de usuarios). No obstante, el proceso de transferencia y el rendimiento de las ACU están lejos de ser ideales. Mientras que las ACU muestran un aumento significativo en la recuperación de costos, especialmente en comparación con los bajos índices en las zonas con manejo estatal, es necesario un alto subsidio por parte del gobierno para ayudar a cubrir los costos de operación y mantenimiento de sus sistemas por los altos costo en lo referente a la construcción de canales.

Las necesidades del sector riego se relacionan con la mejora de la eficiencia, la productividad y los aspectos organizativos. De acuerdo con la FAO, se deben buscar soluciones en el uso de mejores tecnologías, el funcionamiento eficiente de los sistemas de riego y los medios adecuados de ayuda financiera. La falta de mantenimiento de la infraestructura existente y el uso irracional del agua son las causas de la baja eficiencia (global) del riego.

1.1. Justificación.

Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo o huerta donde será aplicado a los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar daños al ambiente y para que se gaste la menor cantidad de agua posible. Están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen aproximadamente las curvas de nivel de este, descendiendo suavemente hacia curvas más bajas. La construcción del conjunto de los canales de riego es una de las partes más significativas en el costo de la inversión inicial del sistema de riego, por lo tanto su adecuado mantenimiento es una necesidad imperiosa.

En república dominicana hay lugares en los que se hace inasequibles llevar los materiales o desechos una vez realizada una construcción, los canales tradicionales no dan el mejor rendimiento y hacen más difícil el manejo de las maquinarias, tienen un alto costo de construcción, con la degradación de los materiales por el tiempo afectan al agua, entre otras causas mencionadas anteriormente.

Para lograr el mayor aprovechamiento de los recursos hidráulicos se recomienda dar una pendiente descendente, para que el agua fluya más rápidamente y para que no existan pérdidas de líquidos por infiltración en los suelos porosos se recomienda revestir estos canales con geomembranas para evitar que la filtración ocasione pérdida del vital líquido.

Tienen excelente funcionamiento cuando se utiliza como revestimiento impermeabilizante, podría tener muchas aplicaciones en la impermeabilización, y su principal uso en lagos artificiales, la decantación, por lo tanto, preservan el medio ambiente evitando la contaminación de suelos, aguas subterráneas y afluentes cercanas. Por esta razón proponemos realizarlo con geomembrana de polietileno porque es más rápida la instalación, más económica y fácil. Además de esto también daremos el paso a una implementación de un material nuevo, rompiendo así con lo tradicional. De este modo siempre será más cómodo el manejo de los materiales y se realizara todo de manera más ágil y eficiente.

1.2. Objetivos.

1.2.1 Generales

Realizar un análisis comparativo de canales tradicionales vs canales revestidos de geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales.

Preguntas a responder:

¿Cómo son los canales tradicionales utilizados en la republica dominicana?

¿Cuál es la factibilidad del uso de los canales revestidos de geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales?

¿Qué beneficios tienen los canales revestidos de geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales?

1.2.2 Específicos

- 1) Realizar una investigación de los canales tradicionales utilizados en República Dominicana.
- 2) Analizar la factibilidad del uso de canales revestidos de geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales.
- 3) Determinar los beneficios que tienen los canales revestidos de geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales.

1.2.3 Delimitación

El campo de investigación en que se base el presente trabajo de grado es en la comparación de los diferentes sistemas de revestimiento de canales, especialmente el revestimiento de hormigón, con el revestimiento de geomembrana de polietileno de alta densidad para canales de riego, comparando los siguientes puntos: costos de aplicación, funcionabilidad de los sistemas, tecnología, resistencia de los materiales, impacto ambiental y su metodología de aplicación.

1.3. Método de investigación.

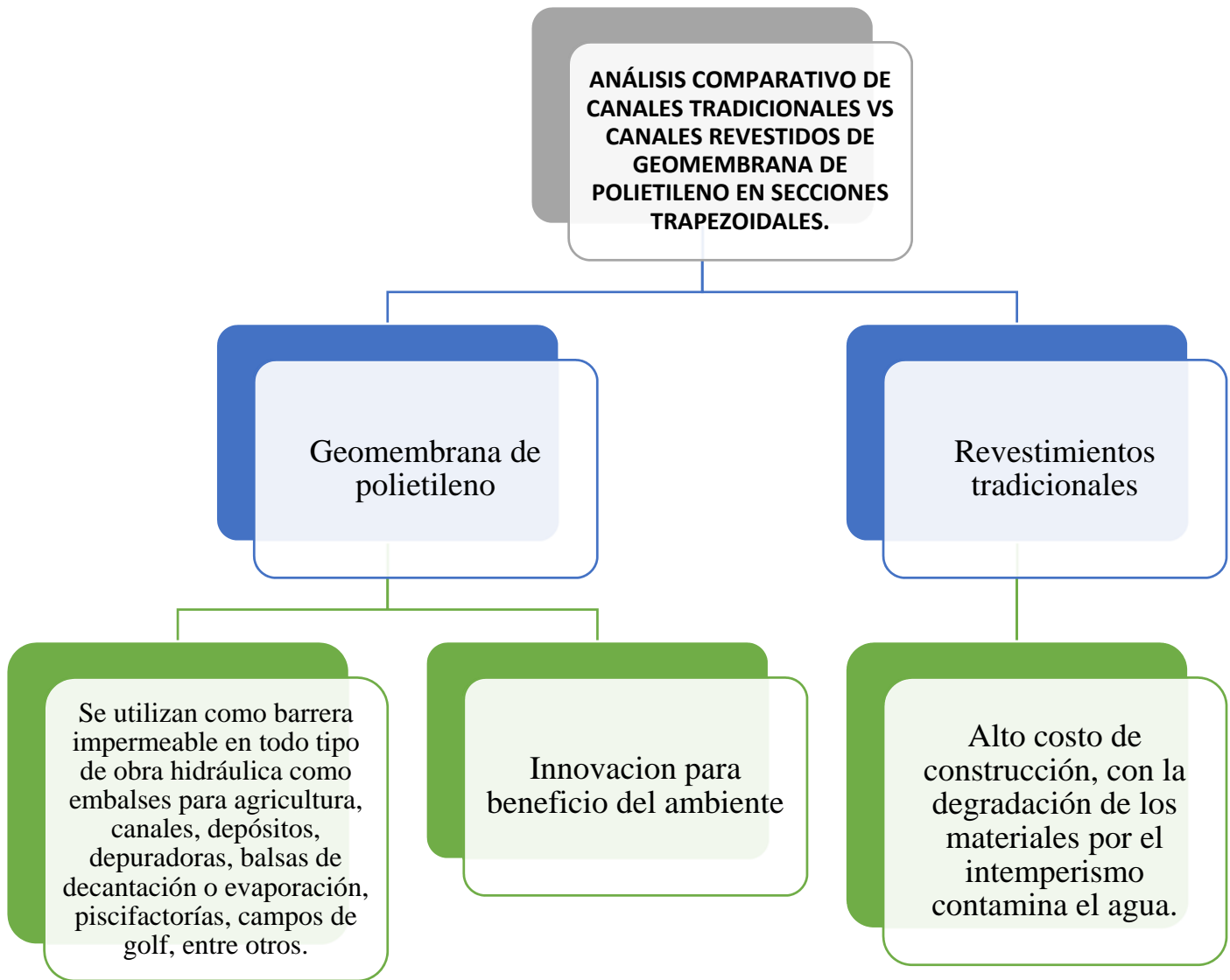
- **Método lógico:**

Consiste en inferir de la semejanza de algunas características entre dos objetos, la probabilidad de que las características restantes sean también semejantes. Los razonamientos analógicos no son siempre válidos.

- **Método histórico:**

Mediante el método histórico se analiza la trayectoria concreta de la teoría, su condicionamiento a los diferentes períodos de la historia. Los métodos lógicos se basan en el estudio histórico poniendo de manifiesto la lógica interna de desarrollo, de su teoría y halla el conocimiento más profundo de esta, de su esencia. La estructura lógica del objeto implica su modelación.

Marco Conceptual



2.1. Marco teórico

Aspectos generales:

Los canales son conductos en los que el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera.

“Cuando un fluido es transportado por una tubería parcialmente llena, se dice que cuenta con una cara a la atmósfera, por lo tanto se comporta como un canal.” *Fuente: Canal (ingeniería)*

Los canales de riego tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo o huerta donde será aplicado a los cultivos. Son obras de ingeniería importantes, que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar daños al ambiente y para que se gaste la menor cantidad de agua posible. Están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen aproximadamente las curvas de nivel de este, descendiendo suavemente hacia cotas más bajas (dándole una pendiente descendente, para que el agua fluya más rápidamente y se gaste menos líquido).

La construcción del conjunto de los canales de riego es una de las partes más significativas en el costo de la inversión inicial del sistema de riego, por lo tanto **su adecuado mantenimiento es una necesidad imperiosa.**

Las dimensiones de los canales de riego son muy variadas, y van desde grandes canales para transportar varias decenas de m³/s, los llamados canales principales, hasta pequeños canales con capacidad para unos pocos l/s, son los llamados canales de campo.



Ilustración 1. Canal principal de riego en operación. Lugar: norte del Perú (Alfredobi, 1999)

2.1.1 Clases de Canales

De acuerdo con su origen los canales pueden ser naturales (ríos, arroyos etc.) o artificiales (construidos por el hombre). Dentro de estos últimos pueden incluirse aquellos conductos cerrados que trabajen parcialmente llenos.

2.1.1.2 Canales Naturales

Los canales naturales incluyen todos los cursos de agua que existen de manera natural en la Tierra, los cuales varían en tamaño desde pequeños arroyuelos en zonas montañosas, hasta quebradas, arroyos, ríos pequeños y grandes y estuarios de mareas. Las corrientes subterráneas que transportan agua con una superficie libre también son consideradas como canales abiertos naturales.

Las propiedades hidráulicas de un canal natural por lo general son muy irregulares. En algunos casos pueden hacerse suposiciones empíricas razonablemente consistentes con las observaciones y experiencias reales, de tal modo que las condiciones de flujo en estos canales se vuelvan manejables mediante el tratamiento analítico de la hidráulica teórica.

Un estudio completo sobre el comportamiento del flujo en canales naturales requiere el conocimiento de otros campos, como hidrología, transporte de sedimentos, etc. Éste constituye un tema de estudio conocido como hidráulica de ríos.(French., 1988)

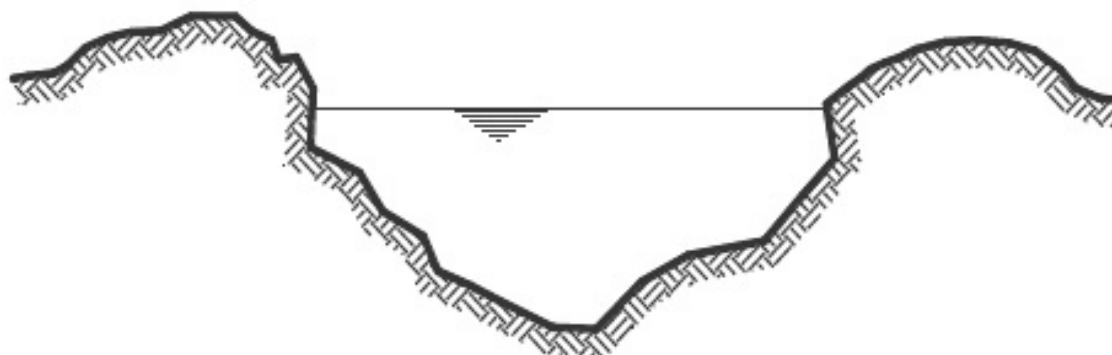


Ilustración 2. Sección Transversal Irregular.



Ilustración 3. Sección Transversal Irregular.



Ilustración 4. Sección transversal irregular río "Matamba", Cuicatlan, Ecuador.

2.1.1.3 Canales Artificiales

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano, canales de navegación, canales de centrales hidroeléctricas, canales y canaletas de irrigación, cunetas de drenaje, vertederos, canales de desborde, canaletas de madera, cunetas a lo largo de carreteras, etc., así como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales.

Las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controladas hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. La aplicación de las teorías hidráulicas a canales artificiales producirá, por tanto, resultados bastante similares a las condiciones reales y, por consiguiente, son razonablemente exactos para propósitos prácticos de diseño.(Ruiz, 2008)

Bajo diferentes circunstancias en la práctica de ingeniería, los canales abiertos artificiales reciben diferentes nombres, sin embargo, estos nombres se utilizan de una manera más o menos imprecisa y sólo se definen de un modo muy general.

- El canal artificial por lo general es un canal largo con pendiente suave construido sobre el suelo, que puede ser no revestido o revestido con piedras, concreto, cemento, madera o materiales bituminosos.
- La canaleta es un canal de madera, de metal, de concreto o de mampostería, a menudo soportado en o sobre la superficie del terreno para conducir agua a través de una depresión.
- La rápida es un canal que tiene altas pendientes.
- La caída es similar a una rápida, pero el cambio en elevación se efectúa en una distancia corta.
- La alcantarilla, que fluye parcialmente llena, es un canal cubierto con una longitud comparativamente corta instalado para drenar el agua a través de terraplenes de carreteras o de vías férreas.
- El túnel con flujo a superficie libre es un canal cubierto comparativamente largo, utilizado para conducir el agua a través de una colina o cualquier obstrucción del terreno.(Ruiz, 2008)

Los canales artificiales usualmente se diseñan con forma geométricas regulares (prismáticos), un canal construido con una sección transversal invariable y una pendiente de fondo constante se conoce como canal prismático. El término sección de canal se refiere a la sección transversal tomado en forma perpendicular a la dirección del flujo. Las secciones transversales más comunes son las siguientes:

Sección trapezoidal: Se usa en canales de tierra debido a que proveen las pendientes necesarias para estabilidad, y en canales revestidos.

Sección rectangular: Debido a que el rectángulo tiene lados verticales, por lo general se utiliza para canales construidos con materiales estables, acueductos de madera, paracanales excavados en roca y para canales revestidos.

Sección triangular: Se usa para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños, fundamentalmente por facilidad de trazo. También se emplean revestidas, como alcantarillas de las carreteras.

Sección parabólica: Se emplea en algunas ocasiones para canales revestidos y es la forma que toman aproximadamente muchos canales naturales y canales viejos de tierra.

SECCIONES CERRADAS

Sección circular: El círculo es la sección más común para alcantarillados y alcantarillas de tamaños pequeño y mediano.

Sección parabólica: Se usan comúnmente para alcantarillas y estructuras hidráulicas importantes.

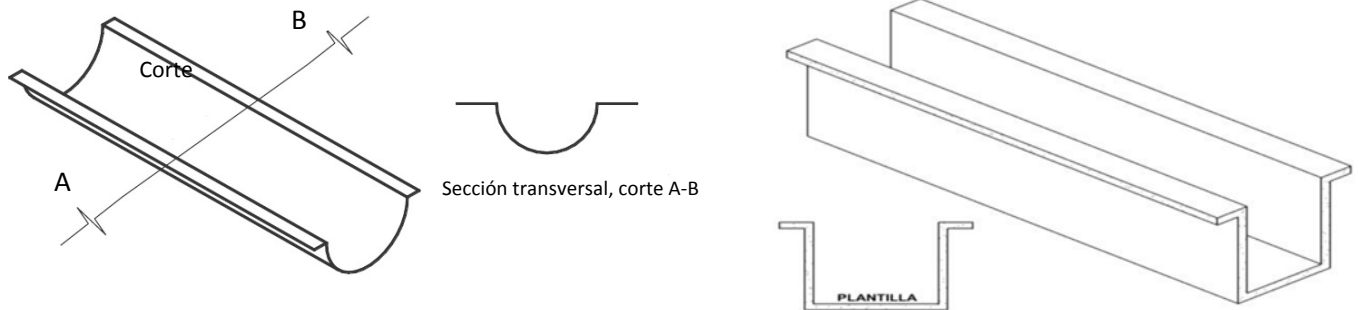


Ilustración 6. Canal prismático.

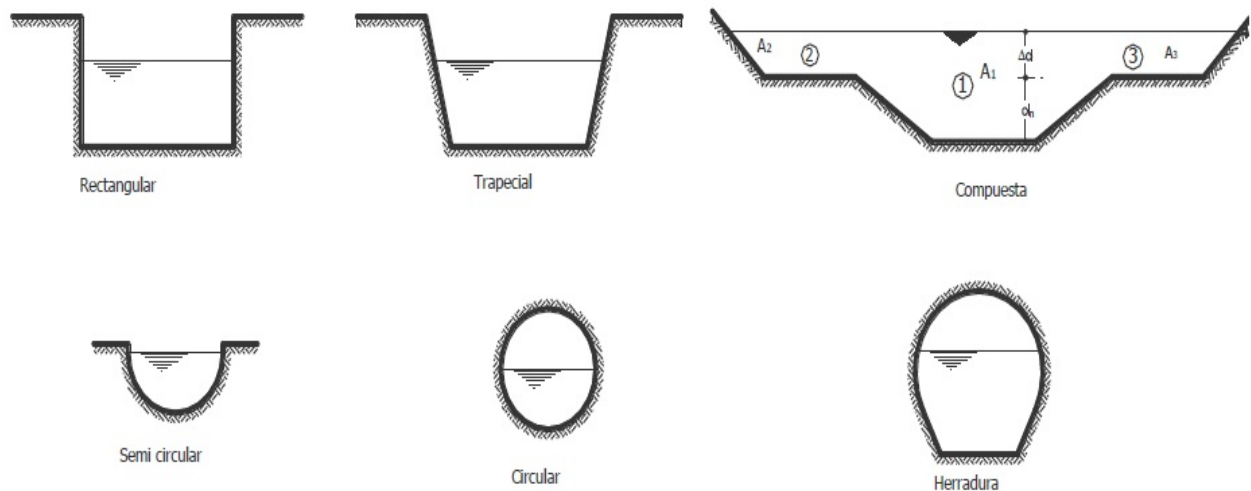


Ilustración 5. Tipos Secciones transversales artificiales



Ilustración 7. Canal artificial de Secciones transversales trapecial. (Ruiz, 2008)

La selección de la forma determinada de la sección transversal, depende del tipo de canal por construir; así, la trapecial es muy común en canales revestidos, la rectangular en canales revestidos con material estable como concreto, mampostería, tabique, madera, etc, la triangular, en canales pequeños como las cunetas y contra-cunetas en las carreteras, y la circular en alcantarillas, colectores y túneles. Existen secciones compuestas como las anteriores que encuentran utilidad en la rectificación de un río que atraviesa una ciudad.(Ruiz, 2008)

2.1.2 Partes de un canal de riego

A lo largo de un canal de riego se sitúan muchas y variadas estructuras, llamadas "obras de arte", estas son, entre otras:

- **Obras de derivación**, que como su nombre lo indica, se usan para derivar el agua (utilizando partidores), desde un canal principal (ej. una acequia) a uno secundario (ej. un **brazal**), o de este último hacia un canal terciario, o desde el terciario hacia el canal de campo y el cañón de boquera. Generalmente se construyen en hormigón, o en mampostería de piedra, y están equipadas con compuertas, algunas simples, manuales (también denominadas tablachos, y otras que pueden llegar a ser sofisticadas, p.e. manejadas a control remoto.
- **Controles de nivel**, muchas veces asociadas a las obras de derivación, son destinadas a mantener siempre, en el canal, el nivel de agua dentro de un cierto rango y, especialmente en los puntos terminales, con una inclinación descendente.
- **Controles de seguridad**, estos deben funcionar en forma automática, para evitar daños en el sistema, si por cualquier motivo hubiera una falla de operación (alguien decía alguna vez, que no puede ser que si una vaca decide acostarse en el canal a tomar el fresco, todo el sistema, en cascada se autodestruya), esto que parece una broma es tomado muy en serio por los proyectistas de los sistemas de riego. Existen básicamente dos tipos de controles de seguridad: los vertederos, y los sifones.

- **Secciones de aforo**, destinadas a medir la cantidad de agua que entra en un determinado canal, en base al cual el usuario del agua pagará, por el servicio. Existen diversos tipos de secciones de aforo, algunas muy sencillas, constan de una regla graduada que es leída por el operador a intervalos pre establecidos, hasta sistemas complejos, asociados con compuertas autorregulables, que registran el caudal en forma continua y lo transmiten a la central de operación computarizada.
- **Obras de cruce** del canal de riego con otras infraestructuras existentes en el terreno, pertenecientes o no al sistema de riego. Estas a su vez pueden ser de:
 - Cruce de canal de riego con un canal de drenaje del mismo sistema de riego.
 - Cruce de un drenaje natural, con el canal de riego, a una cota mayor que este último.
 - Cruce de canal de riego con una hondonada, o valle.
 - Cruce de canal de riego con una vía.(Ramírez., 2008)

2.2. Tipo de investigación.

- Explicativa

Es explicativa porque está dirigida a contestar por qué sucede un determinado fenómeno, cuál es la a un problema, sino que intenta encontrar las causas del causa o factor de riesgo asociado a ese fenómeno, o cuál es el efecto de la causa, es decir, buscar explicaciones a los hechos y tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse mismo.

- Descriptiva

Es descriptiva porque describen los datos y este debe tener un impacto en las vidas de la gente que le rodea. Por ejemplo, la búsqueda de la enfermedad más frecuente que afecta a los niños de una ciudad. El lector de la investigación sabrá qué hacer para prevenir esta enfermedad, por lo tanto, más personas vivirán una vida sana.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas.

2.3. Técnica de investigación.

- Investigación de campo

Nuestro trabajo de grado se identifica con este método científico porque permite obtener nuevos conocimientos en el campo de la realidad o bien estudiar una situación para diagnosticar necesidades y problemas a efectos de aplicar los conocimientos con fines prácticos.

Este tipo de investigación de campo proporciona información más exacta, un alto grado de confiabilidad y por consecuencia un bajo margen de error. Esto permite el conocimiento más a fondo del investigador, puede manejar los datos con más seguridad y podrá soportarse en diseños exploratorios, descriptivos y experimentales, creando una situación de control en la cual manipula sobre una o más variables dependientes (efectos).

Por tanto, es una situación provocada por el investigador para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él, para controlar el aumento o disminución de esas variables y sus efectos en las conductas observadas.

- Documental

Utilizamos lo documental porque es una variante de la investigación científica, cuyo objetivo fundamental es el análisis de diferentes fenómenos (de orden histórico, psicológico, sociológico, etc.), utiliza técnicas muy precisas, de la Documentación existente, que directa o indirectamente, aporte la información.

Visto en estos términos, la Investigación Documental podemos caracterizarla de la siguiente manera:

Se caracteriza por la utilización de documentos; recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes.

Utiliza los procedimientos lógicos y mentales de toda investigación; análisis, síntesis, deducción, inducción, etc.

Realiza un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental.

Realiza una recopilación adecuada de datos que permiten redescubrir hechos, sugerir problemas, orientar hacia otras fuentes de investigación, orientar formas para elaborar instrumentos de investigación, elaborar hipótesis, etc.

2.4. Tipo de muestreo.

Muestreo no probabilístico, es aquél que no se puede calcular la probabilidad de extracción de una determinada muestra. Por tal motivo, se busca seleccionar a individuos que tienen un conocimiento profundo del tema bajo estudio y se considera que la información aportada por esas personas es vital para la toma de decisiones.

La muestra no probabilística no es un producto de un proceso de selección aleatoria. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador.

La desventaja del método de muestreo no probabilístico es que no se toman pruebas de una porción desconocida de la población. Esto implica que la muestra puede representar a toda la población con precisión o no. Por lo tanto, los resultados de la investigación no pueden ser utilizados en generalizaciones respecto de toda la población.

2.5. Tipo de ensayo.

Toda investigación es un proceso sistemático con objetivos definidos. No es posible realizar un estudio investigativo exitoso si no se le da especial atención al desarrollo de un buen marco teórico, a la definición del alcance o tipo de investigación a realizar y a la formulación de hipótesis adecuadas que analicen correctamente las variables que intervienen en el estudio que se realiza.

2.6. Antecedentes.

El conocimiento empírico del funcionamiento de los canales se remonta a varios milenios. En la antigua Mesopotamia se usaban canales de riego, en la Roma Imperial se abastecían de agua a través de canales construidos sobre inmensos acueductos, y los habitantes del antiguo Perú construyeron en algunos lugares de los Andes canales que aún funcionan, Claro es el ejemplo de los canales de Cumbe Mayo, el centro hidráulico más importante de los Andes El conocimiento y estudio sistemático de los canales se remonta al siglo XVIII, con Chézy, Bazin y otros.(Chow, 1982)

Heródoto cuenta que los cnidios pueblos de la Caria en Asia menor emprendieron cortar el istmo que une la isla de Cnido al continente: pero abandonaron este trabajo por mandato de un oráculo.



Ilustración 8. Canal propuesto por Plinio el Joven en el Golfo de Nicomedia.(Hammer, 1818)

Antiguo Egipto

Varios reyes de Egipto intentaron unir el mar Rojo con el Mediterráneo. Soliman II emperador de los turcos empleó sin ningún efecto más de cincuenta mil hombres para restablecer este canal, que había desaparecido debajo de la arena.

Los egipcios fueron sin duda también los primeros pueblos que se sirvieron de canales para fertilizar los campos con las aguas del Nilo y cuando las tierras se hallaban demasiado altas empleaban máquinas para elevar el agua a la altura necesaria. La mayoría de estas se dice las inventó Arquímedes en su viaje a Egipto. Algunos suponen que la mayor parte de las bocas del Nilo fueron canales abiertos por la mano del hombre. Aristóteles decía que el brazo canópico era el único natural, al paso que Heródoto supone que solo el bolvítico y el bucólico eran artificiales.

Sesostris I y sus sucesores intentaron poner en comunicación el Nilo con el mar Rojo, en cuya empresa perecieron durante el reinado de Neco unos ciento veinte mil hombres. El proyecto se abandonó por la predicción de un oráculo que manifestó que por este medio se abriría quizá un pasaje a los bárbaros.

Más adelante continuó Darío este mismo canal, que según Heródoto tenía ya cuatro días de navegación, al paso que Diodoro dice que este Príncipe no hizo más que construir una parte de él dejando lo demás imperfecto por haberle demostrado que el mar Rojo estaba más alto que Egipto y que si cortaba el istmo inundaría todo aquel país, lo mismo que con poca diferencia refieren otros autores.

Había en Egipto otros canales, pero estos servían más para el riego que para la navegación. El mayor de todos fue el que Moeris hizo construir para conducir las aguas del Nilo al gran lago que había mandado hacer. Se asegura que este canal tenía ochenta estadios de largo y trescientos pies de ancho, cuya entrada podía abrirse y cerrarse según convenía. El canal que el califa Omar hizo construir para trasportar a Medina los granos de Alejandría, creen algunos que fue siguiendo las huellas del antiguo.

Mesopotamia y Antigua Grecia

Los célebres ríos de Asia el Éufrates y el Tigris estaban en comunicación por medio de un canal que algunos creen obra de Nabucodonosor y otro canal que unía el Tigris con el Euleo sirvió bastante a Alejandro en sus conquistas.

Los griegos y romanos proyectaron abrir un canal cortando el istmo de Corinto que une Acaya con Morea, a fin de poder pasar del mar Jónico al Archipiélago. Este istmo apenas tiene más de dos leguas y cortándolo ahorrraba a las embarcaciones una vuelta de ciento sesenta leguas al rededor del Peloponeso y el doblar un cabo muy peligroso por sus muchos escollos. Periandrio fue el primero que formó este proyecto cinco ó seis años antes de la era cristiana. Demetrio Poliorcetas rey de Macedonia tres siglos después ensayó hacer una isla del Peloponeso, empresa que abandonó más adelante. Julio César, Cayo Calígula, Nerón y en fin Herodes Ático procuraron entorpecer o frustrar esta tentativa. Tantas dificultades, muchas de ellas insuperables, dieron lugar a este proverbio latino: Isthmum fodere.

China

Los chinos han aventajado a los griegos, a los romanos y en una palabra, a todos los pueblos en la construcción de canales. Según todas las noticias que tenemos de este pueblo, se ocuparon ya desde la más remota antigüedad en la conducción y distribución de las aguas. El más célebre canal de China es el Yun-leang o canal real que emprendió en el año 1289 el emperador Chi-tsou jefe de la dinastía Fuen, el primero de los emperadores tártaros-mogoles que reinaron en la China. Corre el espacio de unas 140 leguas.(Carrera, 1828)

Uso de geomembranas como revestimiento

Los revestimientos de geomembranas han sido utilizados en la industria minera aproximadamente desde de 1970, como respuesta a las necesidades de revestimiento en pozas de evaporación, presas de relaves y pozas de lixiviación en pilas. Las presas de relaves han sido históricamente revestidas de tierra en su mayoría, pero el uso de revestimientos de geomembrana ha aumentado en los últimos años.

Las pozas de evaporación y de lixiviación en pilas son las aplicaciones más grandes en las que se utiliza geomembranas en la minería, y por ende serán el principal objetivo de esta visión general de la historia de este tipo de revestimientos.(Breitenbach, 1997).

El primer uso de geomembranas a gran escala en la minería se dio probablemente en las pozas solares de TennecoMinerals en Utah, EEUU, o en las de la Sociedad Química y Minera de Chile S.A. (SQM) en el Norte de Chile. Tenneco instaló 230 hectáreas (ha) en 1970, y las primeras instalaciones de SQM se llevaron a cabo aproximadamente durante el mismo tiempo y con el mismo tamaño. Antes de esto, su aplicación en la minería se daba mayormente en pequeñas pozas químicas. (Breitenbach, 1997).

Los primeros proyectos de lixiviación en pilas fueron instalaciones de lixiviación de botaderos de cobre, y en estas se utilizaba únicamente contención natural. Con el inicio de la lixiviación de oro y plata en pilas, en Montana y Nevada, EEUU, a mediados de los setentas, se introdujo el cianuro en la tecnología de la lixiviación en pilas y la contención natural ya no era políticamente (ni técnicamente) viable. En muchas de las primeras operaciones de oro y plata, construidas entre 1974 y 1983 en Nevada, se utilizaba revestimientos de tierra de baja permeabilidad, si bien para 1983 los revestimientos de geomembrana ya se hacían más comunes.(Breitenbach, 1997).

La lixiviación en pilas de cobre a gran escala empezó en Chile en 1980 con el proyecto Lo Aquirre. A principios de 1990 Chile tenía alrededor de 10 operaciones grandes de lixiviación en pilas; hoy existen docenas de ellas y estas utilizan geomembranas. SQM empezó a lixiviar en pilas de mineral de nitrato en el norte de Chile en 1985, escogiendo revestimientos de policloruro de vinilo (PVC) por las altas propiedades de elongación

multi-axial, dada la presencia de hasta 30% de sales solubles en los terrenos que servían como base. Estas sales permiten que incluso un pequeño defecto se convierta gradualmente en una falla mayor, si el revestimiento no puede contener el asentamiento diferencial resultante. (Breitenbach, 1997).

El hoy tristemente célebre proyecto de oro de Summitville, en Colorado, EEUU, últimamente clasificado como un sitio potencialmente contaminado, fue originalmente diseñado en 1984 para utilizar PVC en el revestimiento de las pozas de lixiviación de relleno en valle, pero en su construcción se cambió a polietileno de alta densidad, (HDPE), en 1985. Esta fue una de las primeras aplicaciones de HDPE a gran escala, en la minería aurífera.

El polietileno de muy baja densidad (VLDPE) fue utilizado por primera vez en aplicaciones pequeñas, a mediados de los ochentas, y para la contención de relaves revestidos de mayor envergadura, como la presa de relaves de oro de Ridgeway (South Carolina, EEUU, 1986).

En la primera gran presa que incluía una barrera principal de geomembranas para la contención de la filtración, se utilizó VLDPE, (TSRanchDam, Nevada), en 1989. Otra aplicación de estas en minería de gran escala fue una poza solar para una instalación que contenía una solución de potasio, ubicada al noroeste de Argentina, en la que se cubrieron 12 hectáreas, en 1992. Desafortunadamente, la alta exposición ultravioleta dio como resultado un serio deterioramiento del revestimiento y el posterior abandono de la poza, en el transcurso de un año. (Breitenbach, 1997)

El VLDPE hizo un ingreso mayor en la industria de las pozas de lixiviación en los noventas, ya que la relativamente alta elongación multi-axial del material y su buena resistencia a la fricción ofrecían beneficios para el diseño de estas. Su uso en la lixiviación en pilas continuó aumentando, hasta que se discontinuó en 1994. En el transcurso de 2 años, sin embargo, varias fórmulas de polietileno de revestimiento de baja densidad (LLDPE) comenzaron a convertirse en el revestimiento preferido para las pozas de lixiviación debido a la elongación mejorada y la resistencia a la fricción, en comparación con el HDPE.(Breitenbach, 1997).

El impulso de los materiales poliméricos sintéticos se produce durante la Segunda Guerra Mundial, desde entonces hasta la actualidad la investigación de los mismos ha ido en aumento, así como sus aplicaciones. De entre todas las de mayor utilización se encuentra en el campo de la impermeabilización de la Ingeniería Civil. La gran variedad de materiales poliméricos hace que su clasificación sea difícil, no obstante se los puede ordenar en tres grandes grupos: Termoplásticos, Termoestables, Elastómeros.

Consideraciones generales para construcción de canales

3.1 Canales

Los canales como elementos de transporte del agua, son conducciones artificiales en las que el agua circula sin presión, es decir, en contacto continuo con la atmósfera. El estudio hidráulico de estas conducciones tiene como principal característica que el movimiento del agua se realiza por su propio peso, es decir, sin ningún gasto energético y aprovechando la fuerza de la gravedad.

En un proyecto de irrigación, lo que compete al diseño de canales y obras de arte no es la más importante; pues es el caudal el factor clave en el diseño y el más significativo en un Proyecto de Riego, se obtiene en base a la interrelación de ciertos factores como son: tipo de suelo, cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego.

3.2 Características del canal

Todo canal reúne dos características:

1. Características Geométricas.
2. Características Hidráulicas.

A continuación se ilustran cada una de ellas.

3.2.1 Características geométricas

Los canales de riego dentro de una planificación, comúnmente tienen forma rectangular o trapezoidal, adoptando por su función diferentes denominaciones, así tenemos por ejemplo:

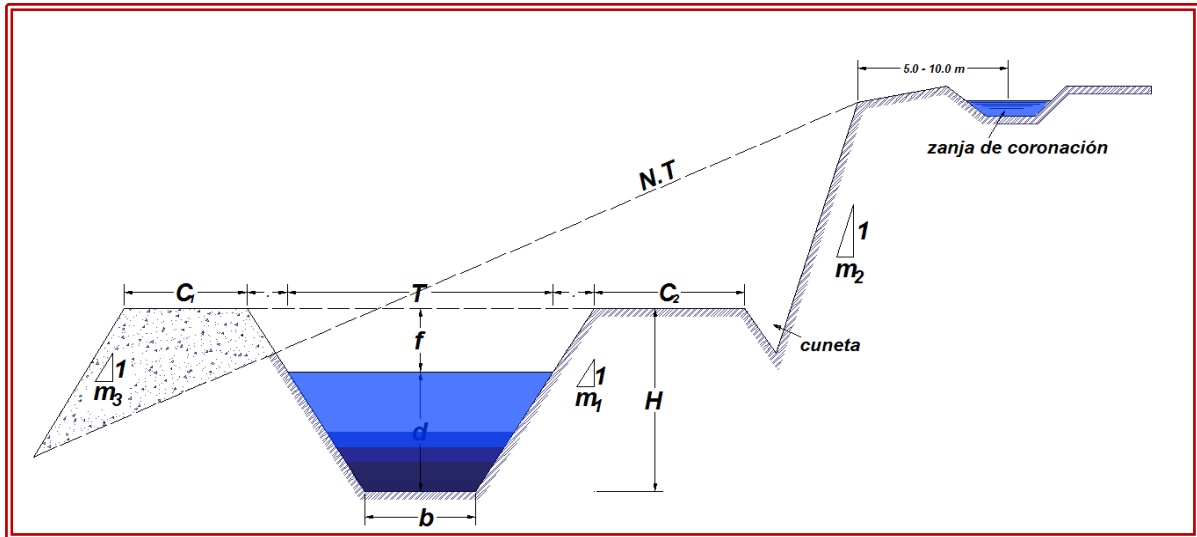


Ilustración 10. Características geométricas de canales.

Dónde:

- b = Base del canal o ancho de solera.
- d = Tirante de agua.
- f = Borde libre.
- m_1 = Talud interior del canal.
- m_2 = Talud de corte.
- m_3 = Talud exterior del terraplén del canal.
- C_1 y C_2 = Anchos de bermas o caminos de servicio o vigilancia.
- $H = f + d$ = Altura total del canal.
- T = Ancho superficial de agua en el canal.

3.2.2 Características hidráulicas

3.2.2.1 Elementos cinéticos:

- Caudal en m^3/seg (Q).
- Caudal unitario en $m^3/seg/ml$ (q).
- Velocidad media en m/seg (v).
- Velocidad puntual en m/seg (w).

3.2.2.2 Elementos dinámicos:

- Coeficiente de rugosidad (n).
- Pendiente hidráulica (s).

3.3 Secciones típicas en canales de riego

La sección típica de un canal tanto de riego como de drenaje deberá entenderse como una sección, en la cual se muestre además de las características geométricas de la caja del canal, las características geométricas de su camino de vigilancia.

Las secciones tienen las siguientes características:

- ✓ Cuando el canal se encuentra en relleno, primeramente se construirá una plataforma compactada hasta una altura limitada por el bordo del canal revestido, menos el espesor del revestimiento
- ✓ Los ejes de la caja del canal y del camino de vigilancia deben ser paralelos solo en casos excepcionales de excavación y relleno el paralelismo se distorsiona.
- ✓ Cuando el canal este construido en corte, primeramente se prepara una plataforma de excavación con un ancho que facilite la excavación y el revestimiento mecanizados de la caja del canal.

3.3.1 Formas de la sección transversal

Las más conocidas en la práctica son:

- Sección trapecial.
- Sección rectangular.
- Sección circular.

3.3.1.1 Sección trapecial:

Es la más común, adaptándose esta forma sobre todo por razones de estabilidad de taludes del canal y facilidades constructivas.



Ilustración 11. Canal Pedro Corto Zona de Riego de la Presa de Sabaneta. **(Ingenieros Evaluadores y Consultores, 2011)**

3.3.1.2 Sección rectangular:

En este caso $m_1 = 0$, esta sección se adapta sobre todo en zonas de suelos estables y se quiere ahorrar cortes excesivos.



Ilustración 12. Canal de riego en azua. (Ramírez., 2008)

3.3.1.3 Sección circular:

Es la sección hidráulica más eficiente, generalmente son tubos prefabricados o cilindros de gasolina que son usados como canales. Son baratos y se ahorra excavación.



Ilustración 13. Canal de las Dehesas. (Mecanal, 2009)

3.4 Sistema de riego

Un sistema de riego debe cumplir en forma óptima con las siguientes condiciones:

- **Costos mínimos** para operación y mantenimiento.
- Operación sencilla y control fácil para usarlos y los responsables para la operación.
- Pérdidas mínimas de agua por operación.
- Pérdidas mínimas de agua por **infiltración**.
- Impedir el robo de agua.
- Seguridad contra desbordes.
- Flexibilidad para adaptarse a las diferentes exigencias de caudales y métodos de riego para los diferentes cultivos.
- Finalmente, tratándose de satisfacer las condiciones señaladas en los puntos anteriores, con el diseño final del sistema de riego deberá lograrse:
 - ❖ Longitudes mínimas de canales.
 - ❖ Secciones mínimas de los canales.
 - ❖ Costos mínimos de construcción.

3.4 Revestimiento de canales

Los canales son el principal medio físico para la conducción de las aguas desde su fuente de origen hacia las áreas de riego. En algunas zonas, por razones climáticas, topográficas, de accesibilidad, o de costos de mantenimiento entre otras, se usan otros medios como las tuberías o túneles, etc. Sin embargo, por razones económicas, prácticamente la totalidad de los proyectos el canal está siempre presente, ya sea en la conducción o en la distribución de las aguas.

Para este caso de estudio nos limitaremos a proporcionar diferentes tipos de revestimiento en las cuales podremos saber cuál de ellas utilizar; para los diferentes problemas que se nos presenten en el ámbito de profesional.

3.4.1 canalización

Por canalización se entiende al acto o hecho de encauzar por medio de obras artificiales del cauce natural de un curso de agua.

Las finalidades de una canalización pueden ser múltiples delimitar el cauce, proteger los márgenes contra erosiones o inundaciones, recuperar terrenos.

3.5 Revestimiento

La mayor parte de los canales artificiales revestidos y construidos pueden resistir la erosión de manera satisfactoria y, por consiguiente, se consideran no erosionables. Los canales artificiales no revestidos por lo general son erosionables, excepto aquellos excavados en cimentaciones firmes, como un lecho en roca. En el diseño de canales artificiales no erosionables, factores como la velocidad permisible máxima y la fuerza tractiva permisible no hacen parte del criterio que debe ser considerado.

El diseñador simplemente calcula las dimensiones del canal artificial mediante una ecuación de flujo uniforme y luego decide acerca de las dimensiones finales con base en la eficiencia hidráulica o reglas empíricas de sección óptima, aspectos prácticos constructivos y economía. Los factores que se consideran en el diseño son: la clase del material que conforma el cuerpo del canal, la cual determina el coeficiente de rugosidad; la velocidad mínima permisible, para evitar la deposición si el agua mueve limos o basuras; la pendiente del fondo del canal y las pendientes laterales; el borde libre; y la sección más eficiente, ya sea determinada hidráulica o empíricamente.

Los materiales no erosionables utilizados para formar el revestimiento de un canal o el cuerpo de un canal desarmable, incluyen concreto, mampostería, acero, hierro fundido, madera, vidrio, plástico, etc. La selección de material depende sobre todo de la disponibilidad y el costo de este, el método de construcción y el propósito para el cual se utilizara el canal.

El propósito del revestimiento de un canal artificial, en la mayor parte de los casos, es prevenir la erosión, pero ocasionalmente puede ser de evitar las pérdidas de agua por infiltración. En canales artificiales revestidos, la velocidad máxima permisible, es decir, la velocidad máxima que no causara erosión, puede no considerarse siempre y cuando el agua no transporta arena, grava o piedras. Si van a existir velocidades muy altas sobre el revestimiento, sin embargo, debe recordarse que existe una tendencia en el agua que se mueve muy rápidamente de mover los bloques del revestimiento y empujarlos por fuera de su posición. Por consiguiente, el revestimiento debe diseñarse contra estas posibilidades.(Silvestre)

El revestimiento y la protección de las márgenes de las canalizaciones pueden representar hasta el 25% del costo de implantación de estas obras, notablemente en los usos destinados a la navegación y drenaje.

Por esta razón el proyecto adecuado de estos elementos debe merecer cuidadoso análisis y atención, con el objetivo de unir al mejor funcionamiento técnico el menor costo.

Sin embargo, su costo y su duración dependen de la calidad del revestimiento y del manejo adecuado que se dé a las aguas superficiales.

Los materiales de mayor empleo para el revestimiento de canales son:

- Revestimiento con mampostería.
- Revestimiento con concreto.
- Revestimiento con mortero.
- Revestimiento con concreto asfáltico.
- Revestimiento con mantos permanentes.
- Revestimiento con Gaviones.
- Revestimiento con geomembranas.

3.5.1 Revestimiento con mampostería

La mampostería constituye un excelente revestimiento de los canales.

Los recubrimientos de mampostería (piedra, ladrillo, bloques, etc.) se pueden utilizar cuando estos materiales abundan y la mano de obra es económica y recomendable. Los de piedra pueden construirse juntando con mortero o simplemente acomodándola (zampeado).

3.5.2 Revestimiento con concreto

- Los revestimientos de concreto con refuerzo se utilizan cuando el canal se construye en sitios cuyos cambios de temperatura son extremos y hay fluctuaciones frecuentes del gasto.
- El acero de refuerzo sirve para evitar el agrietamiento del concreto como resultado de dichos cambios de temperatura y para controlar las grietas y con ello las filtraciones.
- La sección del acero de refuerzo en dirección longitudinal es del 0.1 al 0.4% y en la dirección transversal del 0.1 a 0.2%, representa una parte importante del costo total y a veces es posible suprimirlo mediante las juntas de construcción. (Arbulu, 2009)
- El revestimiento de concreto, **si bien implica un costo inicial elevado**, presenta a su vez múltiples ventajas, puesto que es muy duradero, los costos de conservación son mínimos y su capacidad aumenta a causa de que la superficie es relativamente lisa.

3.5.3 Revestimiento con mortero

Los revestimientos de mortero a base de pistola de cemento se usan en canales pequeños, pero el procedimiento deja la superficie rugosa que debe ser terminada a mano si se desea una de primera clase.

Además son más propensos a **fallas de presión hidrostática**.

El espesor no es mayor de 5cm en taludes firmes. El cemento se mezcla con arena previamente cernida a través de la malla N°4 de 4.76 mm de abertura, en proporción 1:3 a 1.4.

Para revestir acequias, canales se emplea el mortero de cemento portland aplicado por medios neumáticos.

3.5.4 Revestimiento con concreto asfáltico

El concreto asfáltico es una mezcla de arena, grava, cemento y asfalto, realizada a temperaturas de 160°C o más, según el tipo de asfalto.

Los recubrimientos a base de concreto asfáltico tienen algunas ventajas por su flexibilidad y resistencia a la erosión, si bien falla por intemperismo.

Los espesores varían de 6.5 a 10cm dependiendo del tamaño del canal.

El asfalto se mezcla con arena o con arena y grava en proporción de 6 a 11% en peso y se le agrega después el material fino (70% menor que la abertura de la malla N°200).

3.5.5 Revestimiento con mantos permanentes

Los canales abiertos en tierra son susceptibles a erosionarse debido a la fuerza de arrastre del flujo de agua que genera esfuerzos cortantes en su superficie, ocasionando desprendimiento de material, lo que conlleva a la pérdida de la sección y a la reducción de su desempeño hidráulico.

Actualmente, existen mantos permanentes en el mercado que brinda protección inmediata contra la erosión en la superficie de canales en tierra en ausencia de vegetación gracias a su alta resistencia contra las fuerzas hidrodinámicas presentes en el flujo de agua, además sirven de soporte en el crecimiento y establecimiento de la vegetación y refuerzan la vegetación madura, con lo cual se logra mantener la sección de diseño del canal y su buen funcionamiento a largo plazo.



Ilustración 14. Manto permanente.

3.5.6 Revestimiento con Gaviones

El recubrimiento de gavión es de forma de colchón de 20 ò 30 centímetros de espesor.

Sus aplicaciones principales son el revestimiento de márgenes de canales y ríos, protección en de estribos de puentes, plataformas de formas de cimentación y consolidación de taludes en carreteras y vías de comunicación.



Ilustración 15. Protección con gaviones.(ArchiExpo)

3.5.7 Revestimiento con geomembranas

Las geomembranas son láminas con una barrera impermeable que se emplean para impedir o prevenir el paso de fluidos.

Las primeras geomembranas fueron hechas de arcilla, pero posteriormente se observaron ciertos problemas con ese material, ya que al disminuir su humedad o al existir movimientos sísmicos, la arcilla se fracturaba y perdía la contención.

Debido a esto, fue necesario recurrir a materiales sintéticos, como el hule butilo y PVC. Posteriormente se introdujo el polietileno de alta y baja densidad como principal materia prima para las geomembranas.

El uso de geomembranas de polietileno presenta diversas ventajas, como una eficiente retención de varios compuestos químicos, enorme resistencia a la luz ultravioleta, entre otras.

Las geomembranas de polietileno de baja y alta densidad son capaces de resistir agentes químicos y residuos peligrosos, evitando que el suelo o manto freático se contaminen. Este tipo de geomembranas tienen una aplicación generalizada en agricultura, construcción y minería como elemento de contención de líquidos.

Además pueden ser usadas como revestimiento en pilas de lixiviación, depósitos, canales, embalses, estanques de almacenamiento, entre otros. (Quiminet, 2008)

Las geomembranas están manufacturadas a base de material sintético en forma de lámina impermeable, cuya finalidad es la de impedir o prevenir el paso de fluidos. La composición química de los fluidos que vaya a contener una geomembrana será un factor determinante en la elección de la materia prima de la cual está hecha.

Las principales diferencias entre el uso de un tipo de geomembrana y otra, radican básicamente en su durabilidad, flexibilidad, y comportamiento químico; sin despreciar la relación costo-beneficio.

Las Geomembranas son utilizadas comúnmente para el revestimiento de canales y en áreas sujetas a infiltración donde protegen e impermeabilizan dichas estructuras.

El uso de las Geomembranas para el revestimiento de canales utilizados en la conducción de agua, constituye una solución eficaz y económica como reemplazo de sistemas tradicionales de revestimiento de concreto, pues estos son propensos al agrietamiento por su excesiva rigidez, y causan pérdidas considerables de agua y erosión circundante a las fisuras, lo que finalmente puede causar una falla al sistemas.

El revestimiento con geomembranas tiene muchas ventajas, de las cuales se mencionan las siguientes:

- Seguridad de la retención de agua.
- Mejora del control de calidad del agua.
- Facilidad de limpieza y desinfección.
- Protección contra la erosión.
- Control consecuente del volumen de los depósitos.
- Control del nivel de oxígeno disuelto.
- Superficie lisa que facilita la toma de muestras.

Entre otras más ventajas que presenta esta moderna forma de revestimiento de canales.



Ilustración 16. Canal revestido con HPDE.(Maccaferri, 2014)

Propiedades de las Geomembranas

4.1 Fundamentos teóricos

Los fundamentos teóricos sobre geomembranas : su definición, clasificación y pruebas de identificación y de rendimiento, generalmente recomendadas para la evaluación de las propiedades más importantes para su uso se presentan en este capítulo, así como los aspectos fundamentales que se deben tener en cuenta en la preparación de un proyecto de instalación de la geomembrana.

La geomembrana de HDPE fue elegido para este estudio, por razones que se presentan a continuación. Por lo tanto, toda la dirección del texto se enfrenta a las geomembranas de HDPE, aunque se mencionan otros tipos a lo largo de esta sección con el propósito de comparación.

4.2 Geomembranas

4.2.1 Definición

De acuerdo con la norma D4439-02 de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM, 2002b), que define terminología para geosintéticos, la geomembrana (GM) es un producto planar, que comprende una o más capas substancialmente impermeables, fabricados a partir de materiales poliméricos. Puede ser utilizado con el suelo, roca u otro material relacionado con ingeniería geotécnica, como parte del proyecto, estructura o sistema. Otra definición dada por Rollin y Rigo (1991) es que la geomembrana es una capa polimérica o betún, fabricado en espesor simple o múltiple y que, dependiendo de la técnica fabricación empleado, puede proporcionar espesores que oscilan entre 0,5 y 5,0 mm.

Según la Sociedad Internacional de Geosintéticos, la geomembrana es una capa polimérica, impermeable y relativamente plana, utilizado en contacto con el suelo, roca o cualquier otro material geotécnico en aplicaciones de ingeniería civil. Están hechas de capas delgadas continuas poliméricas, también pueden estar hechas con impregnación de asfalto geotextil, pulverización elastomérico y material bituminoso.

La Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12553 (ABNT, 2000a) define la geomembrana como un producto bidimensional, de muy baja permeabilidad, compuesta principalmente de asfalto, elastómeros o plastómeros, utilizado para el control de flujo y separación en las condiciones de solicitación. La geomembrana se llama "reforzada" (GMR) cuando hay un refuerzo incorporado en el producto, formando una estructura monolítica. La geomembrana texturizada (GMT) es aquella con acabado de superficie rugosa con la función de aumentar las características de fricción de interfaz.

4.2.2 Clasificación de las geomembranas

Las geomembranas se clasifican como sintéticas o asfalto, de acuerdo con el material utilizado en su fabricación. Los polímeros sintéticos son compuestos químicos de alto peso molecular. Los tipos más comunes utilizados en la fabricación de geomembranas sintéticas están clasificadas en:

- Termoplásticos: Aquellos que se pueden calentar varias veces para el punto de fusión, moldeado o procesado y después enfriado para preservar la forma remoldada (ej.: PVC-P, PP).
- Termoplásticos cristalinos: (por ejemplo, LDPE, HDPE, LLDPE, MDPE).
- Elastómeros (ej.: IIR, EPDM).
- Elastómeros termoplásticos (por ejemplo: CPE, CSPE, T - EPDM).

Actualmente, los más ampliamente utilizados en la fabricación de geomembranas para su uso en obras hidráulicas son de PVC, PP, HDPE y LLDPE. Tabla 1 muestra algunos tipos de geomembrana usualmente empleada y su formulación aproximada.

Tabla 1. Tipos de geomembranas más utilizados y su formulación aproximada. (Froebel, 1997)

Tipo de GM	Resina (%)	Plastificante (%)	Cargas (%)	Negro carbón o pigmentos (%)	Aditivos (%)
HDPE/LLDPE ⁽¹⁾	95 – 98	0	0	2 – 3	0.25 – 1
VLDPE ⁽²⁾	94 – 96	0	0	2 – 3	1 – 4
PVC-P	45 – 60	25 – 30	0-10	2 – 5	2 – 5
CSPE ⁽²⁾	40 - 60	0	30-45	5 - 40	5 - 15

Nota: (1) LLDPE/HDPE son relativamente nuevos polímeros en el mercado y se han considerado en algunos casos un mejor rendimiento que el HDPE, excepto por su baja resistencia a la luz solar; (2) Las geomembranas de VLDPE y CSPE rara vez se han utilizado desde 1997.

El cloruro de polivinilo con plastificantes (PVC-P) es una mezcla líquida de resina, plastificante, estabilizador y carga, que es un tipo de aditivo incorporado en la fórmula para mejorar el desempeño de la geomembrana. Las hojas de PVC-P son de un espesor con rango entre 1.0 y 3.0 mm. Las geomembranas de PVC son fácilmente soldadas con el campo de aire caliente (modificación por fusión térmica).

Las geomembranas de PVC pueden diferir en cuanto a la cantidad y los tipos de plastificantes y estabilizantes utilizadas en su fabricación, que se traduce en productos con diferentes actuaciones.

Las geomembranas de polietileno (PE) tienen espesores variables entre 0.5 y 3.0 mm, anchura usual alrededor de 7 m y más largo que 100 m, dependiendo del espesor de la hoja. Su contracción es casi insignificante, ya que no contienen componentes volátiles, pero la expansión térmica es considerable, llegando a las arrugas de forma de unos pocos centímetros. Su alta resistencia química y mecánica lo hace adecuado para aplicaciones sin protección de la cuesta de ataguías, canales y vertederos de impermeabilización y residuos industriales. Empalmes de campo pueden llegar a ser difícil, sobre todo en condiciones de rápido cambio climático.

La durabilidad del polietileno de alta densidad es alta y en la mayoría de los casos supera la vida útil de la estructura. En algunos casos, sin embargo, según varios autores, incluyendo Giroud (1994) e Ingold (1994), la geomembrana de polietileno puede presentar problemas de microfisuración bajo estrés (Stress craqueo), causada por una variación en la composición química y bajo la acción de tensiones mecánica más pequeña que la tensión de ruptura. Uno de los métodos para predecir el comportamiento de geomembranas de HDPE en cuanto al problema de microfisuración bajo estrés es realizar laboratorio pruebas de los materiales seleccionados, siguiendo los procedimientos estándar D5397 (ASTM, 1995), recomendado por Hsuan (2000).

Las geomembranas bituminosas (un geotextil impregnado en asfalto) son mezclas de hidrocarburos de alto peso molecular, obtenido a partir de depósitos naturales o por destilación del petróleo. Ellos exhiben un comportamiento visco-elástico, es decir, la deformación no sólo depende de la carga aplicada, sino también su duración y la temperatura. La principal desventaja de este tipo de geomembrana es el hecho de que los rangos de GM están simplemente paralizados y se conectan solamente por una película de betún.

Con respecto al proceso de fabricación para la geomembrana de polietileno siempre se utiliza el método de extrusión, que a su vez puede proporcionar dos variaciones: matriz plana o circular (globo). En el proceso de matriz plana la solución compuesta de resina y aditivos se ve obligado a tener dos calendarios paralelos, dando por resultado diversos paneles de espesor entre 0.75 y 3,0 mm. El proceso de matriz circular es de dos matrices concéntricas, orientadas verticalmente, donde la solución pasa a través de lo que resulta en una especie de tubería de gran diámetro, generado por soplado aire en su interior que enfría la hoja y dirige al sistema de rodillo superior, que conducen a la corte y la fractura. (Froebel, 1997)

Las geomembranas pueden reforzarse aún más, cuando, en la fábrica, se inserta dentro de una tela o material de tela no tejida o ser solidarizadas a una tela, en la forma de capas, llamado geocompuestos. El resultado de este acoplamiento tiene una serie de ventajas, tales como:

- Estabilidad durante el proceso de fabricación.
- Estabilidad dimensional de la geomembrana que podría reducir o expandir debido al cambio de temperatura.
- Mayor resistencia a la tracción, al desgarro, a punto de estallar y la punción.

El acabado de la superficie de las hojas de la geomembrana puede ser liso o texturizado. La textura en algunos casos es necesaria en una sola de las caras (SST, el solo textura del lado inglés) o en ambas (STD, doble cara con textura). Tres procesos se emplean para aumentar la rugosidad de la superficie de la hoja: la coextrusión, la intrusión y la laminación. Una descripción detallada cada uno de los métodos se puede encontrar en la publicación de Lodi (2003).

4.2.3 Selección de la geomembrana

La impermeabilización de las obras de infraestructura en diferentes campos de aplicación con el empleo de Geomembranas sintéticas, cada día es más frecuente, debido a que este sistema trae consigo ventajas económicas, técnicas y ambientales. Estas últimas se constituyen en un tema de vital importancia debido a la normativa que en los últimos años se ha creado para regular el uso y manejo de los recursos naturales.

Las Geomembranas de polietileno de alta densidad son aptas para recubrimiento de rellenos sanitarios, piscinas de lixiviados, recubrimiento de **canales**, minería, lagunas de oxidación, recubrimientos de reserva de agua, recubrimiento para material radioactivo o desperdicios líquidos peligrosos, recubrimientos para tanques de almacenamiento bajo tierra, recubrimiento para espejos solares.

Las Geomembranas HDPE se utilizarán en este proyecto en el recubrimiento de **canales**.

Las ventajas de utilizar el polietileno de alta densidad (HDPE), por sus propiedades químicas, se puede calificar como el material más apto cuando se trata de aplicaciones de recubrimiento, alcanzando mayor duración que otros polímeros cuando se encuentran expuestos a condiciones ambientales, rayos ultravioleta y ataque químico. Siendo las Geomembranas de HDPE las más utilizadas en el mundo para aplicación a la intemperie y en aplicaciones donde estén expuestas a ataques químicos como es el caso más extremo en un relleno sanitario. (Portaluppi, 2009)

El uso de revestimientos impermeables con Geomembranas que reemplazan los sistemas tradicionales de revestimiento de arcillas o concreto y, en términos de explotación y costos, ofrecen ventajas importantes como:

- Alta resistencia química, posiblemente el polímero con mayor resistencia química al ataque de ácidos, álcalis, disolventes orgánicos e inorgánicos.
- Alta resistencia mecánica en un amplio rango de temperatura.

- Durabilidad, numerosos estudios demuestran que la vida útil de la geomembrana PEAD está muy por encima de los 100 años, incluso expuesta a la intemperie.
- Posibilidad de verificar la estanqueidad de las soldaduras.
- La utilización de grandes anchos de lámina reducen el número de soldaduras en obra.
- Flexibilidad y polivalencia en un extenso rango de aplicaciones.
- Costo muy competitivo de producto y aplicación.

4.2.4 Importancia de recubrir con geomembrana

Para sustentar porque es importante la colocación de una membrana impermeable, sobre cualquier tipo de suelo para separar o impermeabilizarlos o más elementos, a continuación explicamos el proceso de disecación de la arcilla al sufrir el fenómeno de contracción y cambio de volumen:

El cambio de volumen es un problema muy serio en los suelos que son susceptibles de contraerse como es la arcilla. Puede incluir casi cualquier suelo cohesivo, estos suelos que sufren grandes cambios de volumen causan serios problemas en la ingeniería al permitir infiltración de líquidos que en muchos casos contaminan el suelo y las fuentes de agua, produciendo daños ambientales.

Todos los suelos arcillosos y en general los suelos cohesivos son susceptibles a cambios volumétricos, el grado de severidad de contrato expansión depende del mineral que se encuentra en los suelos, es así como el grado de figuración para suelos con presencia de mineral tipo illita es menor a aquellos que tienen motmorillonita. Cualquier pequeña fisura o grieta cambia drásticamente la permeabilidad de la masa de suelo tanto así que la permeabilidad de un suelo medida en laboratorio no es representativa de la permeabilidad de todo el terreno.

El problema de la expansión puede evitarse solo en los casos en los que el suelo puede ser confiablemente protegido contra la infiltración del agua, **lo cual solo se puede garantizar con membranas impermeables.** (Portaluppi, 2009)

El cambio de volumen está directamente relacionado con el límite de contracción y un poco menos con el Límite Líquido y Plástico, no existe un método confiable para cuantificar el cambio de volumen, factores tales como el tipo de arcilla, la sobrecarga, la relación de vacíos, el método de saturación y el ambiente general producen un intervalo muy amplio de los parámetros del problema como para disponer de una respuesta pronta y directa.

Como el cambio de volumen es un resultado de la presencia de suelos cohesivos y agua el problema también puede presentarse en áreas poco áridas como consecuencia del crecimiento de árboles y arbustos.



Ilustración 17. Suelo arcilloso.(Criar Peces)

En la estación decrecimiento de las raíces de los árboles pueden desecar temporalmente el suelo y en la estación latente el contenido de agua puede crecer resultando así un cambio estacional de volumen, esto puede convertirse en un problema ambiental: como el volumen y al mismo tiempo la destrucción de árboles y arbustos.

La arcilla sobre consolidada sin fisuras puede alcanzar permeabilidades de 1×10^{-10} cm/seg, y al presentarse el fenómeno de desecación y fisuración por cambios de volumen esta permeabilidad podrá alcanzar valores de 1×10^{-3} (valores similares a la de una arena), presentándose infiltraciones de los lodos, líquidos y gases a encapsular, en el suelo, lo cual puede ocasionar daños ambientales.

Por estas razones las cuales están sustentadas en el libro de propiedades geofísicas de los suelos de Joseph E. Bowles, es absolutamente necesario **colocar geomembrana en canales de riego.**

4.3 Campos de aplicación de Geomembranas

- ✓ Recubrimiento de canales.
- ✓ Rellenos sanitarios.
- ✓ Acuicultura.
- ✓ Recubrimiento de tanques y depósitos.
- ✓ Minería.
- ✓ Lagunas de oxidación.
- ✓ Almacenamiento de agua potable (reservorios).
- ✓ Piscinas de lodos.
- ✓ Recubrimiento de muros verticales: sencillos o dobles con detección de fugas.
- ✓ Control de filtración en presas de tierra.
- ✓ Recubrimientos impermeables de túneles.
- ✓ Para impermeabilizar la cara de tierra en presas de roca.
- ✓ Para el control de suelos expansivos.
- ✓ Como recubrimiento impermeable bajo el asfalto.

4.3.1 Aplicación de las geomembranas en canales

Existen varios tipos de canales; revestidos en concreto y canales en tierra. Con el tiempo los canales revestidos en concreto pueden fisurarse, causando filtraciones de agua igualmente que en los canales en tierra, que están sujetos a problemas de erosión y escape. (Portaluppi, 2009)

Por dicha razón es necesario asegurar la impermeabilización del sistema. Los revestimientos con geomembrana en canales han demostrado ser eficaces durante más de 40 años. Las geomembranas ofrecen un buen funcionamiento para proyectos de revestimiento de canales.

Las geomembranas para esta función muestran las siguientes características:

- Durabilidad a largo plazo.
- Estabilidad por radiación ultravioleta.
- Costuras con soldadura térmica mantenimiento reducido tramos largos y anchos en rollos grandes.
- Flexibilidad a bajas temperaturas.
- Mejoramiento de fluidos.

Los recubrimientos con geomembrana para canales pueden dejarse al descubierto o protegerse con una capa de tierra o concreto.

Las geomembranas estabilizadas por UV pueden mantenerse al descubierto por un periodo largo de tiempo sin que esto disminuya su nivel de funcionamiento. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de revestimiento de canales debe protegerse contra daños causados por rocas, escombros, equipos y vandalismo.

Algunas aplicaciones requieren una cubierta protectora de concreto sobre la geomembrana. La capa protectora de concreto puede moldearse en el sitio con acero de refuerzo, bombearse en moldes, premoldearse en paneles o aplicarse por rociado. (Portaluppi, 2009)



Ilustración 18. Canal recubierto con geomembrana. (Criar Peces)

4.4 Canales revestidos con geomembranas de polietileno

En el canal de revestimiento Daule – Río Nuevo, dentro del proyecto Daule – Vinces (DAUVIN), se continúa con el bombeo, donde se termina la colocación de la geomembrana de alta densidad, para encauzar las aguas acumuladas en la solera del canal y en los subdrenes.



Ilustración 20. Proceso de revestimiento del canal de Daule – Río Nuevo en la provincia de Guayas, Ecuador.



Ilustración 19. Terminación de revestimiento del canal Daule en Ecuador.



Ilustración 21. Mejoramiento del Canal Montargil, Portugal.

En la obra del Canal de Montargil – Santa Justa, donde el objetivo principal consistía en la rehabilitación y beneficiación del canal en una extensión total de aproximadamente 14Km, para ello fueron aplicados cerca de 130.000,00m² de Geomembrana de PEAD con 1,5mm de espesor, aplicada sobre una manta/tela de geotextil, después de la limpieza, deforestación y regularización del canal.

A lo largo del canal fueron varias las técnicas de amarre utilizadas variando de acuerdo con su mayor adecuación, tanto a la geometría del propio canal, o sea a las diferentes secciones, como a las características del terreno en sus bordes laterales.



Ilustración 22. Colocación de la geomembrana en el canal de Montargil.



Ilustración 23. Canal de Montargil.



Ilustración 24. Terminación paseo de canal de Montargil.

Impermeabilización de Canales: Instalación del revestimiento de canales

5.1 Sistemas de Impermeabilización

El sistema de impermeabilización se compone de:

Soporte

- 1) capa de drenaje.
- 2) capa de protección.
- 3) capa de filtro.
- 4) Capa impermeable.

Protección

- 5) protección sintética.
- 6) protección mineral.
- 7) Combinación.

Es necesario estudiar las condiciones exactas en las que el sistema de impermeabilización tiene que ser instalado y como debe funcionar. Diferentes parámetros pueden conducir a un mal funcionamiento del sistema. Por lo tanto, las condiciones geológicas y geotécnicas tienen que ser investigadas in situ.

5.2 Preparación del soporte

5.2.1 Calidad del terreno

La calidad del suelo es muy importante. Las investigaciones deben realizarse sobre la existencia de gas y de materia orgánica en el terreno. Podría ser necesario instalar drenajes para evacuar los gases que se desarrollan debajo del sistema de impermeabilización. (RENOLIT Ibérica S.A., 2013)

Hay múltiples razones para la sub-presión en el sistema de impermeabilización que pueden provocar un fallo en el sistema de estanqueidad:



Ilustración 25. Incremento de agua en la capa freática.

Una capa impermeable y el incremento de agua en la capa freática pueden conducir a una presión negativa, como se muestran en las ilustraciones.

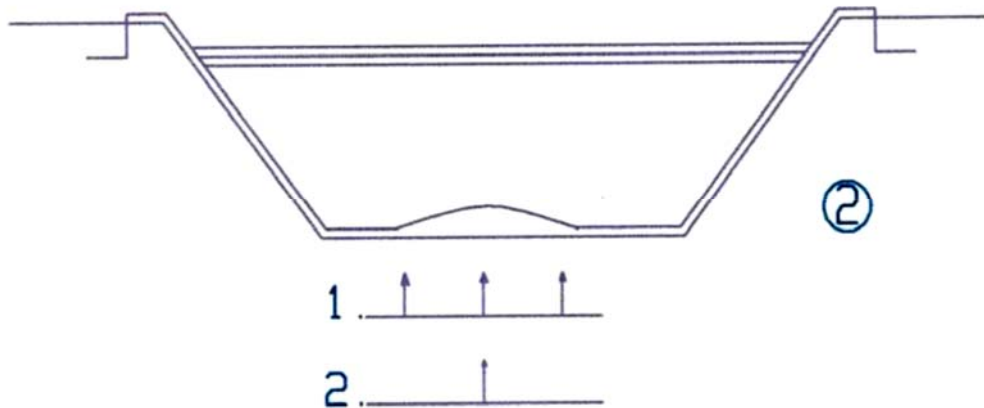


Ilustración 26. La presión debido al gas, y una capa permeable con una subida del nivel del agua en la capa. (RENOLIT Ibérica S.A., 2013)

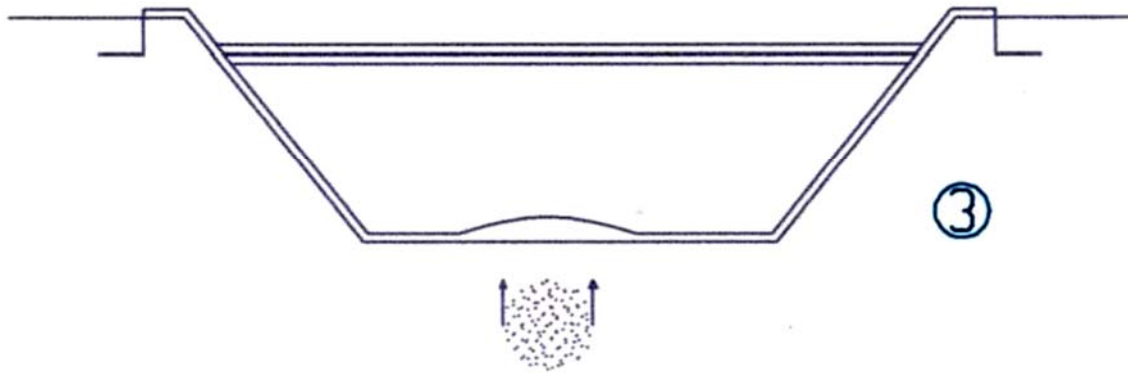


Ilustración 27. La disolución del material orgánico debajo del sistema de impermeabilización puede llevar a la sub-presión por debajo del sistema de impermeabilización.

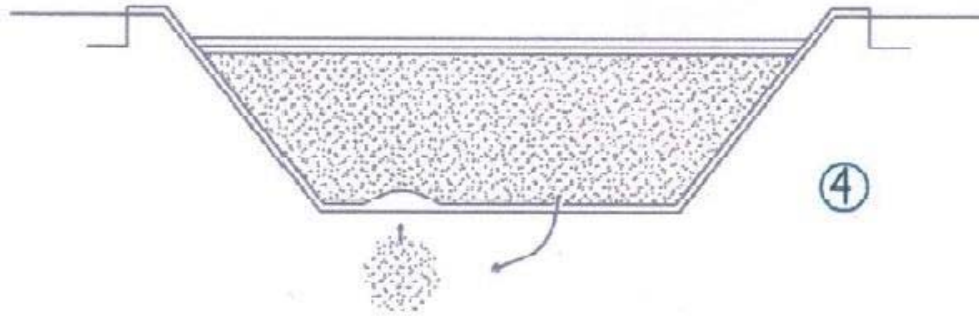


Ilustración 28. Fuga en una balsa de un líquido cargado con material orgánico.

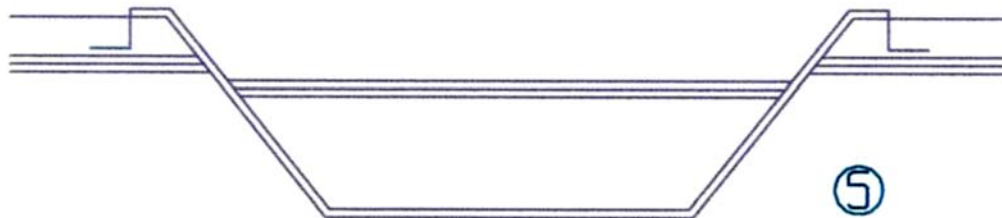


Ilustración 29. Un nivel freático más alto que el nivel del agua en la balsa provoca sub-presión.

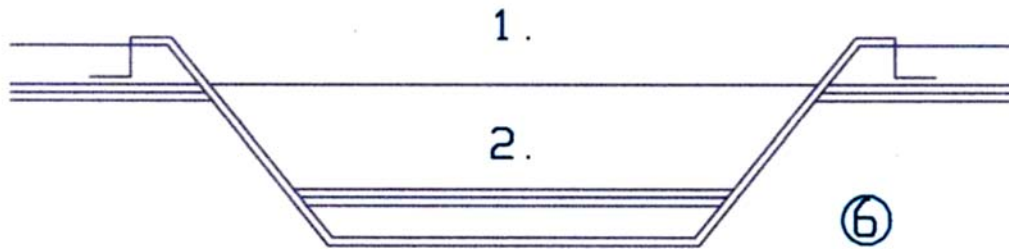


Ilustración 30. Vaciado rápido de la balsa en equilibrio con el exterior en el período de servicio.

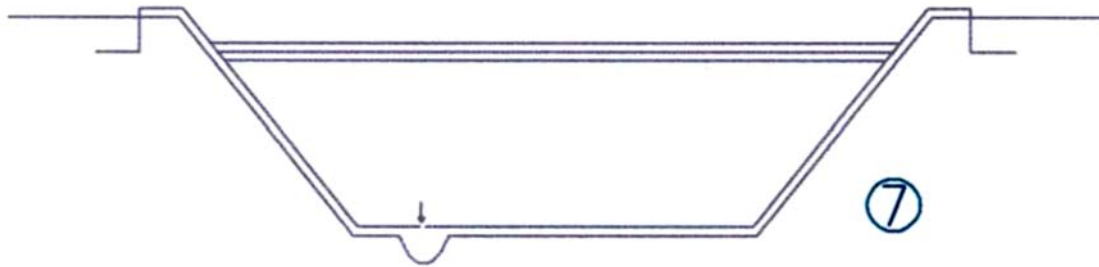


Ilustración 31. Hundimiento localizado como consecuencia de una fuga.

5.2.2. Drenaje

El drenaje tiene que garantizar la liberación de líquidos y gas de debajo de la geomembrana.

Antes de iniciar el proyecto se debería hacer un estudio sobre el drenaje, ya que cualquier error durante la obra puede conducir a serias deficiencias del sistema de impermeabilización.

Se debería tener en cuenta el drenaje para agua/gas bajo las siguientes condiciones:

- Cuando la tierra debajo del sistema de impermeable contiene materia orgánica.
- Cuando la tierra es cárstica o susceptible a la erosión interna.
- Cuando el canal está sujeta a una rápida subida de mareas.
- Cuando el agua subterránea temporal puede desarrollarse bajo la geomembrana.

(RENOLIT Ibérica S.A., 2013)

5.2.2.1. Drenaje de agua

El drenaje de agua se tiene que hacer de la siguiente manera:

- Una capa de material drenante con un espesor de 10 cm con un mínimo de 60% de arena, $0,5 < D < 5$ mm. Se debe colocar una capa sintética de separación entre el suelo y la capa de drenaje.
- Debe ser instalada una red de zanjas de drenaje con el fin de recoger los líquidos que surgen. Los tubos de drenaje están cubiertos con un geotextil para evitar la colmatación de los mismos debido a los gránulos finos.
- Drenaje geosintético en combinación con los tubos de drenaje.

5.2.2.2. Colectores y salidas

Todos los líquidos serán conducidos hasta los colectores, llevándolos a los puntos en donde se evacuan por gravedad. Si la evacuación por medio de la gravedad no es posible, se realizara por bombeo mediante la ayuda de una bomba. En este caso, se construirá un pozo en el punto más bajo, y se instalara una bomba automática con sistema de alerta, la cual deberá ser controlada cada semana. Para las obras de gran volumen y las conteniendo productos poluantes, el sistema de drenaje perpetra de control el caudal del escape. Esta recomendado de separar los sistemas de drenajes para localizar estos escapes eventuales.

5.2.2.3. Dimensionamiento de drenaje

Para medir la dimensión del drenaje se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- Cantidad de líquidos detrás de la geomembrana.
- Cantidad de líquido en caso de un fallo de la geomembrana.
- La presión máxima negativa en caso de vaciado rápido de la balsa o un fallo del sistema de impermeabilización.

En obras pequeñas se usan en general conductos semi-perforados con un diámetro de 125mm en combinación con bandas de geo espaciadores entre 0.2m a 0.5m de ancho. Para grandes proyectos el sistema de drenaje tiene que ser estudiado.

5.3. Concepto del sistema de impermeabilización

Después de determinar exactamente los parámetros del suelo y del sustrato se podrá escoger el sistema de impermeabilización.

(RENOLIT Ibérica S.A., 2013)

En general el sistema de impermeabilización consiste en:

- Una separación y/o una capa de protección: Geotextil de 500 g/m² min. se colocara encima del soporte (capas de drenaje). Su tarea es la de proteger y separar a la geomembrana del sustrato. En el caso de que la capa que se encuentra debajo de la geomembrana sea de arena, se tendrán que tomar las medidas de precaución oportunas durante las soldaduras de las geomembranas para evitar la contaminación de las zonas soldadas. (Tiras de geomembranas colocadas debajo de la zona actual de soldar y estiradas en la dirección del proceso de soldar siguiendo el progreso de la soldadura).
- Geomembrana: La elección de la geomembrana se debe hacer de acuerdo con la función que deba cumplir la geomembrana (PVC-P, PP o PE)

5.4. Instalación del sistema de impermeabilización

5.4.1. Instalación del geotextil

El geotextil se puede fabricar en diferentes anchos. Dependiendo de la obra el ancho puede ser importante. Para grandes superficies se debe usar un ancho máximo de hasta 8 m. También puede ser útil combinar dos anchos diferentes, para cubrir la totalidad del proyecto. Es difícil cortar el geotextil, por lo tanto, algunos rollos más pequeños pueden simplificar el trabajo.(RENOLIT Ibérica S.A., 2013)



Ilustración 32. Colocación del geotextil. (RENOLIT Ibérica S.A., 2013)

5.4.2. Instalación de las geomembranas

5.4.2.1. Prefabricación de paneles

Para grandes superficies se recomienda preparar los paneles de gran tamaño o mantas. Esto se refiere especialmente a las láminas de PVC-P que se producen en anchos de 2,15 m. En la fase de prefabricación, se pueden producir grupos de todo tipo de dimensiones.

Las ventajas de la prefabricación son las siguientes:

- La calidad de la soldadura es muy alta ya que las condiciones en la prefabricación no cambian.
- Reducción de costes en comparación con la soldadura in situ.
- Reducción del tiempo de trabajo ya que la prefabricación puede comenzar antes de la instalación a pie de obra.
- Reducción de las soldaduras in situ, por lo tanto, se reducen los fallos de soldadura a pie de obra.
- Reducción del tiempo de pruebas.

Para ser capaz de producir una prefabricación de paneles es necesario:

- Que las máquinas en el lugar estén disponibles para colocar los paneles sin destrucción.
- Diseñar un plan de montaje exacto siguiendo las condiciones del sitio.

La soldadura tiene que ser llevada a cabo con máquinas de soldadura automáticas de aire caliente. Se recomienda utilizar máquinas que realicen doble soldadura con canal de comprobación, con el fin de controlar las soldaduras mediante aire a presión. En el caso de una soldadura simple (estándar), se recomienda el control mediante un tubo de hierro (la apertura de 3,0 mm) con presión de aire.

Los paneles se podrán doblar en el caso de que la geomembrana tenga el espesor mínimo según la normativa, o enrolladas en un mandril para un espesores más importantes. Para evitar la destrucción de los paneles, estos tienen que ser embalados para ser transportados a pie de obra. (Ex. Caja de madera para transporte marítimo).

5.5 Preparación de la superficie

La superficie a recubrir debe estar lo más lisa posible, libre de objetos cortos punzantes, piedras angulosas y/o raíces que puedan rasgar la Geomembrana.

No deben presentar depósitos de agua, suciedad o humedad excesiva.

El terreno debe ser estable y firme. Si no fuere así, el diseñador o contratante deberá contemplar la compactación del terreno para evitar asentamientos excesivos o en su defecto, utilizar un Geotextil No Tejido para la protección de la Geomembrana.

Si se presentan niveles freáticos altos se debe proveer un sistema de sub-drenaje que controle el ascenso del nivel del agua sub-superficial. El sistema de sub-drenaje también sirve para evacuar posibles apariciones de gases que generan sub-presión en la Geomembrana. (Amanco Geosintéticos, 2010)

5.6 Procedimiento de instalación

La instalación de las Geomembranas HDPE se debe realizar totalmente en obra, mientras que las Geomembranas LLDPE se pueden modular en fábrica hasta áreas de 800 m².

Expertos en el área de geosintéticos recomiendan que la instalación de este sistema sea realizada por personal especializado, para garantizar la estanqueidad de la obra.

5.6.1 Cargue, transporte y descargue de materiales

Los rollos que pesan aproximadamente 1.5 Ton, serán llevados a la obra en camión y tendrán eslingas o correas para facilitar el descargue mediante la utilización de equipo (cargador, retroexcavadora, entre otros).

Es importante contar con una buena logística en lo referido al cargue, transporte y descargue de materiales, ya que cualquier daños a los mismo pueden arrastrar importantes consecuencias luego de ser instalados el revestimiento.

5.6.2 Extensión de los rollos

Para el manejo de los rollos en la obra es necesario contar con la disposición de equipo de carga que permita mover los rollos entre los frentes de trabajo. Durante el día de trabajo no se deben desplegar rollos que no vayan a sellarse. Los rollos de Geomembrana se desenrollarán usando métodos que no ocasionen daños, estiramientos o cizalladuras al material. El personal que camine sobre la Geomembrana deberá estar provisto de zapatos y ropa adecuada para no ocasionar daños. Sólo se debe permitir el acceso a personal autorizado y bajo ninguna circunstancia se debe fumar dentro del perímetro de trabajo de la Geomembrana.

Se debe restringir el tráfico vehicular directo o cualquier otro transporte de equipo pesado y diferente al utilizado en la instalación. No se debe utilizar la superficie de la Geomembrana como área de trabajo, almacenamiento de tubería o de cualquier otro tipo de elemento. (Amanco Geosintéticos, 2010)



Ilustración 33. Relleno Sanitario Yotoco, Valle del Cauca, 2006 (HDPE 60 mils)

La geometría y el tamaño del canal son importantes para determinar el método de instalación.

Secciones largas y rectas se deben instalar en sentido longitudinal, las curvas de una manera transversal como se muestra en los gráficos siguientes. Por lo tanto, se recomienda establecer un plan de instalación.

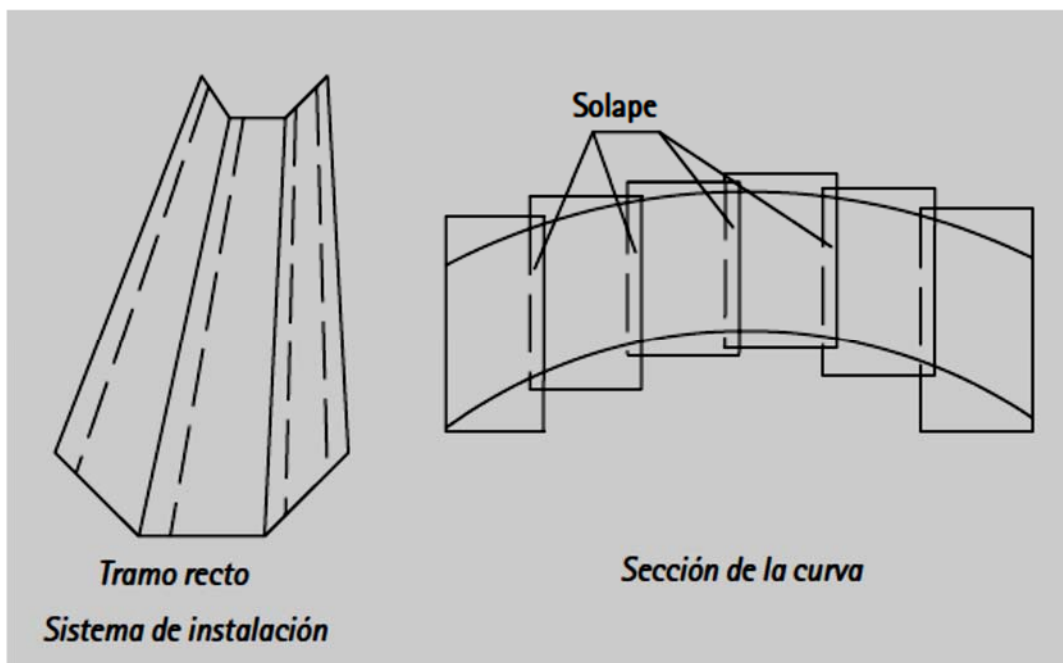


Ilustración 34. Sistema de instalación en curvas.

5.6.3 Colocación de la geomembrana

La instalación de la geomembrana con paneles prefabricados o mantas sólo pueden ser realizados si todos los trabajos relacionados con la calidad del sustrato (capas de granulados, capa de separación, drenaje) están completamente terminados y aprobados por el ingeniero responsable de la obra.

Las geomembranas se desenrollan sin tensión y deben estar superpuestas. El solapamiento depende de la máquina de soldadura que se utilizará (4 cm a 10 cm). Las máquinas que crean un canal para el control exigen un solapamiento entre 8 cm y 10 cm. Para la soldadura por extrusión la superposición límite es de 4 cm.

Se deberá tener en cuenta la temperatura exterior. Durante los períodos de altas temperaturas, el alargamiento de la geomembrana puede ser importante. En climas cálidos por lo tanto, se recomienda llevar a cabo la operación de soldadura a primera hora de la mañana cuando la geomembrana se ha enfriado durante la noche anterior. (RENOLIT Ibérica S.A., 2013)

La dilatación térmica de diferentes materiales es:

- PVC-P: Desplazamiento de 48 cm en 100 m de longitud con un cambio de 50°C (desde 20°C a 70°C)
- HDPE: Desplazamiento de 120 cm en 100 m de longitud con un cambio de 50°C (desde 20°C a 70°C) (Congdon, 1998)

5.7 Sellado en campo

El sellado en campo de los módulos de geomembrana se ejecutará con equipo de sellado por cuña caliente.

La superficie de sellado de la Geomembrana se limpiará para evitar contaminación por grasas, aceites, polvo y/o cualquier otro elemento indeseado.

Los únicos métodos aprobados para efectuar los sellados y reparaciones son los procesos térmicos, ya sea soldadura por extrusión o por fusión. Todo el equipo de sellado debe tener indicadores de temperatura y velocidad para efectuar las mediciones y calibraciones.

El principio de sellado térmico consiste en calentar las dos superficies que serán unidas, de tal manera que se logre ablandarlas para, acto seguido, mediante presión, unir las entañablemente.

5.7.1 Sellado por Fusión

Sistema que se realiza mediante la aplicación de energía generadora de calor que se funde con la ayuda de presión mecánica ejercida por un juego de rodillos.

El trabajo se efectúa tomando como referencia dos puntos paralelos sobre el traslape, generando una cavidad vacía en el centro (canal de prueba) que, posteriormente, permitirá efectuar pruebas no destructivas mediante inyección de aire.



Ilustración 35. Sellado por fusión. (Amanco Geosinteticos, 2010)

5.7.2 Sellado por Extrusión

Sistema de soldadura efectuado por un cordón continuo de polietileno de alta densidad, con el que se logra una óptima fusión por ser de la misma calidad de la Geomembrana. Este proceso es usado, principalmente, para reparaciones, parches y detalles especiales de fabricación.



Ilustración 36. Sellado por extrusión. (Amanco Geosinteticos, 2010)

5.8 Reparaciones

Cuando se presenten defectos, huecos, cizallamientos o roturas, se procederá a realizar las reparaciones mediante la colocación de un parche del mismo material, utilizando equipo de extrusión.

Cualquier sector de geomembrana que presente defectos se podrá reparar utilizando uno de los siguientes procedimientos.

Parcheo: Recomendado para reparar orificios grandes y sitios donde se hayan realizado pruebas, se logra colocandouna pieza de Geomembrana redondeada, fijada con cordón de extrusión.

Repaso y Resellado: Usado para repararsecciones pequeñas y selladas con extrusión.

Sellado de punteo: Consiste en reparar pequeñas perforaciones mediante el uso de la extrusora.

Refuerzo de sellado y extrusión: Consiste en realizar un sellado de refuerzo en toda la longitud (determinada como defectuosa) usando el proceso de extrusión.

Todas las reparaciones se efectuarán con el proceso de extrusión, y se preparará la superficie empleando pulidora previo al inicio del proceso de reparación

Los parches a colocar deben extenderse como mínimo 10 cm del sitio de falla, y deben ser redondeados con un radio mínimo de 10 cm.

(Amanco Geosintéticos, 2010)



Ilustración 38. Mapa provincia Peravia.

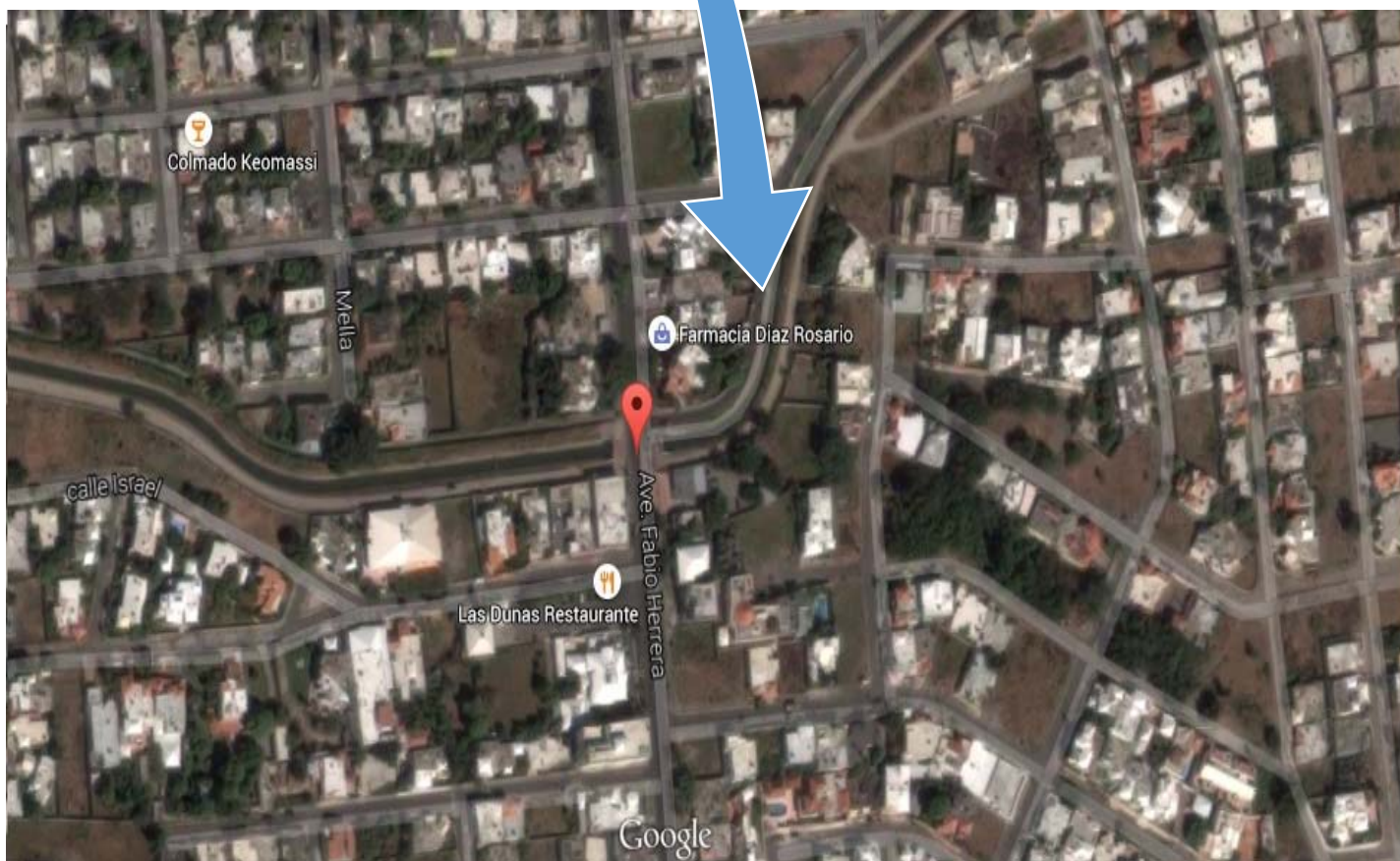


Ilustración 39. Ubicación Canal Marcos A. Cabral.

6.2 Sección canal Marcos A. Cabral

El canal Marcos A. Cabral cuenta con una sección transversal tipotrapezoidal con las siguientes medidas:

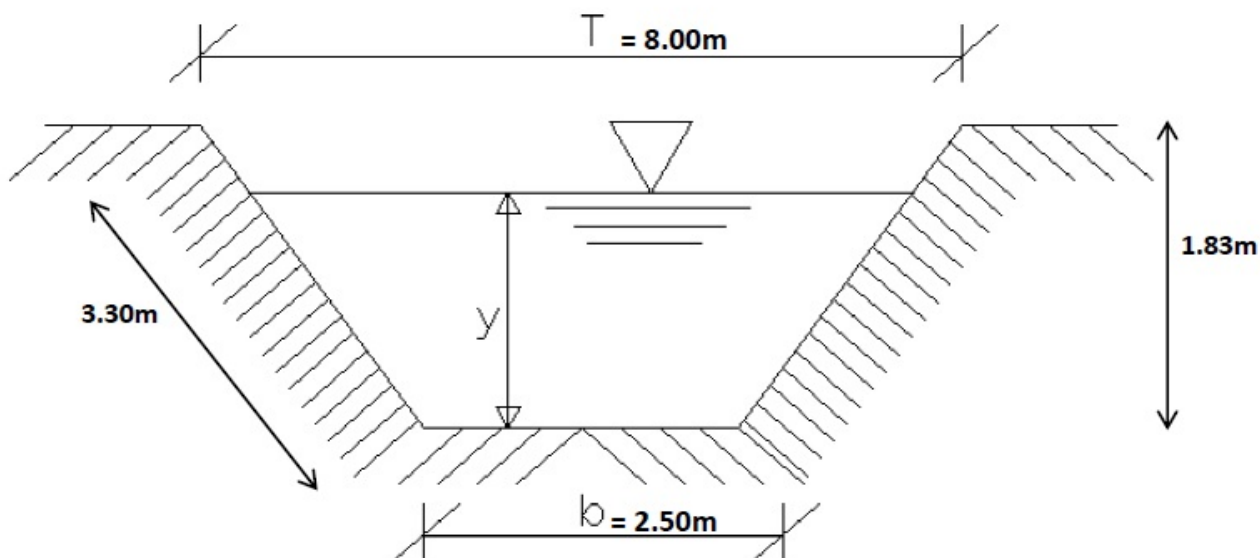


Ilustración 40. Sección transversal canal Marcos A. Cabral

6.3 Condición actual del canal Marcos A. Cabral

Actualmente, la comunidad de Santa Rosa Sur se encuentra desesperada ante el mal estado de un lateral del canal Marcos A. Cabral que atenta contra la salud de los cientos de residentes en esta parte del sector.

En Santa Rosa abajo, específicamente en la calle Toribio de Mesa atraviesa uno de los laterales del canal Marcos A. Cabral, el mismo se encuentra en condiciones deplorables debido a la acumulación de basura, razón por la cual en épocas de fuertes lluvias o de abundancia de agua el mismo se rebosa para penetrar las viviendas ubicadas en su proximidad y todo el vecindario.

A más de siete meses de que el presidente Danilo Medina desembolsara RD\$70 millones para ejecutar las obras que permitirían enfrentar la sequía en la provincia Peravia y otras localidades aledañas, hasta abril el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (Indhri) solo había ejecutado alrededor de RD\$27 millones.

Así consta en un informe entregado a LISTÍN DIARIO por el Comité Rescate Agua Canal Marcos A. Cabral, la comisión encargada de dar seguimiento a los trabajos que realiza el Indhri, conforme a las últimas informaciones que recibió de la institución.

El informe señala que para la rehabilitación del canal Marcos A. Cabral se designó un monto de RD\$37.4 millones y el Indhri indica que fueron RD\$30.1; para el canal Juan Caballero lo aprobado fue RD\$2.7 millones y dice fueron RD\$2.2; para el canal Nizao-Najayo RD\$14 millones y figuran RD\$13.1; y para el unificador Ocoa RD\$5.9 millones y lo presentan por RD\$12.7 millones.

En enero, el presidente Danilo Medina desembolsó de emergencia un cheque de RD\$70 millones para **mitigar los efectos de la sequía** que afecta la producción agrícola y pecuaria en la provincia Peravia. Este monto sería destinado para reparar los canales **Marcos A. Cabral** y Juan Caballero y construir las infraestructuras necesarias.

Esta disposición del mandatario llenó de júbilo a los banilejos, quienes dejaron sin efecto una huelga que tenían programada para final de ese mes. Sin embargo, otra vez sus esperanzas se desvanecen ante la lentitud con que avanzan los proyectos que, si bien no son la solución definitiva a sus problemas, por lo menos les permitirán enfrentar los prolongados períodos de escasez de agua.



Ilustración 41. Canal Marcos A. Cabral.



Ilustración 42. Canal Marcos A. Cabral con escasez de agua.



Ilustración 43. Basuras y arbustos en el canal.



Ilustración 44. Canal Marcos A. Cabral

6.4 Resumen presupuesto rehabilitación de un tramo de 100m de longitud del canal Marcos A. Cabral con revestimiento de hormigón.

NO	PARTIDAS	CANT.	UD	PU RD\$	VALOR RD\$	SUB-TOTAL RD\$
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.01	CASETA PARA MATERIALES	1.00	P.A.	47,775.42	47,775.42	
1.02	REPLANTEO DEL CANAL DE SECCION TRAPECIAL	1.00	P.A.	15,241.49	15,241.49	
1.03	REPLANTEO FUMIGACION TERRENO	910.00	M2	32.00	29,120.00	
						92,136.91
2	MOVIMIENTO DE TIERRA					
2.01	EXCAVACION Y RETIRO DE MATERIAL	46.23	M3	695.15	32,136.78	
						32,136.78
3	CARPINTERIA					
3.02	PREPARACION Y COLOCACION DE CERCHAS	40.00	UD	597.00	23,880.00	
						23,880.00
4	REVESTIMIENTO					
4.01	HORMIGON FC= 175KG/CM2	46.23	M3	6,053.40	279,836.58	
4.02	PULIDO DE HORMIGON	910.00	M2	121.35	110,428.50	
						390,277.18
5	TERMINACION DE SUPERFICIE					
5.01	EXTRACCION DE CERCHAS	40.00	UD	175.00	7,000.00	
5.02	CURADO DE HORMIGON	1.00	P.A.	500.00	500.00	
5.03	LLENADO DE JUNTAS DE DILATACION	1.53	M3	1,200.00	1,836.00	
						15,833.60
	SUB-TOTAL PRESUPUESTO					554,264.47

COSTOS INDIRECTOS		
DIRECCION TECNICA Y RESPONSABILIDAD	10.00%	55,426.45
GASTOS ADMINISTRATIVOS	3.00%	16,627.93
TRANSPORTE	5.00%	27,713.22
SEGURO TODO RIESGO	1.50%	8,313.97
SEGURO SOCIAL CONTRA ACCIDENTE	2.83%	15,685.68
LIQUIDACION DE OBREROS	0.80%	4,434.12
LEY 686 DE PENSION Y JUBILACION	1.00%	5,542.64
SUPERVISION INDRHI	5.00%	27,713.22
ITBIS (18% DE LA DIRECCION TECNICA)	1.80%	9,976.76
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		171,434.00
TOTAL PRESUPUESTO		725,698.47

6.4.1 Partidas presupuesto

CASETA DE MATERIALES							
Ítems	Descripción	Libra	P. U. RD\$	Rend.	Factor	Cantidad	Valor RD\$
MATERIALES							
cer103	Bisagras "Stanley" 3 1/2" x 31/2" doradas	Par	100	1	1	8	800
cer203	Candado	UD	200	1	1	2	400
mis004	Clavos corrientes	Libra	24	1	1	41.7	1,000.80
tec128	Clavos de zinc	UD	9	1	1	14.36	129.24
ele502*	Interruptores sencillos	UD	2,501.02	1	1	3	7,503.06
ele501*	Luces cenitales	UD	802.6	1	1	3	2,407.80
cer201	Pestillo 4" corriente	UD	30	1	1	7	210
mad001	Pino bruto importado	PC	40	0.8	0.25	817.66	10,220.75
tec122	Plancha zinc acanalado 3'x 6' cal. 29	UD	63	1	0.25	108	1,701.00
mad004	Plywood 4'x 8'x 3/4" "Formaleta" 2 caras	UD	1,310.00	1	0.17	17	3,785.90
cer202	Porta-candado 4" corriente	UD	8	1	1	2	16
eba003	Puerta de Plywood 3/16"	P2	45	1	0.17	64	489.6
ele508*	Toma-corrientes dobles 110 v.	UD	782.95	1	1	1	782.95
SUB-TOTAL MATERIALES							29,447.10
MANO DE OBRA							
car102	Ayudante carpintería		1,070.04	1	1	8	8,560.32
car103	Carpintero de 2da.		1,221.00	1	1	8	9,768.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA							18,328.32
EQUIPOS							
SUB-TOTAL EQUIPOS							-
TOTAL PARTIDA							47,775.42

EXCAVACION Y BOTE DE MATERIAL

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend.	Factor	Cantidad	Valor RD\$
OTROS							
bot001	Bote de material excavado	M3	250.00	1.00	1.00	1.2500	312.50
exc013a	Excavación	M3	382.65	1.00	1.00	1.0000	382.65
SUB-TOTAL OTROS							695.15
TOTAL PARTIDA		M3					695.15

CARPINTERIA

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend.	Factor	Cantidad	Valor RD\$
MATERIALES							
	Listones 2"x 2" de 3.3m	M3	75.00			2.0000	150.00
	Listones 2"x 2" de 8 m	M3	150.00			1.0000	150.00
	Listones 2"x 2" de 2.50m	M3	65.00			1.0000	65.00
SUB-TOTAL PARA UNA CERCHA							365.00
MANO DE OBRA							
car102	Ayudante carpintería		95.00			1	95.00
car103	Carpintero de 2da.		137.00			1	137.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA							232.00
TOTAL PARTIDA							597.00

REPLANTEO

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend.	Factor	Cantidad	Valor RD\$
PERSONAL							
	Ingeniero de Control de Obras	Hrs	175			12.00	2,100.00
	Topógrafo	Hrs	98			24.00	2,352.00
	Nivelador Seccionista	Hrs	98			24.00	2,352.00
	Cadeneros (1)	Hrs	56			24.00	1,344.00
	Portamiras (1)	Hrs	56			24.00	1,344.00
	Peones (2)	Hrs	49			32.00	1,568.00

EQUIPO

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend.	Factor	Cantidad	Valor RD\$
	Vehículo / Camioneta , Alquiler	Hrs.	0			62.91	-
	Tránsito, Nivel, Mira, Cinta, Etc./Alquiler	Dias	500			25.00	12,500.00
	Equipo Menor y Herramientas / Alquiler	Hrs.	0.7170833			62.00	44.46
Total Ingeniería A Tiempo Completo / Costo Por Mes =							12,544.46
						3.00 dias	Tiempo 1 4,181.49

TOTAL PARTIDA							66	15,241.49
----------------------	--	--	--	--	--	--	-----------	------------------

REVESTIMIENTO HORMIGON

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend. Factor	Cantidad	Valor RD\$
MATERIALES						
	HORMIGON 175 KG/CM2 (HORMG. FERNANDEZ)	M3	6,053.40		46.2300	279,848.68
	SUB-TOTAL					279,848.68
MANO DE OBRA						
	PULIDO HORMIGON	M2	121.35	1	1	910 110,428.50
	SUB-TOTAL MANO DE OBRA					110,428.50
TOTAL PARTIDA		M3				390,277.18

TERMINACION DE SUPERFICIE

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend. Factor	Cantidad	Valor RD\$
MANO DE OBRA						
	ESTRACCION CERCHA	UD	175.00		40.0000	7,000.00
	CURADO HORMIGON	DIAS	500.00		14.0000	7,000.00
	RELLENO DE JUNTAS	M3	1,200.00		1.5280	1,833.60
	SUB-TOTAL					15,833.60
TOTAL PARTIDA						15,833.60

6.5 Resumen presupuesto rehabilitación de tramo del canal Marcos A. Cabral con revestimiento de geomembrana de polietileno HDPE.

NO	PARTIDAS	CANT.	UD	PU RD\$	VALOR RD\$	SUB-TOTAL RD\$
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.02	REPLANTEO DEL CANAL DE SECCION TRAPECIAL	1.00	P.A.	15,241.49	15,241.49	
1.03	REPLANTEO FUMIGACION TERRENO	910.00	M2	32.00	29,120.00	
						44,361.49
2	MOVIMIENTO DE TIERRA					
2.01	EXCAVACION Y RETIRO DE MATERIAL	46.23	M3	695.15	32,136.78	
						32,136.78
3	REVESTIMIENTO					
3.01	GEOMEMBRANA DE POLIETILENO HPDE	1,160.00	M2	150.50	174,580.00	
3.02	GEOTEXTIL SEPARADOR Y PROTECTOR	1,160.00	M2	35.00	40,600.00	
						360,180.00
	SUB-TOTAL PRESUPUESTO					436,678.27
COSTOS INDIRECTOS						
	DIRECCION TECNICA Y RESPONSABILIDAD	10.00%			43,667.83	
	GASTOS ADMINISTRATIVOS	3.00%			13,100.35	
	TRANSPORTE	5.00%			21,833.91	
	SEGURO TODO RIESGO	1.50%			6,550.17	
	SEGURO SOCIAL CONTRA ACCIDENTE	2.83%			12,358.00	
	LEY 686 DE PENSION Y JUBILACION	1.00%			4,366.78	
	SUPERVISION INDRHI	5.00%			21,833.91	
	ITBIS (18% DE LA DIRECCION TECNICA)	1.80%			7,860.21	
	TOTAL COSTOS INDIRECTOS					131,571.16
	TOTAL PRESUPUESTO					568,249.43

6.5.1 Partidas presupuesto

REPLANTEO						
Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend. Factor	Cantidad	Valor RD\$
PERSONAL						
	Ingeniero de Control de Obras	Hrs	175		12.00	2,100.00
	Topógrafo	Hrs	98		24.00	2,352.00
	Nivelador Seccionista	Hrs	98		24.00	2,352.00
	Cadeneros (1)	Hrs	56		24.00	1,344.00
	Portamiras (1)	Hrs	56		24.00	1,344.00
	Peones (2)	Hrs	49		32.00	1,568.00

EQUIPO						
Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend. Factor	Cantidad	Valor RD\$
	Vehículo / Camioneta , Alquiler	Hrs.	0		62.91	-
	Tránsito, Nivel, Mira, Cinta, Etc./Alquiler	Dias	500		25.00	12,500.00
	Equipo Menor y Herramientas / Alquiler	Hrs.	0.7170833		62.00	44.46
Total Ingeniería A Tiempo Completo / Costo Por Mes =						12,544.46
					3.00 dias	Tiempo Total
						4,181.49

TOTAL PARTIDA	15,241.49
----------------------	------------------

EXCAVACION Y BOTE DE MATERIAL						
Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend. Factor	Cantidad	Valor RD\$
OTROS						
bot001	Bote de material excavado	M3	250.00	1.00 1.00	1.2500	312.50
exc013a	Excavación	M3	382.65	1.00 1.00	1.0000	382.65
SUB-TOTAL OTROS						695.15
TOTAL PARTIDA		M3				695.15

REVESTIMIENTO CON GEOMEMBRANA DE POLIETILENO HDPE DE SOTRAFA

Ítems	Descripción	Unidad	P. U. RD\$	Rend. Factor	Cantidad	Valor RD\$
MATERIALES						
	GEOTEXTIL SEPARADOR Y PROTECTOR	M2	35.00		1,160.0000	40,600.00
	GEOMEMBRANA HDPE	M2	150.50		1,160.0000	174,580.00
	SUB-TOTAL					215,180.00
MANO DE OBRA						
	INSTALACION	M2	125.00		1160	145,000.00
	SUB-TOTAL MANO DE OBRA					145,000.00
TOTAL PARTIDA		M3				360,180.00

Conclusión

En base a los criterios de análisis y al análisis de las alternativas consideradas realizado en el tema de investigación, hay diversas alternativas que debido a determinadas circunstancias se descartan por no dar solución a la problemática existente, tratarse de técnicas o materiales poco apropiados para el revestimiento de canales de riego, etc.

En cuanto a las alternativas mencionadas que plantean fundamentalmente el revestimiento de canales de los sistemas de riego, nos encontramos ante cuatro posibilidades consideradas: revestimiento con hormigón, revestimiento con mortero, revestimiento con concreto asfáltico y revestimiento con geomembrana de polietileno de alta densidad.

Las alternativas de hormigón y mortero plantean el uso de materiales parecidos, y la gran diferencia existente entre ambas es el precio y las propiedades de uno y otro material.

El hormigón es un material muy utilizado en el revestimiento de canales de riego, muchos de los canales revestidos con hormigón presentan una buena impermeabilidad aunque es un material caro. En cambio, el mortero no es un material habitualmente utilizado en el revestimiento de canales, ya que no llega a presentar las propiedades de impermeabilidad que tiene el hormigón. El mortero debe fabricarse y ejecutarse bajo un estricto control para evitar que se fisure y que contenga poco cemento. La gran ventaja es que presenta un costo mucho menor, aproximadamente la mitad, que el hormigón.

El concreto asfáltico requiere de un menor espesor para asegurar el revestimiento del canal, pero que implican el empleo de mano de obra y maquinaria especializadas para su ejecución, además de un nivel de control durante la ejecución y de la calidad del acabado.

El concreto asfáltico es más gruesa que la geomembrana, pero también menos resistente. Conceptualmente son revestimientos casi similares, simplemente varía el material constituyente de la lámina impermeable. El revestimiento con lámina asfáltica es más económico que con geomembrana plástica, pero la diferencia entre ambos es muy poca, poco representativa. Ambos tipos de revestimiento tienen un **presupuesto inferior** que el que requiere **el revestimiento con hormigón**.

La geomembrana es un laminado plástico fabricado de polietileno de alta densidad y alto peso molecular, de alta resistencia a los rayos ultravioleta de un coeficiente de expansión del 700% y alta resistencia a la tensión, para usarse como barrera impermeable a la acción del agua, productos químicos, petroquímicos, desechos sólidos (industriales y urbanos), minería, así como el almacenamiento, conservación y tratamientos de agua y uso en acuicultura, sobre muy diferentes substratos, que pueden ser tierra, arena, concreto o acero.

Las principales ventajas que podemos beneficiarnos del uso de geotextiles son las siguientes:

- Presentan una alternativa más económica comparada con métodos constructivos tradicionales.
- Son versátiles, flexibles, resistentes y se adaptan a las irregularidades del terreno.
- Son de fácil aplicación y rápido manejo.
- Tienen una amplia variedad de aplicaciones en la construcción y aumentan la vida útil de las instalaciones.

Por estas, y muchas más razones, la geomembrana de polietileno es el sistema de revestimiento de canales más efectivo y recomendado por instituciones nacionales e internacionales.

7.2 Resumen comparativo entre el revestimiento con hormigón y con geomembrana



Si se considera un canal de concreto, bien construido y con revestimiento nuevo, y se vuelve a analizar el mismo canal después de años de uso, sin un adecuado mantenimiento, su rugosidad podría fácilmente pasar de la clase 1 a la clase 7, lo que significaría que el canal podría transportar solamente **el 32 % de su capacidad potencial**, si estuviera en óptimas condiciones, **lo que no pasaría con la geomembrana.**

Anexos

Anexo No. 1

Tabla 2. Requerimientos mínimos de propiedades hidráulicas del geotextil.

Propiedad	Norma de ensayo	Valor Mínimo Promedio por Royo (VMPR)
Permisividad	INV E-905	0.05 s ⁻¹
Tamaño de Abertura Aparente	INV E-907	0.43 mm
Estabilidad Ultravioleta	INV E-910	50% después de 500 h de exposición

(INSTITUTO AGRARIO, 2014)

Anexo No. 2

Tabla 3. Ficha técnica GeomembranaHDPE ML-40 mils.

CONCEPTO	METODO	UNIDAD	VALOR
Espesor promedio	ASTM D5199	MM	1.00
Espesor mínimo de 10 lecturas	ASTM D5199	MM	0.90
Densidad	ASTM D792	g/cm ³	0.940
Resistencia a la rotura	ASTM D6693 - IV	kN/m	30
Resistencia en el punto de fluencia	ASTM D6693 - IV	kN/m	15
Elongación a la rotura	ASTM D 6693 - IV	%	730
Elongación en el punto de fluencia	ASTM D 6693 - IV	%	15
Resistencia al rasgado	ASTM D1004	N	130
Resistencia al punzonado	ASTM D4833	N	410
Resistencia al agrietamiento	ASTM D5397	h	> 300
Contenido negro de humo	ASTM D4218	%	2 – 3
Dispersión de negro de humo	ASTM D5596		NOTA 2
Tiempo de oxidación inducida OIT Alta Presión	ASTM D5885	Min	> 680
Tiempo de oxidación inducida OIT Estandar	ASTM D3895	Min	> 120
Envejecimiento en horno a 85° C (% mínimo retenido de OIT Alta Presión después de 90 días)	ASTM D5721 ASTM D5885	%	> 80
Resistencia al UV (% mínimo retenido de OIT Alta Presión después de 1600 horas)	ASTM D7238 ASTM G154 ASTM D5885	%	> 80

(ACE ENGINEERING SERVICES S.A. de C.V., 2014)

Anexo No. 3

Tabla 4. Ficha técnica GeomembranaHDPE ML-60 mils

CONCEPTO	METODO	UNIDAD	VALOR
Espesor promedio	ASTM D5199	MM	1.50
Espesor mínimo de 10 lecturas	ASTM D5199	MM	1.35
Densidad	ASTM D792	g/cm ³	0.940
Resistencia a la rotura	ASTM D6693 - IV	kN/m	44
Resistencia en el punto de fluencia	ASTM D6693 - IV	kN/m	23
Elongación a la rotura	ASTM D 6693 - IV	%	750
Elongación en el punto de fluencia	ASTM D 6693 - IV	%	15
Resistencia al rasgado	ASTM D1004	N	197
Resistencia al punzonado	ASTM D4833	N	520
Resistencia al agrietamiento	ASTM D5397	h	> 300
Contenido negro de humo	ASTM D4218	%	2 – 3
Dispersión de negro de humo	ASTM D5596		NOTA 2
Tiempo de oxidación inducida OIT Alta Presión	ASTM D5885	Min	> 680
Tiempo de oxidación inducida OIT Estandar	ASTM D3895	Min	> 120
Envejecimiento en horno a 85° C (% mínimo retenido de OIT Alta Presión después de 90 días)	ASTM D5721 ASTM D5885	%	> 80
Resistencia al UV (% mínimo retenido de OIT Alta Presión después de 1600 horas)	ASTM D7238 ASTM G154 ASTM D5885	%	> 80

(ACE ENGINEERING SERVICES S.A. de C.V., 2014)

Anexo No.4

Tabla 5. Coeficiente n para la fórmula de Manning para canales revestido con hormigón.

Clase	Naturaleza de las paredes	n
1	Canal revestido con losas de hormigón, teniendo juntas de cemento lisas y limpias, y una superficie lisa fratasada a mano y con lechada de cemento sobre la base de hormigón.	0.013
2	Canal de hormigón colocado detrás de un encofrado y alisado.	0.014
3	Zanja pequeña revestida de hormigón, recta y uniforme, con fondo ligeramente cóncavo, los lados y el fondo recubiertos con un depósito áspero.	0.016
4	<ul style="list-style-type: none">• Revestimiento con concreto arrojado sin tratamiento de alisado.• Superficie cubierta con algas finas y el fondo con dunas de arena arrastrada.	0.018
5	Canal de tierra excavado en arcilla limosa, con depósitos de arena limpia en el centro y barro arenoso limoso cerca de los lados.	0.018
6	Revestimiento de hormigón hecho sobre roca y lava cortada, en excavación limpia, muy áspera y pozos profundos.	0.020
7	Canal de riego, recto en arena lisa y apretada fuertemente.	0.020
8	Revoque o repello en cemento, aplicado directamente a la superficie preparada del canal de tierra. Con pasto en los lugares rotos y arena suelta en el fondo.	0.022
9	Canal excavado en arcilla limo arenosa. Lecho parejo y duro.	0.024
10	Zanja revestida en ambos lados y en el fondo piedra partida acomodada en seco.	0.024
11	Canal excavado en colina, con la ladera superior cubierta de raíces de sauces y la ladera inferior con muros de hormigón bien ejecutado. Fondo cubierto con grava gruesa.	0.026
12	Canal con fondo de guijarros, donde hay insuficiente sedimento en el agua, o velocidad muy alta que impide la formación de un lecho liso y nivelado.	0.028
13	Canal de tierra excavado en suelo arcillo-arenoso aluvial, con depósitos de arena en el fondo y crecimiento de pastos.	0.029

14	Canal en lecho de guijarros grandes.	0.030
15	Canal natural algo irregular en sus pendientes laterales; con fondo algo uniforme, limpio y regular; en arcilla arenoso gris claro a limo gredoso de color marrón claro; con poca variación en la sección transversal.	0.035
16	Canal en roca excavado con explosivos.	0.040
17	Zanja de arcilla y greda arenosa; pendiente lateral, fondo y secciones transversales irregulares, pastos en los lados.	0.040
18	Canal dragado, pendientes laterales y fondo irregulares en arcilla negra plástica en la parte superior y en el fondo arcilla, los lados cubiertos con pequeños arbolitos y arbustos, variación pequeña y gradual en la sección transversal.	0.045
19	Canal dragado, con pendiente lateral y fondo muy irregular, en arcilla plástica de color obscuro, con crecimiento de pasto y musgo. Pequeñas variaciones en la forma de la sección transversal para la variación en tamaño.	0.050
20	Zanja en arcilla muy arenosa; Lado y fondo irregulares; prácticamente toda la sección llena con árboles de gran tamaño, principalmente sauces y aldoneros. Sección transversal bastante uniforme.	0.060
21	Canal dragado en arcilla resbaladiza negra y greda arcillo-arenosa gris, lados y fondo irregular recubierto con crecimiento denso de arbustos de sauces, algunos en el fondo; el resto de las laderas cubierto con pastos y crecimiento espaciado de sauces y álamos sin follaje; algún depósito en el fondo.	0.080
22	Igual que (21) pero con mucho follaje.	0.110
23	Canales naturales en crecida en arena fina media a arcilla fina, sin pendientes laterales; fondo adecuadamente parejo y regular con ocasionales hoyas planas; variación en profundidad; maderas prácticamente vírgenes, muy poco crecimiento inferior excepto manchas densas ocasionales de ramaje y árboles pequeños, algunos troncos y árboles caídos muertos.	0.125
24	Rio natural en suelo de arcilla arenosa. Curso muy sinuoso, pendiente lateral irregular y fondo desparejo. Muchas raíces árboles y ramas, grandes troncos y otros residuos sobre el fondo. Hay árboles cayendo continuamente en el canal debido a la erosión de las márgenes.(Chow., 1983.)	0.150

Anexo No. 6



Corotos

Anúnciate Gratis

Crea un perfil Facebook®
Conéctate con amigos, familiares y compañeros. ¡Crea un perfil hoy!



El Observado

Un Diario Ciudadano de **mIVOZ**

Inicio Local Cultura Deporte Economía Política Tecnología Editorial Contáctenos Jueves, 06 de agosto de 2015   

No todo estaba cocinado...  @gorecoquimbo

Sociedad » Local

Geomembranas para mitigar la escases hídrica en la región

El Intendente encabezó la entrega de geomembranas que servirán para revestir los canales de la región de Coquimbo, esto permitirá disminuir las pérdidas de agua por infiltración que en algunos lugares de la región alcanza hasta el 60%.

Por Carlos Martín Neira 30 de Diciembre, 2012 00:12
892 Lecturas Comentar

Ante la escasez hídrica que enfrenta la región de Coquimbo, el Gobierno Regional y el Ministerio de Agricultura adoptaron como medida de mitigación la entrega de geomembranas para el revestimiento de canales por un monto total de mil millones de pesos, que ya han comenzado a ser repartidas en terreno desde el 13 de diciembre.



Así en un acto simbólico se realizó la entrega de dos camiones con el material, equivalentes a 9 rollos para la Junta de Vigilancia del Río Limarí, 9 rollos para el Río Illapel y 3 rollos para los usuarios de la Junta de Vigilancia del Río Huatulame. En total, este aporte permitirá revestir 45.635 metros cuadrados en los canales de esa zona.

El Intendente Mario Burlé señaló que "como gobierno regional y como gobierno central estamos absolutamente preocupados del problema de la sequía y una de las medidas que nos han pedido los regantes es la compra de geomembranas; que es una compra que se realizó con fondos provenientes del gobierno regional y yo agradezco a los consejeros este apoyo de mil millones de pesos."

Además la máxima autoridad de la región de Coquimbo mencionó que "estas geomembranas están destinadas para regantes de la provincia de Limarí y del Choapa y vamos a tomar todas y cada una de las medidas pendientes para apalejar los efectos de la sequía."

Por su parte El Coordinador regional de la Comisión Nacional de Riego, Félix Olivares dijo que "en el caso de la región y dada la emergencia, se aplicarán en canales, existe una experiencia en la provincia del Limarí donde ya las están aplicando con éxito y en base a eso estamos haciendo un simil de esta experiencia."

En tanto, La Seremi de Agricultura Daniela Norambuena, destacó que "en la región cada año se pierde por infiltración cerca de 200 millones de metros cúbicos de agua, es decir, un embalse Puclaro completo, por tanto, atacar justamente el origen del problema con las geomembranas es una medida importante que puede generar un cambio rápido cuyos resultados se verán en la próxima temporada".

Además en la ocasión estuvieron presentes los Diputados Mario Bertolino y Matías Walker, quienes también compartieron sus impresiones respecto a la entrega de estas herramientas para paliar la escases del recurso agua en la región.

Para Bertolino esta medida es importante ya que "es una de las primeras necesidades que los regantes de la región han manifestado al gobierno; la necesidad de impermeabilizar los canales para que la poca agua disponible y almacenada que tenemos en los tranques no se pierda por infiltración en su

Noticias Relacionadas

- 100% de geomembrana es distribuida en la provincia del Limarí
- Regantes del Río Rapel son los primeros beneficiados con la entrega de geomembrana
- "Nivel de embalses nos obliga a acelerar iniciativas de infraestructura hídrica"
- Injectan \$1.450 millones para proyectos de regantes de la Región de Coquimbo
- CNR publica resultados preliminares de primer concurso de Ley de Riego con recursos GORE por \$1.350 millones



facebook
Create a Facebook Profile
Sign up for free and connect to the world



Corotos

Anúnciate Gratis

Revisa co
si tiene
sin col
los b

BUSCAR A

compe
Banc
San
Banca

EXPOM
DEL PA
28 A
DE OC
IQUIQUE

Tweets

 **Ignacio**
@IgnacioC
Me comí un cuch
No hay caso... Si
Serena no es lo n

Compose new

El O
M
Sé el primero d
en indicar que i


conducción a los predios, por lo tanto acá estamos maximizando lo que tenemos almacenado."

En tanto Walker señaló que "es una medida muy importante, que solicitamos en el mes de agosto en una reunión que tuvimos con todos los regantes del sistema Paloma. Recordemos que un 50% de estos recursos van destinados a los regantes de la provincia del Limarí, que a nuestro juicio se demoró en implementarse, ya que esta inyección de recursos por parte del Consejo Regional se concretó en el mes de agosto y es importante ya que finalmente está llegando

¿Qué es una geomembrana?

Es una lámina de plástico o polímero, de baja permeabilidad y flexible, adaptable a los terrenos, con el cual se reviste el canal con el objetivo de evitar que el agua se infiltre hacia la tierra.

La geomembrana es una alternativa a los revestimientos actualmente utilizados en canales, como por ejemplo el hormigón, ya que tiene un costo de hasta un 70% más económico y es de rápida instalación.



Etiquetas

agua, Crisis Hídrica, geomembranas, recurso hídrico, Región de Coquimbo

Twitter 2 Me gusta 7 Compartir 7

Ver y comentar este video »

facebook Crea un Perfil Facebook Conéctate con Amigos y Familiares ¡Crea un Perfil Hoy!



Encuesta »

¿Estuvo bien el cambio de la ex intendenta Hanne Utreras?: Si No [Votar]



Crucero Caribe 3x1 \$299

Crucero y Orlando, Miami Oferta Especial Bahamas Cruise



Ejecutan ambicioso plan para mejorar los canales de riego

ARTÍCULO | 1 SEPTIEMBRE 2012 - 11:56PM



La meta para 2012 es revestir, como mínimo, 102 kilómetros de cauces, lo que equivale a más de lo que se optimizó en los últimos 6 años, para lo cual se están empleando diversas técnicas y materiales, tales como la geomembrana

El mejoramiento de las condiciones de los canales de riego en las zonas rurales es una de las claves estratégicas adoptada por los organismos públicos para enfrentar la escasez hídrica en el largo plazo, para lo cual las metas de estas entidades, en esta materia, se han incrementado, de hecho para este año se tiene contemplado el revestimiento de más kilómetros de canales que todo lo realizado entre 2005 y 2011.

El secretario ejecutivo de la Comisión Nacional de Riego (CNR), Felipe Martín, sostuvo que desde 2005 en la Región de Coquimbo se ha revestido un total de 83 kilómetros de canales con hormigón, tuberías de HDPE, PVC y losetas, a través de los concursos de la Ley de Fomento al Riego.

Para este año, dada la urgencia que ha presentado la región por la escasez hídrica, "revestiremos un mínimo de 102,4 kilómetros de canales, cifra que incluso podría verse incrementada, gracias a los concursos de la Ley de Riego y a los 1.000 millones de pesos que entregará este año el Gobierno Regional como fondos de emergencia".

Este monto es parte de los \$5.000 millones aprobados por el Gobierno Regional para financiar proyectos de optimización hídrica en la zona, a través de la Ley N° 18.450. Con estos fondos de emergencia, de acuerdo a lo informado por la CNR, la Seremía de Agricultura adquirirá un material denominado geomembrana para entregar a los regantes y recubrir la mayor cantidad de tramos de canales y así evitar la pérdida de agua por infiltración.

Los \$4.000 millones restantes, los entregará la CNR a través de concursos para las tres provincias de la región, los que se destinarán a revestir canales y embalses con geomembranas, así como en la tecnificación del riego predial.

Una de las principales tareas de la CRN, ha sido potenciar proyectos que busquen el revestimiento de canales a través de vías rápidas y de menor costo. Es por ello que las opciones más empleadas a la fecha son las geomembranas, ya que es hasta un 70%

Crea un perfil Facebook®
Conéctate con amigos,
familiares y compañeros.
¡Crea un perfil hoy!



Un Diario Ciudadano de **mIVOZ**

Inicio Local Cultura Deporte Economía Política Tecnología Editorial Contáctenos

Jueves, 06 de agosto de 2015

No todo estaba cocinado...

GOBIERNO REGIONAL REGIÓN DE COQUIMBO Noticias aquí

Gobierno Regional » Sociedad » Local

100% de geomembrana es distribuida en la provincia del Limarí

Los regantes limarinos, optaron realizar su propia instalación del material entregado por el Gobierno, con la finalidad de obtener un mayor número de metros cuadrados de geomembrana.

Por Corresponsales ...
492 Lecturas

16 de Noviembre, 2013 22:11
Comentar

Como una medida más dentro del plan sequía el Gobierno Central y Regional aprobaron \$1.552.000.000 millones con la finalidad de financiar la instalación, adquisición, traslado, carga y descarga de Geomembrana material que permite impermeabilizar los canales.



"Mil millones de pesos fue el aporte del Gobierno Central, para adquirir este material de forma inédita. Una tecnología de emergencia que comenzamos a implementar en el año 2012, por primera vez en nuestra Región y que permite evitar la pérdida de agua por infiltración, cada gota de agua suma sobre todo cuando estamos frente a una sequía", sostuvo la Seremi de Agricultura Daniela Norambuena.

En la provincia del Limarí, la geomembrana entregada con fondos de emergencia se encuentra 100% distribuida en las distintas asociaciones de regantes, completando un total de 517.571 mt2 de material para el revestimiento de canales, con un costo total de \$776.356.000. "Esta provincia ha sido la más afectada por la prolongado sequía, motivo por el cual hemos implemento medias a corto mediano y largo plazo", agregó la máxima autoridad del agro regional.

El material entregado a las asociaciones de regantes, denominado geomembranas de HDPE, es usado ampliamente en obras de acumulación y con experiencias de aplicación de algunos canales del Limarí. Cabe destacar que el espesor elegido permite una instalación más rápida y fácil para los regantes.

Esta medida permitirá reducir las pérdidas por infiltración de agua que se produce en el proceso de conducción en los canales de riego que forman parte de la red de riego del sector agrícola en las comunas de la región de Coquimbo y que en promedio supera el 50% de pérdidas por infiltración.

Etiquetas

agua, Chile, Coquimbo, Geomembrana, La Serena, Limarí, Ovalle, regantes, Sequia

Twitter 0 Me gusta 0 Compartir 0



Los comentarios publicados son de exclusiva responsabilidad de los ciudadanos que los emiten (con nombre, sin

Buscar
Ser un Corresponsal Iniciar sesión

Noticias Relacionadas

- Regantes del Río Rapel son los primeros beneficiados con la entrega de geomembrana
- Geomembranas para mitigar la escases hídrica en la región
- Gobierno entrega \$450 millones a agricultores para mejorar uso eficiente del agua
- CNR publica resultados preliminares de primer concurso de Ley de Riego con recursos GORE por \$1.350 millones
- CNR destina más de \$1.700 millones para mitigar la sequía en Región de Coquimbo



MAPFRE BHD-App Asistencia
¿Ya tienes la app de Asistencia Vial de MAPFRE BHD? Descárgala aquí



Doctorado en Arquitectura
Universidad a Distancia, Estudia Arquitectura en línea

¿Te gusta trabajar una mañana?

Consulta postula

AL 31 OCTUBRE

IQUIQUE

Tweets
Roberto L @peluche
Esta tarde-noche intensidad en La Coquimbo
tinyurl.com/pt95 @elobservado

El O

Sé el primero en indicar que

Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de Criar Peces: WWW.CRIARPECES.COM.AR
- Quiminet. (14 de Octubre de 2008). Recuperado el Mayo de 2015, de www.quiminet.com
- ACE ENGINEERING SERVICES S.A. de C.V. (Abril de 2014). *ML Ingeniería*. Recuperado el Julio de 2015, de www.mlingenieria.com
- Alfredobi (Dirección). (1999). *Canal principal de riego en operación* [Película]. Perú.
- Amanco Geosinteticos. (2010). *Mexichem Soluciones Integrales, S.A de C.V.* (M. Geosinteticos, Ed.) Recuperado el junio de 2015, de Mexichem Soluciones Integrales, S.A de C.V: www.mexichem.com.mx
- Aquastats. (2000). *Food and Agriculture Organization*. Santo Domingo.
- Arbulu, I. J. (2009). *Hidraulica Aplicada*. Lima.
- ArchiExpo. (s.f.). *Archi Expo*. Obtenido de <http://www.archiexpo.es/>
- Breitenbach, A. (1997). *Overview study of several geomembrane liner failures under high fill load conditions*.
- Carrera, V. J. (1828). *Diccionario histórico enciclopédico*. Barcelona.
- Chow, V. T. (1982). *Hidráulica de los canales abiertos*.
- Chow., V. T. (1983.). *Hidráulica de los Canales Abiertos*. México: Editorial Diana.
- Congdon, 1. (1998).
- French., R. H. (1988). *Hidráulica de Canales Abiertos*. México: Mc Graw -Hill.
- Froebel. (1997). Estados Unidos.
- Hammer. (1818). Canal propuesto por Plinio el Joven en el Golfo de Nicomedia.
- Ingenieros Evaluadores y Consultores, (. S. (Agosto de 2011). *IECCA, S.R.L.* Recuperado el Julio de 2015, de www.iecca.net
- INSTITUTO AGRARIO, D. (Marzo de 2014). Especificaciones Técnicas Revestimiento de Reservorio Proyecto AC-537 Lavador. *Especificaciones Técnicas Revestimiento de Reservorio Proyecto AC-537 Lavador*. Santo Domingo.
- Maccaferri, G. I. (2014). *Grupo Industriale Maccaferri*. Obtenido de Maccaferri: <http://www.maccaferri.com/>
- Mecanal, R. d. (2009). Recuperado el 19 de Julio de 2015, de Sitio web de Mecanal S.A.: <http://www.mecanal.com/QuSOM.html>
- Portaluppi, I. L. (2009). *Geomembranas*. Buenos Aires.

Ramírez., b. d. (Noviembre de 2008). Recuperado el 19 de Julio de 2015, de Sitio web de Salvador Ramirez: <http://salvadoreramireztorres.blogspot.com/>

RENOLIT Ibérica S.A. (2013). *Renolit Ibérica*. Recuperado el junio de 2015, de www.renolit.com

Ruiz, P. R. (2008). *Hidráulica de Canales II*. Mexico.

Silvestre, P. (s.f.). *Fundamentos de Hidráulica General*. LIMUSA.

Tecnicas, A. B. (2000). *Geomembranas* . Brasil.