



**ESTUDIO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA  
PLANTA POTABILIZADORA INGENIERO JOSÉ GUILLERMO RODRIGUEZ –  
Línea de Aducción**

**PLAN DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTO  
Enero, 2020**

 <b>Acciona</b>	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodríguez</b>
--	---	--

## CONTROL DE VERSIONES DE DOCUMENTOS

La siguiente guía de control de versiones de documentos ha sido implementada para la elaboración del Plan de Control de Erosión y Sedimentación del Proyecto de Construcción, de la Planta Potabilizadora Ing. José Guillermo Rodríguez:

Versión Preliminar – V01: Aplicada durante la redacción inicial del informe antes de la revisión del Gerente del Proyecto. La revisión normalmente incluye revisión de la tabla de contenidos y del borrador.

Versión Preliminar – V02: Aplicada después de la revisión por el Gerente del Proyecto, listo para entrega al cliente.

Versión Preliminar – V03: Aplicada después de la revisión y aprobación del cliente.

Versión Final – VF: Versión final del documento Plan de Control de Erosión y Sedimentación –.

Por ejemplo, la versión inicial preparada por el autor es versión 1.0. Cada número de versión empieza a '0' y se aumenta por '1' después de cada adaptación. Un cambio de estado (es decir, desde la versión 1 a 2) restablece el número de la versión a '0'.

### ***Este informe corresponde a la Versión V02***

Versión	Fecha de emisión	Autor	Revisión y naturaleza de las modificaciones
V01	22 de enero de 2020	Jaime Almengor	Borrador inicial
V02	25 de enero de 2020	Elías Dawson	Revisión, y aprobación

	Plan de Control de Erosión y Sedimento	Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez
---	--	---

## PRÓLOGO

Este documento presenta el Plan de Control de Erosión y Sedimento (PCES) que ha sido desarrollado específicamente para Consorcio Acciona Panamá Oeste, para las actividades constructivas *sobre el alineamiento de la línea de aducción* de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez. El documento describe los requisitos medioambientales, normas y procedimientos que deben ser seguidos por el personal de Consorcio Acciona Panamá Oeste, sus Contratistas y Subcontratistas para minimizar, reducir o eliminar los posibles impactos ambientales de la construcción (incluyendo el desbroce y movimiento de tierra vegetal), e instalación de tuberías previo a la puesta en marcha del proyecto.

El PCES ha sido desarrollado de conformidad las Políticas y Normas Medioambientales y de Salud y Seguridad de Acciona, la normativa ambiental vigente establecidas por el Ministerio de Ambiente y de conformidad con las políticas, requisitos y regulaciones de la Autoridad del Canal de Panamá.

 <b>Acciona</b>	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE .....</b>	<b>4</b>
<b>1.0 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1 PROPÓSITO	7
1.2 ALCANCE Y ORGANIZACIÓN DEL PLAN	8
1.3 FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	10
1.3.1 Consorcio Acciona Panamá Oeste (ACCIONA).....	10
1.4 CONTRATISTAS	11
1.5 CALENDARIO DE IMPLEMENTACIÓN	11
1.6 PRESENTACIÓN DE INFORME Y AUDITORÍA	11
1.6.1 Presentación de Informe .....	11
1.6.2 Acciones Correctivas .....	12
1.7 CAPACITACIÓN	13
<b>2.0 CONDICIONES DEL SITIO .....</b>	<b>13</b>
2.1 INTRODUCCIÓN	13
2.2 PRECIPITACIÓN	16
2.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	18
<b>3.0 MANEJO DEL AGUA.....</b>	<b>19</b>
3.1 PRINCIPIOS DE GESTIÓN GENERAL DEL AGUA	19
<b>4.0 MEDIDAS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN.....</b>	<b>19</b>
4.1 INTRODUCCIÓN	19
4.1.1 Planificación previa a la construcción .....	20
4.1.2 Decisiones de campo para implementar las mejores prácticas de Gestión	20

	Plan de Control de Erosión y Sedimento	Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez
---	--	---

<b>4.2 MEDIDAS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTO</b>	<b>21</b>
4.2.1 Procedimientos de Control de Erosión.....	21
4.2.2 Procedimientos de Control de Sedimento .....	23
<b>CERCAS CON PACAS DE HENO.....</b>	<b>30</b>
<b>BARRERAS CON GEOTEXTIL .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO</b>	<b>34</b>
4.3.1 Introducción.....	34
4.3.2 Fase de preparación del sitio .....	34
4.3.3 Período de Construcción.....	35
<b>5.0 SEGUIMIENTO DE MEDIDAS DE CONTROL.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 PARÁMETROS Y MEDIDAS DE ÉXITO</b>	<b>35</b>
<b>5.2 FRECUENCIA</b>	<b>36</b>
<b>5.3 MANTENIMIENTO</b>	<b>37</b>
<b>5.4 DESECHO DE SEDIMENTOS REMOVIDOS</b>	<b>37</b>
<b>6.0 REFERENCIAS .....</b>	<b>39</b>
<b>7.0 ANEXOS.....</b>	<b>40</b>

## Gráficos

Gráfico 1: Precipitación mensual y anual (mm) sitio planta potabilizadora .....	16
Gráfico 2: Precipitación promedio mensual, máxima y mínima sitio de la planta potabilizadora .....	17

	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

## **1.0 INTRODUCCIÓN**

El Plan de Control de Erosión y Sedimento (PCES) será un componente clave para la aplicación y seguimiento del Plan de Manejo Ambiental (PMA) del proyecto durante la construcción de la línea de aducción. El PCES, permitirá la integración del diseño de ingeniería y la mitigación medioambiental a través de la implementación de las medidas de protección ambiental sobre el alineamiento establecido para la conducción. Al documentar las medidas de protección para controlar la erosión y sedimentación en un plan, el desempeño puede ser fácilmente medido, y la necesidad de medidas correctivas puede ser determinada.

### **1.1 Propósito**

Es la intención de ACCIONA que el Proyecto se lleve a cabo de una manera responsable con la implementación de la mitigación medioambiental en cumplimiento con las regulaciones ambientales nacionales vigentes.

El objetivo del PCES es el control de la posible erosión y sedimentación del suelo, como resultado de las actividades de desbroce de vegetación, movimiento de tierra y excavaciones necesarias para la instalación de tuberías de conducción a lo largo del alineamiento propuesto. Por esta razón asegura la protección medioambiental de la tierra y recursos acuáticos. Al preparar el PCES, consideración cuidadosa se ha dado a las actividades propuestas que perturban la tierra y las características físicas del sitio específico tales como suelos, drenaje, escurrimiento esperado de la precipitación y sensibilidad de características naturales adyacentes al alineamiento de la conducción.

Las prácticas y estrategias expuestas tienen la intención de suministrar una guía al personal de Acciona contratistas y subcontratistas durante la ejecución de trabajos temporales, así como los trabajos iniciales relacionados con los controles permanentes para sedimentación a lo largo del alineamiento establecido para la línea de aducción.

El PCES deberá ser actualizado según avance la construcción y las operaciones. Esto será revisado a través de cada etapa y será actualizado en caso de ser requerido.

Una variedad del control de erosión y sedimentación, medidas de prevención y mitigación deben ser implementadas durante la instalación de la tubería de conducción para minimizar posibles impactos ambientales. En el desarrollo del PCES para el Proyecto, los siguientes principios rectores fueron adoptados para minimizar los impactos sobre el suelo, aire, agua y vida acuática:

- Limitar la longitud de la pendiente y gradiente para las áreas alteradas;
- Diseñar y mantener pendientes suaves para todas las áreas de acopios de material durante el desbroce (tala y desarraigue) y durante los movimientos de tierra;
- Delimitar claramente las áreas designadas para las actividades de alteración / graduación de tierra y asegure que las medidas adecuadas de control de erosión y sedimento son implementadas antes de iniciar la construcción;
- Donde exista vegetación, mantenga la cubierta vegetativa el mayor tiempo posible durante la fase de construcción y limite las actividades de desbroce únicamente sobre el alineamiento de la línea de aducción, cuando sea viable;
- Asegúrese de que las alcantarillas y vados tienen entrada y salida adecuada para protección contra la erosión en todos los puntos de paso de drenaje sobre el alineamiento de la línea de aducción del Proyecto;
- Implementar un programa de inspección medioambiental para verificar la implementación y adecuación de las medidas de protección y mitigación medioambientales y para asegurar que las medidas son supervisadas adecuadamente, se mantienen y, cuando es necesario, esas acciones correctivas se han tomado para abordar un tema de incumplimiento.

## 1.2 Alcance y organización del plan

Este plan es un “plan de ejecución” medioambiental para el uso en el campo durante la fase de construcción de la línea de aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodríguez e incluye información aplicable y necesaria para llevar a cabo las actividades de construcción de tal manera que sus impactos medioambientales son evitados, minimizados o mitigados. Es un documento dinámico y está sujeto a modificaciones según avance el Proyecto.

El plan debe ser implementado durante el desarrollo de las actividades constructivas para la instalación de las tuberías de conducción mientras se ejecuta la fase de construcción de esta.

### **1.3 Funciones y Responsabilidades**

#### **1.4.1 Consorcio Acciona Panamá Oeste (ACCIONA)**

Los empleados y contratistas de ACCIONA tendrán responsabilidad general para implementar el PCES a través de distintas fases de la construcción de la línea de aducción. ACCIONA es responsable de asegurar que todas las actividades de mitigación dirigida a reducir los impactos adversos del Proyecto relacionados con erosión por escorrentía y sedimentación a niveles aceptables. Adicionalmente, ACCIONA es responsable de asegurar la implementación de los programas de seguimiento requeridos para verificar que las medidas de mitigación están cumpliendo sus objetivos.

##### **1.4.1.1. Equipo Medioambiental de ACCIONA**

El Equipo Medioambiental de ACCIONA tiene una responsabilidad general de implementar el PCES a través de distintas fases del proyecto.

###### **Gerente de Construcción de ACCIONA**

El Gerente Medioambiental de ACCIONA es responsable del cumplimiento de los compromisos de PCES, la relación con las agencias gubernamentales, auditorías de terceros, cumplimiento de las normas medioambientales corporativas, y la Firma del Diseño Final de todos los diseños del proyecto con relación al Cumplimiento Medioambiental.

###### **Jefe de Departamento de Medioambiente de ACCIONA**

El departamento de Medioambiente serán responsables de la coordinación de sus respectivas áreas y frente de trabajo, supervisión y auditoría para asegurar que todas las actividades de construcción y desarrollos se llevan a cabo de conformidad con los compromisos del Proyecto, según se especifica en el PCES. Ellos suministrarán la orientación y supervisión en cada frente de trabajo para los paquetes de construcción en coordinación con los equipos del Proyecto. Se espera que los Superintendentes de ACCIONA coordinen las reuniones medioambientales del Proyecto según

sea necesario. Los Superintendentes reportarán al Gerente de Construcción del Proyecto.

#### **1.4 Contratistas**

Los contratistas y subcontratistas de Acciona encargados de ejecutar la construcción de la línea de aducción, deberán cumplir con el PCES. Se requiere que cada contratista sea responsable del mantenimiento de las medidas temporales de control erosión y sedimento, de conformidad con las directrices de este documento, y los requerimientos específicos, a través de la vida de su contrato, según sea requerido para abordar actividades específicas de trabajo y las condiciones medioambientales existentes para su área(s) de actividad.

Las medidas de control de erosión y sedimento a ser implementadas por el Contratista están sujetas a la aprobación del superintendente ambiental, en consulta con el Gerente de Construcción.

#### **1.5 Calendario de implementación**

La implementación del plan de control de erosión y sedimento formará un componente crucial desde el inicio de los trabajos de desbroce, movimiento de tierra y las fases de preparación del sitio para la instalación de la tubería de conducción. Muchas de las prácticas y procedimientos resumidos en este plan están diseñadas para ser implementadas durante la fase de construcción, cuando las condiciones son temporales.

Conforme las áreas progresivas son abiertas a través de las fases de movimiento de tierra y de construcción, el control de erosión y sedimento adecuado continuarán jugando una función crítica para cumplir con los compromisos del Proyecto. Una vez se logre establecer las medidas de mitigación necesarias para el control de la erosión en el sitio, este plan sigue suministrando la orientación para el mantenimiento de las medidas de control existentes y establecer las prácticas que puedan ser usadas para abordar los problemas que surgen a través de la construcción de la línea de aducción de la Planta Potabilizadora.

#### **1.6 Presentación de informe y auditoría**

##### **1.7.1 Presentación de Informe**

Se requiere que el superintendente ambiental presente informes sobre cualquier área identificada de preocupación de erosión y sedimentación siguiendo las inspecciones regulares y después de los

períodos de fuertes lluvias o tormentas fuertes, para que la acción correctiva pueda ser tomada tan pronto como sea posible. Mantendrán un registro/diario de supervisión medioambiental para cada área basado en información recabada en cada inspección de campo realizada. Un formulario de inspección medioambiental suministrará información con relación a la instalación, mantenimiento y eliminación de las medidas de control de erosión y sedimento, junto con la identificación de cualquier deficiencia y registro de acciones tomadas para corregir los problemas.

Las observaciones, informes de inspección y acciones recomendadas serán incluidas en un reporte mensual para el Gerente de Construcción. Los resultados de la supervisión de las medidas de control de erosión y sedimentación pueden ser incluidas en el informe mensual ambiental incluyendo los temas de control de erosión y sedimento. Esta información será incluida en el informe semestral sobre la aplicación y eficacia de las medidas de mitigación ambiental.

### **1.7.2 Acciones Correctivas**

Se espera que todo el personal del Proyecto (ACCIONA y Contratistas) identifiquen los temas de erosión y sedimento, en la medida de sus capacidades. La información de contacto para el personal medioambiental será suministrada a todo el personal; sin embargo, se espera que cada contratista tenga su propia estructura de informe. Una vez se identifique un tema relacionado con el control de erosión y sedimento, el Departamento de Medioambiente de Acciona debe ser notificado inmediatamente. Este personal Medioambiental tendrá la autoridad de solicitarle al Contratista que tome la acción correctiva y, de ser necesario, interrumpir cualquier trabajo que:

- Se considere NO cumple con este documento o cualquier permiso/aprobación del Proyecto;
- Se considere está en contravención con los requisitos regulatorios (ej., permisos medioambientales) y, como tal, representa un riesgo o preocupación medioambiental.
- En el evento de una “Orden para Detener la Obra”, el Contratista no reanudará sus actividades regulares hasta que la acción correctiva sea tomada para resolver el caso de la detención de la obra. El superintendente medioambiental de Acciona aprobará el reinicio del trabajo detenido.

## **1.7 Capacitación**

La orientación y capacitación medioambiental es un requisito obligatorio para todo el personal del Proyecto (ACCIONA, Contratistas, y subcontratistas) previo al inicio de cualquier actividad del trabajo sobre el alineamiento de la línea de aducción.

Es importante que todo el personal cuyo trabajo pueda posiblemente impactar el medioambiente reciba capacitación medioambiental adecuada. Capacitación medioambiental adicional requerida para implementar los procedimientos de protección, basado en las actividades de trabajo específicas de la persona y el grado de interacción (ej., directo o indirecto) con el medioambiente; por esta razón, determinando un posible impacto por parte de la persona al medioambiente.

La orientación medioambiental será entregada por el equipo medioambiental de ACCIONA. El objetivo es identificar y suministrar capacitación adecuada sobre los temas/sensibilidades medioambientales para el personal en el Proyecto para asegurar que ellos están conscientes de la importancia de cumplir con las políticas medioambientales del proyecto, y la mitigación medioambiental de la construcción basados en:

- Posibles efectos y consecuencias de sus actividades de trabajo;
- Posibles beneficios medioambientales del desempeño medioambiental mejorado;
- Funciones y responsabilidades de cada personal del Proyecto en logar el desempeño medioambiental; y
- La concienciación medioambiental de todo el personal del Proyecto ayudará al Proyecto en obtener sus metas y objetivos medioambientales.

## **2.0 CONDICIONES DEL SITIO**

### **2.1 Introducción**

Para el diseño de medidas de mitigación para el control de la erosión y sedimentación durante la construcción de la línea de aducción de la Planta Potabilizadora Ing. Jose Guillermo Rodriguez se ha realizado un análisis preliminar de las condiciones geológicas, geotécnicas, hidrológicas y ambientales que permiten tener un conocimiento completo del comportamiento temporal del talud o

área expuesta durante el proceso de construcción. Durante las actividades de construcción, el área donde actualmente se desarrolla el Proyecto requiere de la estabilización por problemas de deslizamientos y erosión activos, incluyendo controles temporales.

Con el fin de seleccionar y diseñar los métodos de manejo más eficaces para el control de escorrentía y erosión, es fundamentalmente importante comprender los factores que determinan estas condiciones y tener un método confiable para anticipar el volumen de escorrentía pueda producirse durante las actividades de implementación de la tuberías para la línea de aducción bajo diferentes condiciones.

La principal causa de la perdida de los suelos y arrastre de sedimentos hacia fuentes naturales es la presencia del agua de la lluvia y la escorrentía, por lo tanto, el manejo de las aguas es muy importante desde el inicio de la construcción, sobre todo durante el proceso de instalación de tuberías. La erosión hídrica depende de los patrones de precipitación, las propiedades del suelo, la pendiente y la cobertura vegetal. En general, en el área donde se emplazará la línea de aducción, la erosión más grave se produce cuando las lluvias son de duración relativamente corta, pero de alta intensidad. La fuerte acción de las gotas de lluvia sumada a una cantidad de agua mayor a la que el suelo puede infiltrar puede producir grandes volúmenes de escorrentía superficial y pérdida de suelo.

La protección de la superficie del terreno generalmente se obtiene utilizando la vegetación como obra principal de estabilización y se debe tener especial cuidado en la selección del sistema de establecimiento de la cobertura vegetal y de las especies vegetales a establecer; sin embargo, en ocasiones se requieren obras con materiales no orgánicos para complementar la protección con vegetación. El planteamiento, diseño e implementación de las obras de control de erosión para el proyecto, ha sido diseñado tomando en cuenta el grado de degradación de la zona, intensidades de la lluvia en el área, pendientes, tipo de suelo, fuentes naturales de agua, requerimiento de medidas temporales dependiendo de la zona donde se requiera a medida que avanzan las actividades constructivas.

Las obras de ingeniería involucran la intervención de laderas y taludes, los cuales requieren de un programa de control de erosión durante la construcción, y de medidas definitivas de control a mediano y largo plazo. La producción de sedimentos, ocasionada por la erosión requiere de obras de control de sedimentos.

La erosión es una de las principales fuentes de contaminación del agua, y la construcción de obras de ingeniería es una de las principales fuentes de erosión. Las siguientes secciones suministran una breve descripción de las condiciones existentes en el área del Proyecto, las cuales son consideradas en evaluar la posible erosión del sitio y determinar las medidas de mitigación requeridas para minimizar los efectos de erosión y sedimentación

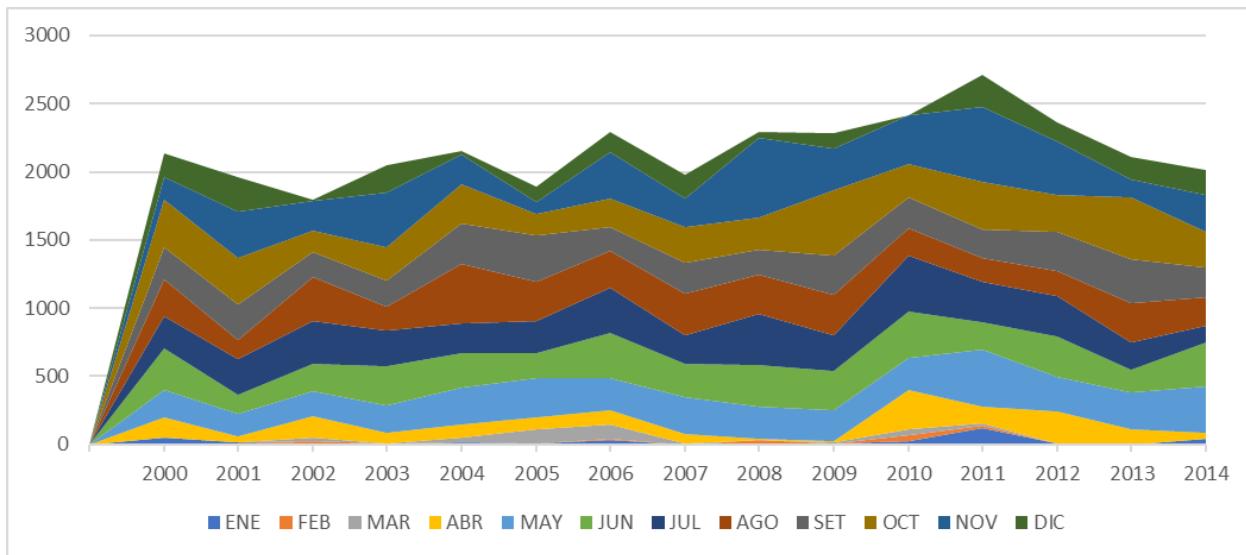
## 2.2 Precipitación

El alineamiento donde se emplaza la línea de aducción se caracteriza por una estación lluviosa que empieza a fines de abril y persiste hasta mediados o finales de noviembre (la máxima precipitación ocurre entre junio y octubre). Se encuentra bajo la influencia de la zona de vida clasificada como Bosque Húmedo Tropical, caracterizada por una precipitación promedio anual varía entre 1,850 a 3,400 milímetros de lluvia, temperatura media anual 26° C.

Entre diciembre y finales de abril sucede una estación seca con ausencia casi total de lluvias. Los eventos de precipitación pluvial importantes pueden y ocurren a lo largo de todo el año, y hay un alto grado de variabilidad en la precipitación mensual e interanual.

El análisis de la precipitación está basado en los registros y en sus promedios de un período de 15 años (2000-2014) de la estación meteorológica Pedro Miguel de la Autoridad del Canal de Panamá. Se puede apreciar que la precipitación es el parámetro climatológico que muestra la mayor variabilidad durante un año y a través de los años. Los datos de precipitación mensual y anual registrados en la Estación Pedro Miguel se muestran a continuación:

**Gráfico 1: Precipitación mensual y anual (mm)**

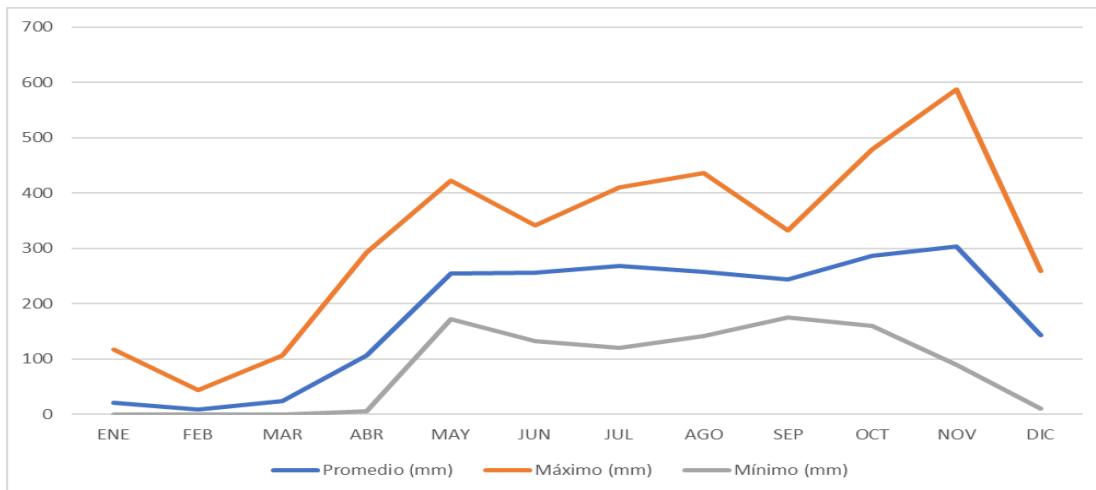


Fuente: Autoridad del Canal de Panamá.

La precipitación total anual en el área varía entre 1,795.8 mm y 2,715 mm, siendo ésta en promedio de 2,145 mm.

El gráfico 1 muestra los promedios mensuales de precipitación. Se puede observar que es notable la presencia de una estación seca bien marcada, la cual inicia en enero y finaliza a mediados de abril.

**Gráfico 2: Precipitación promedio mensual, máxima y mínima sitio**



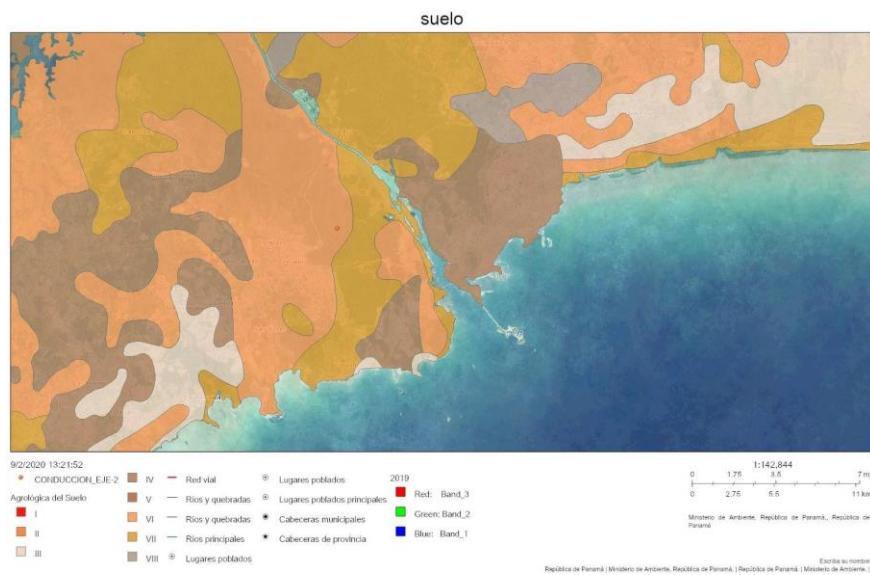
Fuente: Autoridad del Canal de Panamá, Sección de Recursos Hídricos.

De igual forma, también se observa un aumento en la precipitación promedio mensual entre los meses de mayo y noviembre, contra los niveles de precipitación para los meses de enero a abril, coincidiendo esto con la estación lluviosa y la estación seca típica del País. El mes más lluvioso en la zona es noviembre, con una precipitación promedio mensual de 304.4 mm, mientras que el mes más seco es febrero, con una precipitación promedio mensual de 8.9 mm.

### 2.3 Características del Suelo

Los suelos en la región del Proyecto son predominantemente ultisoles rojos y ácidos, con horizonte que contiene una cantidad apreciable de arcillas silicatada traslocada y pocas bases. Predominan pendientes entre 15% - 30% y su saturación decrece con la profundidad. Su capacidad agroecológica es considerada tipo VI con característica de no arable con limitaciones severas

**Figura 3: Capacidad de los suelos**



Fuente: Sinia, MiAMBIENTE, 2020.

Los suelos tropicales que son generalmente bajos en nutrientes. La capa de suelo, que cubre las rocas, tiene un espesor de menos de unos pocos metros hasta más de 30 m. Las fuertes lluvias en la región promueven la intemperización y la lixiviación de minerales. Como resultado de ello la capa vegetal y la adecuación de la recuperación del subsuelo se ha valorado de marginal a moderado debido a la acidez del suelo y la fertilidad del suelo.

La posible erosión de la superficie del suelo depende de inclinación de la pendiente, pero en general se considera que es alta a lo largo de gran parte del área del Proyecto. Los materiales orgánicos son los suelos que serían más susceptibles a las fuerzas de la erosión y la movilización de las partículas de sedimento.

### **3.0 MANEJO DEL AGUA**

#### **3.1 Principios de Gestión General del Agua**

El enfoque de la gestión de agua durante la fase de construcción está guiado por varios principios a saber:

- Las prácticas de control de sedimento deben intentar atrapar el sedimento cerca de la fuente y prevenir el movimiento del sedimento desde el sitio;
- El agua debe ser desviada alrededor de las áreas de construcción;
- Para limitar la sedimentación de cuerpos de agua corriente abajo de todas las actividades de construcción, se instalarán estructuras de control para el manejo de aguas pluviales, según corresponda para la ubicación y la actividad. Estas estructuras deberán estar instaladas antes de cualquier actividad de movimiento de tierras;
- Algunas actividades de construcción pueden detenerse durante las tormentas intensas para evitar la sedimentación excesiva y movilización de sólidos suspendidos; y
- Las barreras de sedimentación constituyen las estructuras para el control de escorrentía de superficie y la carga de sedimento antes de la liberación del agua al medioambiente;

### **4.0 MEDIDAS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTACIÓN**

#### **4.1 Introducción**

Esta sección suministra un resumen de las medidas y técnicas de control de erosión y sedimento y sus aplicaciones seleccionadas en las fases de construcción de la línea de aducción de la planta potabilizadora.

##### **4.1.1 Planificación previa a la construcción**

La planificación previa a la construcción para cualquier área nueva debe incluir una revisión de los

dibujos emitidos para la Construcción de los trabajos planificados, así como la orto-fotografía aérea para identificar posibles asuntos relacionados con el drenaje en el alineamiento de la línea de aducción. La planificación para el control de erosión y sedimento deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Asegurar que los sitios de acopios de material de capa vegetal y de movimiento de tierra están diseñados con pendientes estables y bancos de terrazas para disminuir las pendientes y longitudes del flujo (reduciendo de esta manera la erosión de la superficie de la escorrentía);
- Mantener y minimizar la remoción de los bosques y follaje densos existentes; según sea factible para reducir la escorrentía y las cargas de sedimentos;
- Todos los acopios estarán ubicados fuera de las corrientes de agua; y
- Establecer franjas de protección de suelo no perturbado con vegetación entre los acopios y cualquier corriente activa para atrapar y filtrar los sólidos suspendidos procedentes de la escorrentía de aguas pluviales.

#### **4.1.2 Decisiones de campo para implementar las mejores prácticas de Gestión**

Las medidas de control de erosión temporales están dirigidas a las fuentes de control sobre el alineamiento de la línea de aducción, limitando la cantidad de área despejada, o la aplicación de prácticas para reducir el potencial de erosión en las áreas alteradas hasta que todos los tramos de tubería se puedan instalar.

Durante la construcción, se deben monitorear los pronósticos y condiciones del tiempo locales disponibles, y deben dirigir la selección y alcance de los procedimientos necesarios para asegurar que la construcción puede continuar mientras sigue suministrando control efectivo de erosión y sedimento. Para planificar de manera efectiva estas medidas, todos los nuevos trabajos, se planificará a través de un proceso que consiste en tres fases:

- Fase 1 – Identificación de preocupaciones medioambientales y planificación de las medidas de mitigación previas al inicio de la actividad de trabajo;
- Fase 2 – Preocupaciones adicionales identificadas durante la construcción y las acciones correctivas; y
- Fase 3 – Ejecución satisfactoria de los trabajos y efectividad de la mitigación.

Este proceso permite al personal de medioambiente y construcción trabajar juntos para hacer

frente a las actividades del proyecto y asegurar que los requisitos medioambientales son comprendidos por los equipos de construcción que realizan determinadas tareas o actividades. Por medio de esta planificación, se ofrece orientación para adaptarse a las condiciones del campo que afectan a las actividades de construcción.

## **4.2 Medidas de Control de Erosión y Sedimento**

Esta sección describe el propósito y la aplicación a varios tipos de medidas de control de erosión y sedimentos para la implementación durante la construcción.

### **4.2.1 Procedimientos de Control de Erosión**

Los métodos principales de control de erosión en el alineamiento de la línea de aducción con características de alta precipitación y suelos fácilmente erosionables son:

- Limitar la extensión de las actividades de tala, especialmente desbroce y actividades de movimiento de tierra;
- Controlar y dirigir la superficie de escorrentía alrededor de las áreas de trabajo y fuera de las superficies expuestas;
- Aumentar la capacidad de trabajo en las condiciones climáticas favorables (época seca);
- Instalar las medidas de control de sedimento y erosión tan pronto como sea posible, antes de la construcción y antes del inicio de la temporada de lluvias;
- De ser posible, limite la construcción durante clima húmedo severo;
- Conserve y use cualquier sistema de drenaje existente cuando sea posible;

Al restringir estos trabajos a áreas donde la construcción está establecida para proceder en un período de tiempo que minimiza la exposición de suelos, la posibilidad para crear pasivos medioambientales (calidad del agua) o estructurales (daño por erosión) se minimiza. No existe una manera de eliminar la erosión y la sedimentación, pero los efectos pueden ser minimizados a través del uso de una variedad de medidas.

#### **4.2.1.1. Control de escorrentía y disipación de velocidad**

En las áreas de construcción activas la manera más directa de reducir al mínimo la erosión y

cualquier sedimentación resultante es controlar el agua de escorrentía desviándola de las zonas propensas a la erosión y limitando su velocidad donde esto no es posible. Cada vez que sea posible las desviaciones deben dirigir el agua a áreas que tienen controles de sedimento existentes implementado para minimizar más los impactos. Otra consideración importante en los desarrollos lineales tales como tuberías y carreteras es prevenir la acumulación del flujo por largos tendidos de tubería ya que esto puede causar que los volúmenes y velocidades alcancen niveles que son difíciles de manejar. Cuando se aplica adecuadamente y cuando sea posible con antelación a abrir las áreas de trabajo, estos tipos de controles pueden reducir grandemente las posibilidades de problemas ambientales, así como las demoras de construcción debido al daño del agua para proteger la infraestructura, tal como las terracerías, terraplenes y taludes.

Las mejores prácticas de gestión las cuales recaen en esta categoría incluyen:

- **Gaviones:** Son jaulas prismáticas hechas de alambre de acero galvanizado, de doble o triple torsión, dispuesto en malla hexagonal, o bien con geo redes plásticas de alta resistencia a la tracción, apropiadamente llenas de gravas naturales o piedra de cantera. Se usan como muros de contención, disipadores de energía en pasos de agua, zampeados o a la salida de vertederos, en la protección y defensa de canales o ríos o como protectores frente a la erosión en la superficie de taludes.
- **Disipador de Energía:** Convierten las corrientes de alta velocidad de los canales revestidos y/o conductos en flujos de velocidad baja no erosiva. Se construyen generalmente con hormigón, gaviones o mampuestos sueltos, a la salida de las conducciones, para proteger el terreno aguas abajo de la estructura y evitar el descalce o la ruina de ésta. Otra forma de disipar la energía es mediante el empleo de laminadores que transforman la corriente concentrada recogida por las conducciones en un flujo de escaso calado con poca capacidad erosiva. Este efecto se consigue mediante vertederos de mayor anchura que el conducto de llegada que dispersan el caudal. Es una práctica siempre recomendada pero

poco frecuente, por lo que es habitual observar la formación de cárcavas al pie de pasos de agua, salidas de bajantes, de canales y terrazas

- Berma Continua: Comúnmente son cordones de tierra colocados según curvas de nivel o con ligera pendiente longitudinal en zonas de escaso declive, a veces a pie de talud y que, como las terrazas, detienen la escorrentía favoreciendo su infiltración y conduciéndola ordenadamente hacia la red de drenaje natural.

#### **4.2.2 Procedimientos de Control de Sedimento**

Durante los períodos de construcción se generará una gran cantidad de sedimentos, incluso con las mejores prácticas de gestión. Las barreras de sedimento serán requeridas aguas debajo de todas las áreas de construcción y alteradas para administrar las aguas cargadas de sedimentos. Durante los trabajos iniciales, un método efectivo de control de sedimento es la construcción de una serie de barreras de contención/filtro, en intervalos junto con las corrientes de drenaje natural inmediatamente corriente abajo de las actividades de construcción. Estos están destinados a ser estructuras de corto plazo y pueden estar diseñadas para el asentamiento o filtración dependiendo de los materiales utilizados en la construcción. Se espera que se llenen de sedimento; por esa razón muchos están colocados a lo largo del curso de drenaje. Limpiar el sedimento acumulado será requerido una vez el control de erosión de la vegetación (u otro) sea establecido.

Las mejores prácticas que recaen en esta categoría incluyen:

- Barreras de paca de paja;
- Trampas de sedimento;
- Barrera de sedimento en la corriente; y
- Barrera de sedimento en la entrada del drenaje de agua pluvial

##### **4.2.2.1. Cruces de corrientes de agua**

Los beneficios asociados al control de erosión y sedimentos son importantes para el medio ambiente, para Acciona y sus contratistas. El mantener sedimentos fuera de canales los cruces de agua contribuye a aguas limpias, y la reducción de costos de mantenimiento asociados con alcantarillas, cunetas, zanjas y canales de desagüe. La

integridad biológica de peces y vida acuática en estos cuerpos de agua son protegidos con el uso efectivo de métodos de control de erosión y sedimentos.

Durante la construcción, se pueden implementar varias medidas preventivas para reducir y minimizar los impactos en los entornos de ríos y arroyos.

**Figura 4: Cruce rio Perico**



Fuente: Dawcas Ideas Renovables, 2020.

A lo largo del alineamiento del emplazamiento de la línea de aducción existen cruces de agua, así como también el cruce de los ríos Mandinga, Camacho y Grande, por consiguiente, el manejo del agua superficial y de filtración sobre el alineamiento de la línea de aducción, limita el ingreso del flujo de la capa y el flujo concentrado a las áreas perturbadas y reduce el arrastre potencial de partículas de suelo. El transporte del flujo concentrado a través de derivaciones en línea limita el potencial de limpieza y la consiguiente erosión y transporte de sedimentos.

Para el control de la sedimentación en el cruce de los cuerpos de agua a lo largo del alineamiento (principalmente Mandinga, Camacho y Grande), se propone utilizar cercas de fardos de paja cuando las corrientes son pequeñas e intermitentes. Este plan requiere que se

instalen fardos de paja (tamiz de cieno) en todo el ancho de la corriente aguas abajo del área de construcción (zanja).

Las pantallas de fardos de paja se mantienen en su lugar instalando cables de alambre y / o estacas aguas abajo de los fardos de paja.

**Figura 5: Vallas con pacas de heno**



Estos controles de sedimentos se instalan antes de cualquier actividad de construcción en el lecho de los cruces y permanecen en su lugar hasta que se completen todas las actividades de construcción en el lecho de cada uno. Todos los contornos del terreno vuelven a su estado original.

Si el flujo de la corriente es demasiado rápido para mantener la detección de sedimentos, se requieren medidas adicionales. Un método efectivo que puede usarse es cruce con tubos. Estos cruces funcionan como pequeñas ataguías. Se pueden colocar donde sea necesario, ralentizar o controlar el movimiento del agua. Son barreras temporales construidas con tubos.

Los cruces consisten en el uso de tubos, cruce descendido sobre agua (badén), o la construcción de un puente en el área de construcción sobre el río Mandinga, Camacho y Grande. Se debe implementar para prevenir turbidez y disturbios al lecho del cauce causados por tráfico en dicha zona de construcción. Con la implementación de esta medida se puede prevenir turbidez y disturbios al lecho de arroyos causados por tráfico en la zona de construcción. Las siguientes medidas de mitigación deberán de ser consideradas:

- Mantenga al mínimo el número de cruces sobre fuentes de agua.
- instalar el cruce sobre río Mandinga, Camacho y Grande durante períodos de poco caudal.
- Asegúrese que el equipo usado en el área esté libre de escapes.

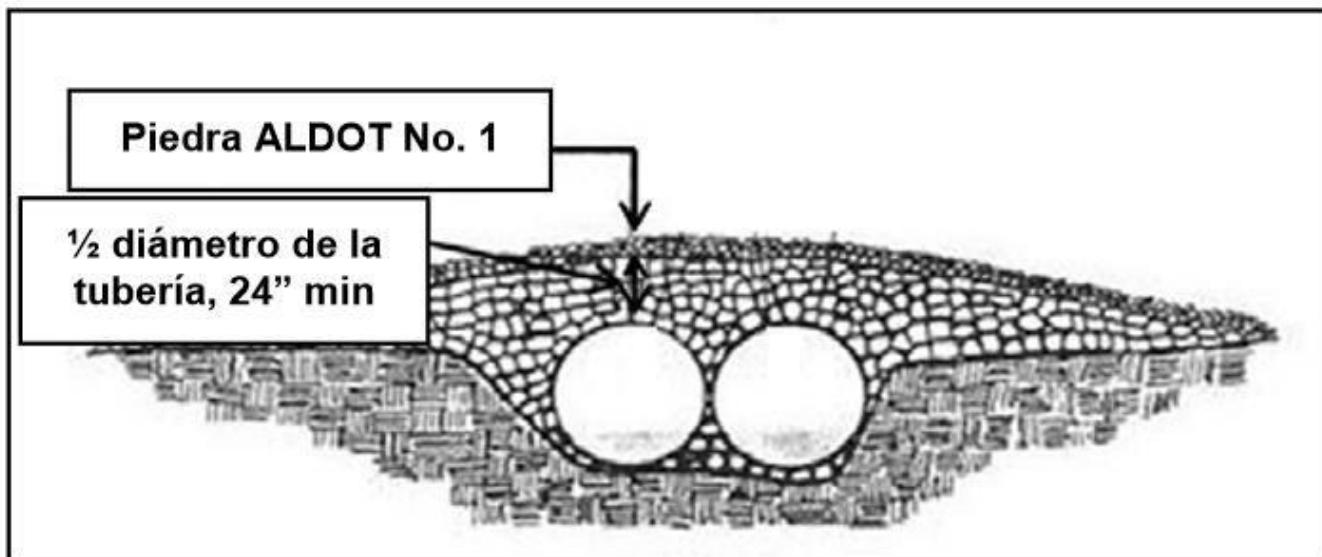
Cruce de Aguas Bajas (Badén): Localice el cruce perpendicular al flujo de agua. Excave las fundaciones según el diseño seleccionado para asegurar que la superficie final esté al nivel del lecho del río (sin cataratas). Asegúrese que la pendiente de entrada y salida sean leves (5:1 o más plano). Se debe colocar tela geotextil, rocas y coberturas para las superficies según especificado.

Cruces de alcantarillas: Asegure que la alcantarilla tenga cimientos firmes perpendiculares al flujo de agua. Es necesario el uso de tubo(s) del tamaño y material especificados por ingeniería. Los tubos deben extenderse al menos 0.61 m más que las pendientes laterales (3:1) del relleno. Compacte manualmente el suelo alrededor de los tubos en capas de 4" – 6". Extienda el relleno al menos 0.61 m sobre los tubos. Nivele el camino para que si el río esta crecido pase alrededor del cruce y no sobre los tubos. Cubra la superficie del camino sobre los tubos con piedra ALDOT No. 1. Coloque rocas de protección en el desagüe según especificado o necesario.

En los cruces de agua y a lo largo del alineamiento de la línea de aducción donde se emplea el método de corte abierto (trinchera), el material dragado o excavado se mantendrá al mínimo. El trabajo se llevará a cabo de tal manera que se minimice la turbidez del agua en el área de trabajo y aguas abajo. La excavación de la zanja de la tubería no resultará en la reubicación de ninguna corriente o canal de río existente ni restringirá el flujo de la corriente. Cualquier relleno temporal

colocado en la corriente, como el cruce para vehículos y maquinaria, se construirá con material limpio que no se erosiona y se mantendrá adecuadamente para minimizar la erosión y la degradación de la calidad del agua.

Figura 6: Cruce con alcantarilla



Se requieren permisos adicionales de MiAMBIENTE para realizar trabajos en cauce, como las alcantarillas y vados.

Cualquier relleno temporal o material excavado en exceso de los cruces de agua a lo largo del alineamiento se eliminará y desechará en un área aprobada. Si se requiere material de relleno adicional para la estabilización del banco, estos materiales se obtendrán de un sitio de préstamo aprobado.

#### 4.2.2.2. Alineamiento

A lo largo del alineamiento de la línea será necesario establecer estructuras para el control de la sedimentación durante los períodos de construcción, principalmente durante las excavaciones para la instalación de tuberías.

Durante la construcción de la tubería, se pueden requerir varias medidas preventivas para minimizar el potencial de erosión del suelo y la sedimentación de la corriente. Minimizar el tiempo de exposición del suelo perturbado es un objetivo principal. Es extremadamente importante que cualquier perturbación del suelo o la corriente del área de trabajo se estabilice a medida que avanza el trabajo. Esta sección describe los métodos que se utilizarán cuando los impactos tengan el potencial de ser significativos. Estas medidas son de naturaleza temporal y algunas de ellas pueden eliminarse después de que se completen todas las actividades de construcción. Otros pueden mantenerse en su lugar cuando se implementan controles permanentes.

#### **4.2.2.2.1. Barreras de sedimento**

##### **4.2.2.2.1.1. Vegetación natural**

La vegetación natural actúa como un medio filtrante eficaz para eliminar el sedimento de la escorrentía superficial. El uso de vegetación natural es el medio más rentable de control de sedimentos y, en general, produce menos perturbación general de la tierra que otros métodos. Por lo tanto, esta técnica se aplica siempre que sea práctico. En áreas donde la vegetación natural no está presente o donde no es suficiente para lograr la eliminación necesaria de sedimentos, se requiere la instalación de barreras para el control de sedimentos.

**Figura 7: Barreras con material vegetal**



Fuente: Dawcas Ideas Renovables, 2020.

El material vegetal producto de las operaciones de tala y desarraigue ejecutado a lo largo del alineamiento de la línea de aducción, podrá utilizarse como material para establecer controles contra la sedimentación en los sitios del alineamiento, por medio del apilamiento de troncos pequeños y ramas que puedan formar una barrera y filtro.

#### **4.2.2.2.1.2. Barreras para el control de sedimentos (pacas de heno o barreras con geotextil)**

Por lo general, se instalan a través, y o al pie de una pendiente o en la salida o en una estructura de división. Las barreras de sedimentos están diseñadas para eliminar el exceso de sedimento de la escorrentía superficial. Estructura temporal a través de un área perturbada para reducir el movimiento de sedimentos en una pendiente. Las barreras de sedimento incluyen vallas de heno,

sacos de paja o arena, pilas de arbustos (material vegetal del desmonte) y otros materiales sintéticos. Las barreras son usadas donde el flujo laminar de agua se puede estancar permitiendo que se asiente el sedimento y mantenerlo en el área de construcción.

Se usarán las berreas de control de sedimentos hasta que el programa de revegetación sea implementado. Se colocarán barreras con geotextil y pacas de heno antes de cualquier otra actividad perturbadora del suelo. Las cercas y las pacas de heno se mantendrán y permanecerán en su lugar el tiempo que sea necesario para minimizar cualquier impacto negativo en la calidad del agua. La revegetación permanente procederá lo más rápido posible después de que se completen las operaciones de la tubería en los cruces a lo largo del alineamiento.

## **CERCAS CON PACAS DE HENO**

Los filtros de pacas están construidos con pacas que están unidas de forma segura. Las pacas están incrustadas al menos cuatro pulgadas en el suelo y cada paca se mantiene firmemente en su lugar por dos estacas empujadas al menos 1 ½ pies hacia el suelo. Las balas se apoyan firmemente en las balas adyacentes

**Figura 8: Barreras con pacas de heno**



Fuente: Dawcas Ideas Renovables, 2020.

Las balas de paja son efectivas en áreas donde las estacas de soporte se pueden conducir adecuadamente al suelo.

## Instalación

Figura 9: Barreras con pacas de heno



- Nivele la zona para proveer un área amplia para la instalación de las pacas;
- Haga la zanja lo suficientemente larga y con los extremos pendiente arriba para evitar que el flujo circunvalle el depósito de sedimentos;
- Coloque las pacas en la zanja de un extremo a otro con los amarres hacia los lados y no de arriba abajo;
- Ancle cada uno de los fardos con 2 estacas de 2" x 2" por 36" de largo y clavadas en el suelo a una profundidad de 18";
- Rellene espacios huecos con paja para reducir el movimiento de agua entre los fardos;
- Rellene con suelo compactado hasta la superficie del terreno en el lado pendiente abajo de los fardos, y a 4" sobre el nivel del suelo en el lado pendiente arriba;

- Estabilice áreas perturbadas con vegetación; y

- Revise la instalación final y dimensiones de las trampas con fardos de paja.

### **Mantenimiento**

Inspeccione las pacas luego de lluvias. Remueva y disponga del sedimento depositado cuando este alcance la mitad de la capacidad inicial. Reemplace las pacas deteriorados o dañados con prontitud.

## **BARRERAS CON GEOTEXTIL**

Estructura temporal a través de un área perturbada para reducir el movimiento de sedimentos en una pendiente.

**Figura 10: Barreras de geotextil**



Fuente: Dawcas Ideas Renovables, 2020.

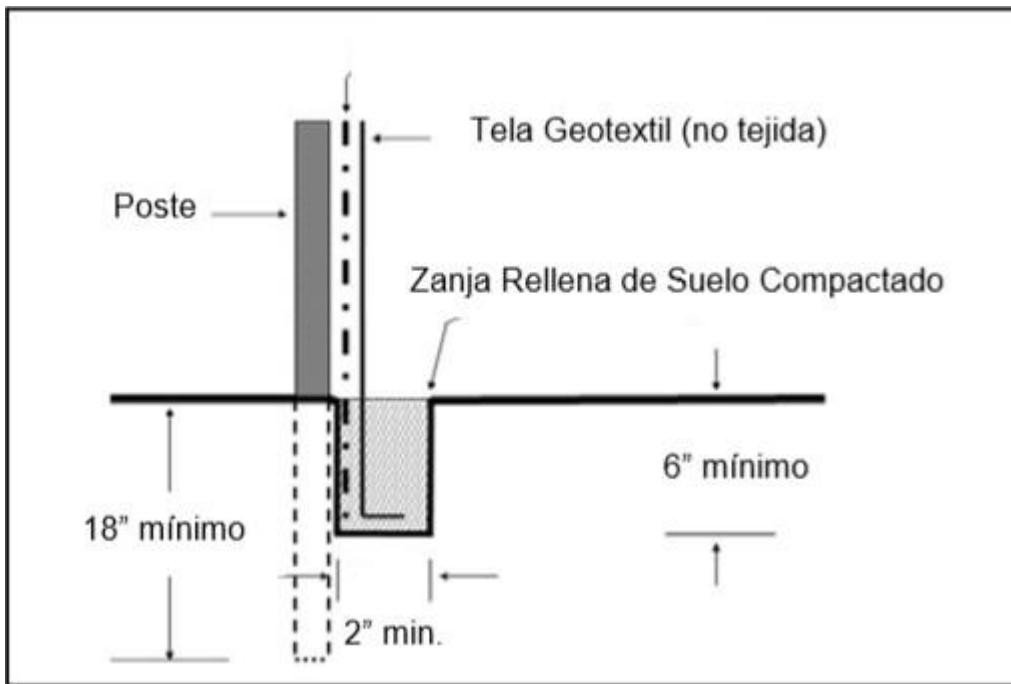
Las barreras son usadas donde el flujo laminar de agua se puede estancar permitiendo que se asiente el sedimento y mantenerlo en el área de construcción.

### **Instalación**

- Instale las cercas de forma que el flujo de sedimento pase por la cerca;
- Coloque los extremos de la cerca de forma ascendente a la pendiente para crear un almacenamiento temporero para los sedimentos y escorrentía;

- Las cercas no deben ser ubicadas en áreas por donde el flujo de agua y sedimento sea excesivo como en canales o pases de agua;

**Figura 11: Barrera con geotextil**



Fuente: Dawcas Ideas Renovables, 2020

- Nivele la zona detrás de la cerca para proveer un área amplia donde almacenar sedimentos y escorrentías;
- Si se coloca al pie de una pendiente, la cerca debe ser ubicada lo suficientemente lejos del pie de la pendiente para proveer un área adecuada para almacenar sedimentos y escorrentía;
- Cave una zanja de por lo menos 15 cm de profundidad a lo largo de donde se pondrá la cerca;
- Entierre los postes un mínimo de 45 cm en el lado bajo pendiente de la valla. Coloque los cada 1.8 m si se usa geotextil no tejido;
- Amarre un pedazo continuo de tela al lado pendiente arriba de los postes. Minimice el número de empalmes. Si los empalmes son necesarios, sujetel material firmemente a los postes y sobreponiéndolo hasta el próximo poste. Evite empalmes en puntos bajos de la valla;

- Rellene la zanja con suelo compactado; y
- Provea buen acceso para la limpieza y mantenimiento de áreas donde se acumulen sedimentos.

## **Mantenimiento**

Inspeccione las cercas semanalmente y luego de lluvias, repare inmediatamente de ser necesario. Remueva y disponga del sedimento depositado cuando este alcance la mitad de la altura de la tela.

### **4.3 Implementación de Procedimiento**

#### **4.3.1 Introducción**

La mayoría de las medidas de control de erosión y sedimentos identificadas en el PCES serán implementadas en etapas progresivas durante la fase de construcción de la línea de aducción basada en las actividades del Proyecto (ejemplo, desmonte y desbroce, nivelación del sitio, instalación de tuberías, etc.). La implementación de los controles de erosión y sedimento se llevarán a cabo de común acuerdo con el inicio de las primeras actividades de construcción, tales como la tala de árboles, desmonte y desbroce y la nivelación del sitio.

#### **4.3.2 Fase de preparación del sitio**

Durante la fase de preparación del sitio, habrá un control mínimo de los sedimentos y las actividades de trabajo consistirán en el corte y desmonte, desbroce y movimientos de tierra inicial sobre el alineamiento de la línea de aducción. El control de erosión y el control de sedimento serán más desafiantes durante esta fase, y aplicar las estrategias y prácticas mencionadas arriba de manera integrada será fundamental para logar los objetivos del proyecto. Para poder logar los objetivos del proyecto para el control de sedimento, se instalarán corriente debajo de las áreas de construcción, una serie de estructuras de filtración (ej., barreras de control de sedimento).

#### **4.3.3 Período de Construcción**

Durante la fase de construcción el control de sedimento general se logrará a través de estructuras implementadas para suministrar la gestión provisional. El control de erosión adecuado seguirá siendo suministrado al aplicar los mismos principios usados durante la fase de preparación del sitio.

### **5.0 SEGUIMIENTO DE MEDIDAS DE CONTROL**

Las medidas de control de erosión y sedimento instaladas, de conformidad con el PCES, serán supervisadas y mantenidas a través de las fases de construcción. La supervisión involucrará inspecciones visuales regulares de las medidas de control de erosión y sedimento en las siguientes áreas como mínimo:

- Acopios de capa vegetal
- Almacenamiento de material de movimiento de tierra;
- Acceso al sitio, carreteras de servicio y de transporte (alineamiento),
- Zanjas abiertas durante instalación de tuberías; y
- Cruces de cuerpos de agua.

#### **5.1 Parámetros y medidas de éxito**

Una de las principales funciones de los supervisores ambientales durante la construcción será supervisar a los contratistas para asegurar que los aparatos de control de erosión y sedimento especificados y otras medidas de protección están implementados y están trabajando efectivamente.

Durante los trabajos iniciales de construcción esto incluye controlar el sedimento de las actividades de limpieza de la vegetación y asegurar que las zonas de amortiguación de vegetación no alterada se mantienen entre las áreas de construcción y las corrientes de agua y otras áreas medioambientalmente sensibles, según sea requerido. Adicionalmente, asegurarán que las mejores prácticas de gestión están implementadas, tales como asegurar una adecuada separación de la capa vegetal para su posterior uso en la estabilización progresiva del sitio y actividades finales de rehabilitación.

Las inspecciones visuales de acopios de capa vegetal, acopios de material de movimiento de tierra, se llevarán a cabo para verificar las pendientes en busca de señales de erosión (ej. erosión de cárcavas, erosión por surco, o hundimiento), así como la integridad de la erosión con relación a la estabilización temporal y los esfuerzos de control de sedimentación, los cuales serán requeridos

La supervisión de incluirá inspecciones regulares en el sitio para evaluar:

- Acumulación de sedimento para determinar la necesidad de limpieza;

La supervisión del control de sedimento y erosión también se aplicará para evaluar:

- La efectividad de barreras de contención;
- Cumplimiento con las medidas de protección medioambientales especificadas para los cruces o desvíos del curso del agua; y
- La estabilización de áreas alteradas, donde las medidas de control de erosión están presentes, incluyendo revestimientos, y mantas de control de erosión.

La supervisión también incluirá la verificación que las medidas específicas están instaladas y se mantienen de conformidad con las especificaciones de construcción para el proyecto. En adición a las inspecciones regulares, la supervisión se enfocará en ver las medidas de control durante e inmediatamente después de los eventos de tormenta.

## 5.2 Frecuencia

Durante la construcción, todas las medidas de control de erosión y sedimento, temporales y permanentes se llevarán a cabo semanalmente y después de cualquier evento de lluvia importante. Para algunas medidas, tales como las barreras de sedimentos, las inspecciones se deben llevar a cabo al menos dos veces por semana. La inspección de acopios de materiales de movimiento de tierra se llevará a cabo durante o inmediatamente después de un evento de tormenta para verificar la efectividad de las medidas de control de erosión y sedimento y la estabilidad de los acopios. La inspección de la estabilidad de la pendiente de otros acopios no activos, tales como acopios de capa vegetal temporales, será inspeccionada cada dos (2) semanas.

Según proceda la construcción, procederá la inspección de todas las estructuras permanentes de control de erosión y sedimento, la cual se llevará a cabo semanalmente y después de cualquier evento de lluvia importante.

### **5.3        Mantenimiento**

El mantenimiento de las medidas de control de erosión y sedimento se llevará a cabo de conformidad con la dirección del personal medioambiental de Acciona y se basará en los resultados de la supervisión de rutina. Las estructuras de sedimentación tales como barreras de sedimentación temporal, barrera de contención, deben ser limpiadas una vez los niveles alcancen la mitad de la altura de la contención para asegurar que ellas continúan funcionando según lo previsto. Durante el diseño y construcción de las medidas de control de erosión y de sedimento, se debe tomar en consideración permitir el acceso adecuado para el equipo necesario para llevar a cabo el mantenimiento adecuado después de su construcción.

### **5.4        Desecho de sedimentos removidos**

Los sedimentos removidos, como parte del mantenimiento regular pueden ser desechados como exceso de material típico de tierra.

	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

## 6.0 REFERENCIAS

Directrices Medioambientales, de Salud y Seguridad de la Corporación Financiera Internacional – Minería, 2007.

Bruijnzeel, L.A., 2004. Funciones hidrológicas de los bosques tropicales: no ven el suelo por los árboles. Agricultura, Ecosistemas y Medioambiente 104, Elsevier, 2004, pp 185-228.

Walling, D.E. y Webb, B.W., 1996. Rendimiento de la erosión y sedimento: una visión general global. Conclusiones del Simposio Exeter, Julio, 1996, Publicación IAHS No. 236, 1996, pp 3-19

	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

## **7.0 ANEXOS**

**CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTO**

**BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN**

	Plan de Control de Erosión y Sedimento	Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodríguez
--	--	---

<b>Gaviones</b> <b>Protección de Pendiente y Superficie</b>	<b>Medida 1</b>
--	-----------------

## Descripción y Propósito

- Consiste en rocas ubicadas dentro de cestos de alambre para proteger pendientes empinadas pronunciadas o erosionables de la erosión por flujo laminar;
- Proteger bancos de canales de arroyos erosionables de velocidades de flujo que podría tener concentraciones altamente erosivas o alta tracción

Pueden aplicarse a:

- Pendientes y bancos;
- Disipador de energía de estructura de caída de gavión doble para canal de zanja
- Alcantarilla y desagüe de tuberías
- Puede utilizarse como una estructura de caída y escalonada.

## Aplicaciones

- Medida permanente
- Puede utilizarse para zampeado y mantas de bancos cuando las velocidades de flujo no excedan los 6 m/s;
- Puede construirse con 0.5H:1V como una estructura de poca altura de protección del talud de la pendiente;
- Puede utilizarse en pendientes de hasta 1.5H:1V como protección de pendiente, rotura de gradación y barrera para sedimento;
- Puede utilizarse como forro para canales para revestimiento de canales empinados (tales como desviación de agua dulce y canal de agua cargado de sedimento);
- Los colchones de gaviones son una alternativa a la armadura de zampeado de canales
- Pueden utilizarse para construir diques o presas;
- Utilizado como estructura de caída (estructura de contención) para reducir la gradación entre estructuras y como una barrera de sedimento en canales.

## Ventajas

	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

- Relativamente libre de mantenimiento;
- Estructura duradera y sólida;
- El grosor requerido para la parte inferior del gavión (puede ser de 1/2 a 1/3 el grosor del zampeado) para condiciones similares hidráulicas severas con zampeado;
- Atrapa sedimento y ayuda al crecimiento de plantas para que el canal tenga mayor resistencia al flujo.

### **Limitaciones**

- La construcción requiere mano de obra intensiva
- Costos adicionales relacionados con alambres para jaulas de malla para extracción y relleno además de la fábrica geotextil o capa de filtro de arena.

### **Inspección y Mantenimiento**

- Debe ser inspeccionado después de grandes tormentas, especialmente cuando sea necesario tener cuidado al minar al pie del talud del cesto
- Deben realizarse inmediatamente las reparaciones necesarias; las reparaciones pueden incluir gradación manual y/o relleno área minada con material rocoso.

	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

<b>Filtros de Sedimentos</b>	
<b>Control de Sedimentos</b>	<b>Medida 2</b>



	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

## Filtros de Sedimentos



	Plan de Control de Erosión y Sedimento	Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez
--	--	---

<b>Barrera de Fardo o paja</b> <b>Control de Sedimentos</b>	<b>Medida 3</b>
--	-----------------

## Descripción y Propósito

- Una barrera de pacas de heno utilizado principalmente como una medida del perímetro de control de sedimentos;
- Puede ser usado para interceptar y retener escurrimiento cargado de sedimentos para permitir que una parte de la carga de sedimentos quede retenida.

## Aplicaciones

- Medida temporal;
- Adecuado para velocidades de flujo de 0,3 m / s o menos;
- Por lo general, situado de 1 a 2 m del pie de las pendientes perturbadas;
- El tamaño del área de drenaje no debe ser mayor de 0.1 hectáreas por 30 m de longitud de la barrera de paja para sedimento;
- La longitud máxima de recorrido del flujo corriente arriba de la barrera debe ser inferior a 30 m;
- La gradiente máxima de la pendiente por encima de la barrera no debe ser mayor de 2H: 1V;
- Puede ser usado en junto con filtro de tela, como envoltura externa para encapsular el fardo.

## Ventajas

- Los fardos de paja son biodegradables;
- Sólo requieren de una fila de fardos de paja;
- Más fácil de instalar que otras barreras y económico si los fardos de paja están disponibles.

## Limitaciones

- No es apropiado para velocidades de flujo superiores a 0,3 m / s;

	<b>Plan de Control de Erosión y Sedimento</b>	<b>Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez</b>
--	---	--

- Exigir un exhaustivo mantenimiento para flujos de alta velocidad asociados a las tormentas;
- No es tan robusto como las bermas de tierra o los muros de berma continuos;
- Susceptible a causar daño al subsuelo y erosión si no se introduce adecuadamente en el subsuelo o si las juntas no son están completamente llenadas con paja;
- Vida útil más corta;
- Debe ser instalado manualmente;
- No debe utilizarse en superficies cubiertas de asfalto o concreto; y
- Las barreras de fardos de paja tienen una máxima de 0.5 m.

### **Inspección y mantenimiento**

- Inspeccione las barreras al menos a intervalos de una semana y después de cada evento importante de lluvia (más de 25 mm en un periodo de 24 horas);
- Eliminar la acumulación de sedimentos antes de que llegue la mitad de la altura de la barrera de contención Las reparaciones de erosión debe hacerse inmediatamente para prevenir una falla de la estructura.
- Reemplace fardos de paja dañados, deteriorados o desprendidos inmediatamente.

	Plan de Control de Erosión y Sedimento	Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez
--	--	---

<b>Capa de desecho vegetal</b> <b>Protección de Pendientes y Superficies</b>	<b>Medida 4</b>
---	-----------------

## Descripción y Propósito

Aplicación de maleza, arbustos u otros materiales de desecho biodegradables de desmonte de bosque como capa protectora en la superficie del suelo para:

- Minimizar la erosión por lluvia/escurrimiento y conservar la propiedad deseable de humedad del suelo para el crecimiento de las plantas;
- Promover la germinación de semillas y el crecimiento de plantas; y
- Conserva la humedad del suelo, reduce las velocidades del escurrimiento y la erosión de la superficie, controla la mala hierba, ayuda a establecer una cubierta vegetativa, y protege las semillas de los depredadores, del impacto de la lluvia, y de la erosión por viento/agua.

## Aplicaciones

- Efectiva para pendientes mayores de 20:1, pero no adecuado para pendientes empinadas (de hasta 3:1);
- Se puede utilizar para proveer control de erosión temporal o permanente cuando ocurra el crecimiento;
- Puede utilizarse como cubierta orgánica o medio de crecimiento para semillas cuando la capa arable no está fácilmente disponible;
- Puede utilizarse con o sin plantones en áreas que tienen una nivelación bruta o nivelación fina;
- Puede aplicarse junto con siembra para promover el crecimiento de plantas como una protección permanente contra la erosión;
- Puede comprender arbustos, matas, hojas y pequeñas ramitas. Las ramas más grandes (mayores de 2 pulgadas de diámetro) pueden ser removidos y utilizados para efectos de la construcción;

## Ventajas

	Plan de Control de Erosión y Sedimento	Proyecto de Construcción Línea de Aducción de la Planta Potabilizadora Ingeniero José Guillermo Rodriguez
--	--	---

- Método relativamente económico de promover el crecimiento de plantas y la protección de pendientes;
- Reduce el desecho de las actividades de desmonte de bosques;
- Aplicación relativamente fácil en pendientes adecuadas.

## Limitaciones

- La aplicación de vegetación puede ser difícil en las pendientes empinadas (limitado a pendientes de menos de 3:1);
- Debe mantenerse en una altura relativamente ligera (aproximadamente 6-12 pulgadas).

## Inspección y Mantenimiento

- Inspeccione las áreas cubiertas con vegetación al menos cada 6 meses o después de eventos significativos de tormenta (tormentas de 1:2 por año y/o lluvia de 40 mm en 24 horas);
- Las áreas dañadas por el arrastro por lluvia o erosión por regueros deben ser reniveladas si es necesario y recubiertas con vegetación o mantillos de inmediato;
- Se deben considerar medidas adicionales de control de aguas pluviales para las áreas de severa erosión por regueros dañadas por el escurrimiento; y
- Los pequeños puntos pelados pueden necesitar resiembra y recubrimiento con vegetación.