

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y PROGRAMACIÓN
DE OBRAS DE LA DEFENSA RIBEREÑA DEL PUENTE
MAVILA I CON GEOESTRUCTURAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

CHONG MAN ESTEBAN CHIANG HO

Lima- Perú

2013

	Pág.
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO	11
1.1 ANTECEDENTES	11
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	12
1.2.1 Ubicación Geográfica	13
1.2.2 Condiciones Climatológicas	14
1.2.3 Descripción del Proyecto de Defensa Ribereña	14
1.3 GEOESTRUCTURAS	16
1.3.1 Concepto	16
1.3.2 Aplicaciones	17
1.3.3 Ventajas	18
1.4 ESTUDIOS BÁSICOS	19
1.4.1 Estudio Topográfico	20
1.4.2 Estudio Hidrológico y Diseño de defensa Ribereña	21
1.4.3 Estudio Geológico	31
1.4.4 Estudio de Refracción Sísmica	32
1.4.5 Estudio Geotécnico	33
1.4.6 Estudio de Suelos, Canteras y DME	35
CAPÍTULO II: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA DEFENSA RIBEREÑA CON GEOESTRUCTURAS	37
2.1 PROCEDIMIENTO DE LLENADO DE LA GEOESTRUCTURA	37
2.1.1 Introducción	37
2.1.2 Llenado con Draga	37
2.1.3 Llenado con Poza	39
2.1.4 Llenado con Tolva	41

2.2	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA DEFENSA RIBEREÑA DEL PUENTE MAVILA I CON GEOESTRUCTURAS	43
2.2.1	Introducción	43
2.2.2	Etapas y Procedimiento constructivo de la Defensa Ribereña del Puente Mavila I	44
CAPÍTULO III: PRESUPUESTO, CRONOGRAMA Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		51
3.1	PRESUPUESTO	51
3.2	CRONOGRAMA	54
3.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	60
3.3.1	Introducción	60
3.3.2	Especificaciones técnicas de la defensa ribereña del puente Mavila I con Geoestructuras	60
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		65
4.1	CONCLUSIONES	65
4.2	RECOMENDACIONES	68
BIBLIOGRAFÍA		70
ANEXOS		71

RESUMEN

Presento a consideración de los miembros del jurado el presente Informe de Suficiencia titulado "Procedimiento Constructivo y Programación de Obras de la defensa ribereña del puente Mavila I con Geoestructuras"; para optar Título profesional de Ingeniero Civil, que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería, y formar parte del sistema Vial Interoceánico Sur ubicado en el distrito de alerta, provincia de Tambopata, departamento Madre de Dios, contribuyendo con el desarrollo nacional, manteniendo la transitabilidad de la carretera. Este Informe de Suficiencia se elaboró en base a los conocimientos obtenidos durante los estudios de pregrado aplicados a la ejecución del proyecto.

El empleo de geoestructuras en obras hidráulicas ha crecido durante los últimos años pero su aplicación como estructuras de defensa ribereña en el Perú sigue siendo una interrogante debido a que no contamos con la experiencia necesaria para su ejecución, y es por este motivo que al momento de la elaboración del presupuesto y del cronograma, aparecieron muchas interrogantes.

Se hace entonces una breve descripción de la problemática existente en el puente Mavila I, donde los procesos de geodinámica externa en el tramo del río ocasiona la desestabilización en conjunto de la carretera interoceánica y el puente poniendo en riesgo la transitabilidad de la misma. De igual forma se procede a realizar una breve descripción del proyecto, la geoestructura y algunos resultados de los estudios básicos para luego desarrollar la parte central del informe de suficiencia que consiste en analizar y evaluar el proceso constructivo y la programación de obra.

En este informe se pretende estudiar los diferentes procesos constructivos que existen para el llenado de las geoestructuras así como el procedimiento constructivo de la defensa ribereña del puente Mavila I y los resultados de las pruebas realizadas para la obtención de rendimientos, mano de obra y equipos para el llenado. Conociendo el procedimiento constructivo a emplear, los resultados de las pruebas y el conocimiento del proyecto hidráulico, calculamos el presupuesto total del proyecto y por ende la programación de la obra.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 1.1: Ubicación y Coordenadas Geodésicas del BM1 y BM 2	20
Cuadro N° 1.2: Cuenca del río Manuripe. Parámetros Morfométricos.	22
Cuadro N° 1.3: Días practicables para el proyecto de Defensa Ribereña del Puente Mavila I.	24
Cuadro N° 1.4: Resultados de capacidad portante.	35
Cuadro N° 1.5: Resumen de las propiedades Geotécnicas	36
Cuadro N° 1.6: Resumen de las características Físicas de Canteras	36
Cuadro N° 3.1: Estatus de Sub Partidas Aprobadas	52
Cuadro N° 3.2: Presupuesto General de la Obra de la Defensa Ribereña del Puente Mavila I	54
Cuadro N° 3.3: Presupuesto General Actualizado de la Obra de la Defensa Ribereña del Puente Mavila I	55
Cuadro N° 3.4: Especificaciones Técnicas del Geotextil Tejido para Tubo de geotextil de alta resistencia de Suelo	62
Cuadro N° 3.5: Especificaciones Técnicas del Geotextil No Tejido para Tubos de Geotextil de Alta Resistencia	62

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1.1: Geometría curva en forma de S aguas arriba del puente Mavila I.	11
Figura N° 1.2: Izquierda: Cavidad originado por la erosión del río Manuripe. Derecha: Apoyos de la guardavía que se encuentran socavados.	12
Figura N° 1.3: Cuenca del río Manuripe, hasta la zona de ubicación del puente en estudio	14
Figura N° 1.4: Puente Mavila I. Desarrollo de la parte superior del talud protegido de la nueva orilla derecha del río, aguas arriba del puente, y desarrollo del dique guía de la ribera derecha, aguas abajo del puente.	15
Figura N° 1.5: Protección de los taludes de la margen derecha con geoceldas rellenas con mortero.	16
Figura N° 1.6: Izquierda: Llenado, Centro: Contención, Derecha: Estructural	17
Figura N° 1.7: Variación de la topografía	20
Figura N° 1.8: Relación altitud Vs. Precipitación máxima (mm).	22
Figura N° 1.9: Evolución de los días Practicables con Precipitación Mayor a 10 mm.	23
Figura N° 1.10: Levantamiento topográfico en la zona de estudio efectuado en el año 1993, antes de la construcción del puente actual.	27
Figura N° 1.11: Río Manuripe en el año 2005, se observa el corte del meandro.	28
Figura N° 1.12: Río Manuripe, Levantamiento topográfico suministrado por la concesionaria.	29
Figura N° 1.13: Desarrollo del sistema de defensas ribereña Propuesto.	30
Figura N° 1.14: Sistema propuesto de protección en la zona de los estribos.	30
Figura N° 2.1: Izquierda: En esta imagen se muestra el sistema de dragado desde el fondo del río o del mar. Derecha: Se muestra el sistema de dragado desde la playa, orilla.	37

Figura N° 2.2:	Esquema del llenado de la geoestructura con Draga	38
Figura N° 2.3:	En esta imagen se muestra el sistema de llenado con dos barcazas.	39
Figura N° 2.4:	En esta imagen el sistema de llenado con dos barcazas.	40
Figura N° 2.5:	Se muestra el llenado de la geoestructura de anclaje del manto anti socavación.	40
Figura N° 2.6:	Esquema del llenado de la geoestructura con poza.	41
Figura N° 2.7:	En esta imagen se muestra la tolva y el sistema de tubería que alimenta a las geoestructuras.	41
Figura N° 2.8:	Llenado de la geoestructura.	42
Figura N° 2.9:	Esquema del llenado de la geoestructura con tolva	43
Figura N° 2.10:	Esquema de la Etapa 1	44
Figura N° 2.11:	Esquema de la Etapa 2	46
Figura N° 2.12:	Flujo del agua por teoría de vasos comunicantes	47
Figura N° 2.13:	Esquema de la Etapa 3	50
Figura N° 2.14:	Esquema de la defensa ribereña culminada del puente Mavila I con geoestructuras	50
Figura N° 3.1:	Días Practicables del mes de abril del 2013	57
Figura N° 3.2:	Cronograma de Ejecución de la Defensa Ribereña de Mavila I.	58
Figura N° 3.3:	Cuadro de Desembolso y Curva S Valorizado	59
Figura N° 3.4:	Histograma de Mano de Obra	59

LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

a	: Aceleración horizontal del Sismo (m/s ²).
A	: Área de la cuenca (Km ²).
APU's	: Análisis de Precios Unitarios.
B	: Ancho equivalente del cimiento.
b_c, b_q, b_γ	: factores de ajuste para el caso de base inclinada.
c	: cohesión del suelo de fundación.
Cp	: Coeficiente de Pico.
Ct	: Coeficiente asociado con la capacidad de almacenamiento de la cuenca.
CN	: Número de Curva
C1, C2	: Coeficientes adimensionales de escala, por regiones hidráulicas.
d_c, d_q, d_γ	: factores de ajuste en función de la profundidad de cimentación.
D_f	: Profundidad del nivel de fundación.
DME	: Depósito de Material Excedente
F.R.	: Factor de Retomada
g	: Aceleración de la gravedad (m/s ²).
g_c, g_q, g_γ	: factores de ajuste para el caso en que la base del cimiento se encuentra cerca de un talud.
HEC-HMS	: The Hydrologic Modeling System
i_c, i_q, i_γ	: factores de ajuste por inclinación de la carga.
J	: Nivel de Riesgo.
L	: Longitud del cauce principal en la cuenca (Km).

- L_c : Longitud del cauce principal hasta la altura del centroide de la cuenca (Km).
- MTC : Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- m, n : Exponentes adimensionales, por regiones hidráulicas.
- N : Vida útil.
- $N_c, N_q, y N_\gamma$: Factores de capacidad portante dependientes del ángulo de fricción interna del suelo ϕ .
- Q : Caudal máximo (m³/s).
- q_{barra} : Sobrecarga producida por el terreno que está por encima del nivel de fundación.
- Qp : Caudal Pico (m³/s).
- ρ_E : Asentamiento Elástico (cm).
- r_d : Es un coeficiente de reducción de esfuerzos, está dado en función de la profundidad.
- r_γ : factor de reducción en función del ancho del cimiento.
- S_c, S_q, S_γ : factores de ajuste en función de la geometría del cimiento.
- t_l : Tiempo de retardo.
- Tr : Periodo de retorno (años).
- γ_T : Peso unitario del suelo (T/m³).

INTRODUCCION

Presento a consideración de los miembros del jurado el presente Informe de Suficiencia titulado "Procedimiento Constructivo y Programación de Obras de la defensa ribereña del puente Mavila I con Geoestructuras"; para optar Título profesional de Ingeniero Civil, que otorga la Universidad Nacional de Ingeniería, y formar parte del sistema Vial Interoceánico Sur ubicado en el distrito de alerta, provincia de Tambopata, departamento Madre de Dios, contribuyendo con el desarrollo nacional, manteniendo la transitabilidad de la carretera. Este Informe de Suficiencia se elaboró en base a los conocimientos obtenidos durante los estudios de pregrado aplicados a la ejecución del proyecto.

El presente informe de suficiencia fue desarrollada como parte del curso de actualización de conocimiento durante los meses de agosto y febrero del año 2012 y 2013, la cual se titula "Procedimiento Constructivo y Programación de Obras de la defensa ribereña del Puente Mavila I con Geoestructuras", y muestra varias alternativas de procedimiento de llenado de geoestructuras.

El uso de geoestructuras comenzó con las primeras experiencias a nivel mundial hace más de 50 años, pero su aplicación en forma masiva se produjo a partir de los 80's, gracias a los avances tecnológicos permitió ampliar su campo de acción, abarcando proyectos relacionados al control de erosión, la contención y protección de costas, pero a pesar de los años, para el Perú, es una tecnología nueva y será aplicado en la defensa ribereña del puente Mavila I.

Esta investigación se realizó con el motivo de dar a conocer una nueva aplicación de las geoestructuras como defensa ribereña de un puente así como los procedimientos de llenado y el procedimiento constructivo para la defensa ribereña del puente Mavila I adoptado.

El informe de suficiencia está dividido en cuatro capítulos. El primer capítulo muestra las generalidades del proyecto y una breve descripción de la geoestructura, mientras que los tres últimos la investigación desarrollada. En el primer capítulo, se muestra una breve descripción de la problemática, la

descripción del proyecto, respecto a las cuales gira la investigación, descripción de una geoestructura y algunos estudios básicos que se deben de conocer y deben quedar claras desde el principio.

En el segundo capítulo, se muestra los diferentes procedimientos de llenado de las geoestructuras y el procedimiento constructivo de la defensa ribereña del puente Mavila I con geoestructuras. En consecuencia se muestra la secuencia constructiva para poder realizar las relaciones de dependencias en la elaboración del cronograma.

En el tercer capítulo, se muestra la elaboración del presupuesto y la programación de la obra siguiendo el procedimiento constructivo adoptado en el capítulo anterior y algunas especificaciones técnicas importantes, se dan a conocer conceptos nuevos para la programación como los días practicables y el factor de retomada.

En el cuarto capítulo, se muestra las conclusiones y recomendaciones del informe de suficiencia, dando a conocer las buenas prácticas y futuras investigaciones que se deben de realizar para obtener mayor experiencia en la elaboración del presupuesto y programación de obra de la defensa ribereña aplicando geoestructuras.

CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

El río Manuripe se ubica en el distrito de Alerta, provincia de Tambopata, departamento Madre de Dios, país Perú, a la altura del km. 565+900 y el km. 565+955 de la Interoceánica Sur. En dicho tramo se produce un proceso de erosión de riberas en las márgenes del río que alcanza el lado izquierdo de la vía y una fuerte socavación en ambos estribos del puente Mavila I. Aguas arriba del puente, el cauce del río posee una geometría curva en forma de S, que permite que la velocidad del flujo tenga una elevada capacidad de arrastre que genera una fuerza erosiva capaz de socavar tanto las riberas como el fondo del cauce.



Figura N° 1.1.- Geometría curva en forma de S aguas arriba del puente Mavila I.

Actualmente, la erosión ribereña ocasionada por el río a lavado buena parte del material limo arenoso del talud, afectando el borde izquierdo de la plataforma en el sector aledaño a los estribos del puente, dejando una cavidad que se va desarrollando y que ha dejado sin base de apoyo casi la mitad del carril izquierdo.

El otro frente de ataque debido a la geometría del río se ubica por debajo de la base de los estribos del puente, aquí se desarrolla una intensa socavación que

ha dejado expuesto los pilotes, los mismos que se encuentran afectados por el ataque directo del río.



Figura N° 1.2.- Izquierda: Cavity originado por la erosión del río Manuripe. Derecha: Apoyos de la guardavía que se encuentran socavados.

Estos procesos de geodinámica externa han ocasionado la desestabilización en conjunto de la carretera y el puente Mavila I, situación que puede producir el colapso de la infraestructura vial a corto plazo y poner en riesgo la transitabilidad de la misma.

1.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El sector inestable de acuerdo al proyecto de ingeniería de detalle está delimitado por las progresivas km. 565+900 – km. 565+955, este corresponde al km. 512+003 – km. 512+053 tomando como referencia los HITOS de la carretera, esta diferencia se debe a los replanteos que se realizaron en el trazo durante la ejecución de la carretera, esta forma parte del subtramo N° 5 del Corredor Vial Interoceánica Sur: Puente Inambari – Iñapari. Distrito de alerta, provincia de Tambopata, departamento Madre de Dios.

Aguas arriba de la margen izquierda del Puente Mavila I se observa una cavidad en la ladera izquierda de la carretera producido por la fuerte erosión y arrastre del flujo de agua del río Manuripe, dejando sin base parte del carril izquierdo de la plataforma. También se presenta un proceso de socavación en la base del estribo exponiendo los pilotes del puente Mavila I al ataque de la corriente del río

y al mismo tiempo, genera esfuerzos por la pérdida de confinamiento de la estructura.

El río Manuripe posee una morfología sinuosa con meandros irregulares en toda su longitud, su caudal se incrementa con las constantes lluvias de temporada aumentando su nivel de agua arrastrando con todo lo que encuentra a su paso.

Entre los años 1994 y 1995 fue construido el puente Mavila I, para su diseño se utilizaron registros pluviométricos de los años 80' y 90' cumpliendo con todos los estándares de diseño de puentes de esa época.

En el 2012, los máximos niveles de agua del río Manuripe alcanzado en la zona del puente fue de 228.80 m.s.n.m, superando el tirante de la máxima avenida calculado para el diseño del puente, y la cota de la base de las vigas de apoyo de la superestructura es de 230.89 m.s.n.m., lo cual produjo un galibo de 2.09 m.

Los estudios hidrológicos que se realizaron para la defensa ribereña se utilizaron datos pluviométricos registrados hasta el 2009, los resultados indican que al ocurrir la avenida de 100 años de periodo de retorno la cota de los máximos niveles de agua será de 229.37 m.s.n.m., lo cual produciría un galibo de 1.53 m., por lo tanto la altura del puente actual está dentro de los límites aceptables.; sin embargo, su velocidad genera un acelerado proceso de socavación de los sedimentos en el fondo del cauce y una hiperconcentración de estos flujos de agua dejando expuestos los pilotes de los estribos.

1.2.1 Ubicación Geográfica

La cuenca del río Manuripe geográficamente se ubica entre los 69°05' y 70°21' de longitud oeste, y entre los 11°26' y 12°07' de latitud sur, y limita por el noreste con la cuenca del río Muymanu, por el sur-oeste con la cuenca del río Huáscar. Hidrográficamente el río Manuripe pertenece a la cuenca del río Madeira, afluente del Amazonas. Desde la zona de ubicación del puente hacia aguas arriba, el área de la cuenca es de 2873.91 Km².

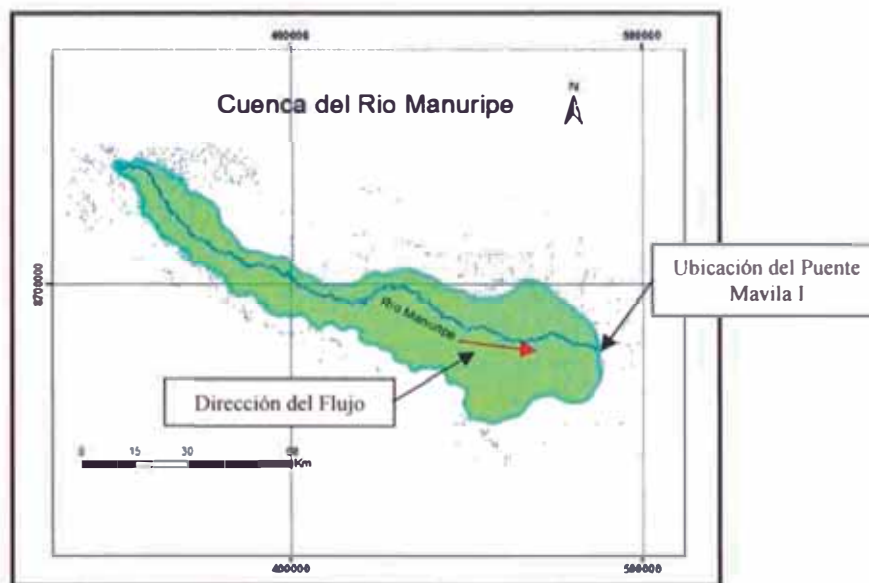


Figura N° 1.3.- Cuenca del río Manuripe, hasta la zona de ubicación del puente en estudio

1.2.2 Condiciones Climatológicas

El clima de Madre de Dios es de tipo tropical: cálido, húmedo y con precipitaciones anuales superiores a 1000 mm. La temperatura media anual en Puerto Maldonado, capital del departamento, es de 26°C; las máximas llegan a 38°C en los meses de Agosto y Septiembre; las mínimas descienden a 8°C. Existe un periodo de precipitaciones muy escasas que abarca los meses de Junio, Julio y Agosto. La época lluviosa es de Diciembre a Marzo.

El clima de Madre de Dios sufre a veces influencias de masas de aire frías que llegan desde el sureste del continente americano, ocasionando sensibles bajas de temperatura, que hacen bajar el termómetro hasta 8°C. y que son conocidas localmente con los nombres de "surazo" o "friaje".

1.2.3 Descripción del Proyecto de Defensa Ribereña

Para la protección de la plataforma de la carretera y del puente Mavila I se determinó que la margen izquierda, incluyendo la zona de los estribos del puente, se construyan diques guías con geoestructuras rellenos con material del cauce. En el espacio existente entre pilotes, se realizarán trabajos de llenado de vacíos con arena, en donde previamente se habrán colocado los tubos de

geotextil cubiertos en su cara interna por un filtro de geotextil que evitará la fuga del material utilizado en el relleno.

La protección de los taludes de la margen derecha se divide en dos tramos:

Talud del tramo "MN" (Figura 1.4 y 1.5), aguas arriba del puente (Anexo 1: Planos), protegido con geoceldas rellenas con mortero, ancladas en la ladera. Las geoceldas se apoyan sobre un filtro de geotextil. Previamente se deben realizar trabajos de excavación a fin de definir el desarrollo que la ribera derecha tenía cuando se produjo el corte del meandro existente.

El tramo "NR" (Figura 1.4), aguas abajo del puente, será protegido con un dique guía construido con geoestructuras rellenos con material del cauce.

Atrás de los diques guía, en la llanura de inundación, se debe colocar un relleno compactado con el material de las excavaciones.

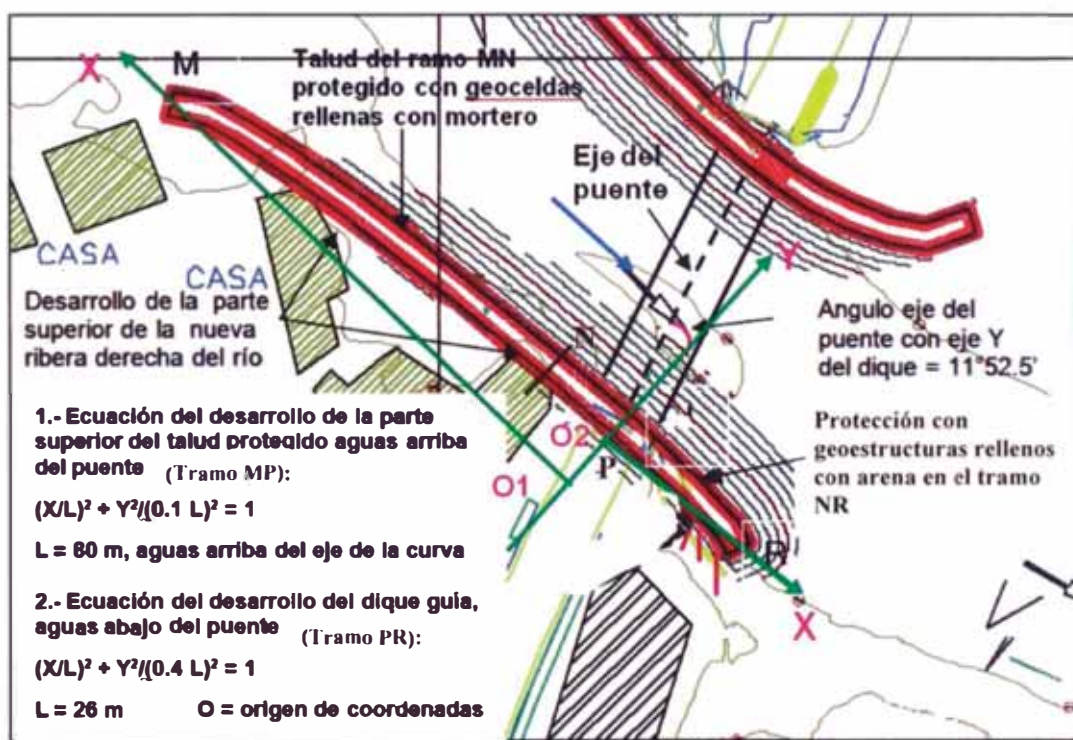


Figura N° 1.4.- Puente Mavila I. Desarrollo de la parte superior del talud protegido de la nueva orilla derecha del río, aguas arriba del puente, y desarrollo del dique guía de la ribera derecha, aguas abajo del puente.

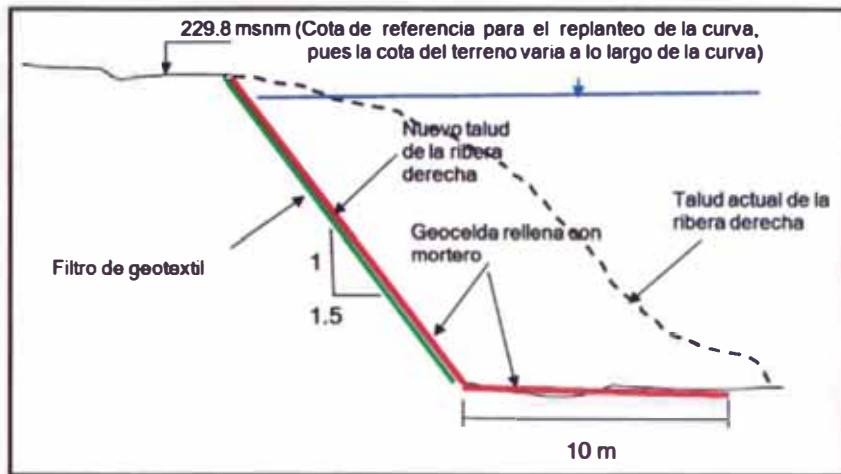


Figura N° 1.5.- Protección de los taludes de la margen derecha con geoceldas rellenas con mortero.

1.3 GEOESTRUCTURAS

1.3.1 Concepto

Las Geoestructuras son estructuras flexibles en forma de tubo hecho con geotextil tejido de alta resistencia, también conocido como geotubo o tubo de geotextil. Su sección transversal tiene forma ovalada y el diámetro y la longitud son determinadas de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

El geotextil tejido que conforma la Geoestructura está diseñado para retener partículas de suelo y permitir la salida del agua. Las Geoestructuras pueden tener una o varios puertos de inyección dependiendo de su longitud y generalmente están alineados en la parte superior de la Geoestructura, distanciados entre si a una distancia no mayor a 15 metros. Los puertos son utilizados tanto para llenado y para aliviar los esfuerzos de tensión generados por el exceso de agua.

El geotextil utilizado para la construcción de estas Geoestructuras esta diseñada para:

- Tener la permeabilidad suficiente para aliviar el exceso de presión de agua.
- Retención del material de llenado.

- Resistencia de las presiones de llenado.
- Resistencia a las fuerzas de abrasión durante las operaciones de llenado.
- Sobrevivir a los procesos de instalación.
- Resistencia al punzonamiento y al rasgado.
- Resistencia a la luz ultravioleta.

La geoestructura tiene tres fases o etapas durante su ejecución, estas son: Llenado, Contención y Estructural.

Llenado: Puede realizarse directamente con suelo por vía seca, o por bombeo de sólidos en un medio líquido (slurry) donde la resistencia y permeabilidad del geotextil permite la salida del agua al exterior, reteniendo los sólidos.

Contención: La geoestructura tiene un geotextil que es durable y con una alta retención que permite que la arena dragada se confine y formen una estructura monolítica densa.

Estructural: El material contenido dentro de la geoestructura es densificada y sirve como una masa estructural, Cuando se utiliza con el manto anti socavación, la geoestructura puede ser utilizado como núcleo de duna de arena o como algún otro medio para recuperar playas o prevenir la erosión.



Figura N° 1.6.- Izquierda: Llenado, Centro: Contención, Derecha: Estructural

1.3.2 Aplicaciones

En los últimos años estas Geoestructuras han tenido gran aplicación en el diseño y construcción de rellenos de confinamiento tipo Diques en donde el material de llenado normalmente son suelos procedentes de material dragado. Existen

numerosos ejemplos de proyectos que posiblemente no habrían sido realizables sin el uso de las Geoestructuras, las cuales ofrecen ventajas técnicas y económicas como son: simplicidad en construcción, beneficios económicos y reducción de los impactos ambientales, debido a que se puede utilizar los materiales obtenidos in situ así como la explotación de canteras y transporte de materiales.

En cuanto a su aplicación, estos son muy variados y estos pueden ser:

- Protección de riberas de ríos.
- Estructuras de encauzamiento de ríos.
- Aplicaciones costeras.
- Islas Artificiales
- Construcción de diques y bermas bajo agua.
- Almacenamiento de material contaminado.
- Confinamiento de rellenos hidráulicos.

1.3.3 Ventajas

Las geoestructuras son muy prácticas, estas se construyen de una manera rápida y es una eficiente solución a los problemas de erosión en zonas costeras, ríos, lagos, también para contener relaves, entre otros tipos de soluciones.

Estas tienden a ser más estables hidráulica y geotécnicamente ya que son unidades con un mayor volumen, con mayor área de contacto y mas pesadas, generalmente son la solución mas económica ya que permite el uso de materiales mas finos, que puede ser in situ, para su construcción.

Ventajas:

- Mínimo impacto en el medio ambiente.
- Una alternativa de bajos costos respecto a métodos de construcción.
- Gran Resistencia.
- Contener de manera efectiva un alto volumen.

- Reducción del volumen y efectiva deshidratación.
- No requerir equipos especializados.
- Permite disponer de desechos de una manera fácil.
- Recuperar sólidos que tienen valor.
- Agua con calidad de vertimiento.
- Con la adecuación de una zona se podría optimizar el área a utilizar y darle un uso posterior.
- Una alta relación beneficio costo con una solución práctica y eficiente de los procesos de deshidratación de lodos.
- Fabricados a partir de geotextiles tejidos especiales de alta resistencia.

1.4 ESTUDIOS BÁSICOS

Para la realización de la ingeniería y la construcción del proyecto de la defensa ribereña con geoestructuras es muy importante realizar estudios previos para poder realizar la propuesta técnica, así como para generar procedimientos constructivos adecuados.

Los estudios deben contener toda la investigación necesaria para realizar un adecuado procedimiento constructivo, estos deben ser elaborados con sumo cuidado y tomando buenos criterios, además deben contener información completa, estos no deben de contener datos erróneos o deficientes.

Los estudios básicos se pueden ordenar según su importancia de la siguiente manera:

- Estudio Topográfico
- Estudio Hidrológico y Diseño hidráulico
- Estudio Geológico
- Estudio de Refracción Sísmica
- Estudio Geotécnico
- Estudio de Suelos, Canteras y DME

1.4.1 Estudio Topográfico

Para poder iniciar con la ejecución del proyecto es necesario primeramente revisar los planos de los levantamientos topográficos, como la topografía y la batimetría (Anexo 1: Planos), y verificar el año en la cual fue levantado debido a que el cauce de los ríos de la selva son muy cambiantes.

Antes de iniciar la ejecución del proyecto se debe de proceder con la actualización del levantamiento topográfico antes de materializar la obra de protección debido a las condiciones presentadas en los últimos eventos invernales.

Para la realización del levantamiento actual se procede a tomar los mismos puntos de referencia que se utilizaron para los levantamientos topográficos del proyecto, estos fueron:

Cuadro N° 1.1.- Ubicación y Coordenadas Geodésicas del BM1 y BM 2

PUNTO	UBICACIÓN (PROGRESIVA)	COORDENADAS		
		N (m)	E (m)	Z (m.s.n.m.)
BM 1	Km 565+900 (Ubicación eje de la vía)	8,681,005.42	487,205.87	232.30
BM 2	Km 565+880 (Ubicación eje de la vía)	8,680,986.42	487,199.63	232.34

Fuente: ConCol Perú SAC. "Proyecto de Ingeniería de detalle para la defensa ribereña del Puente Mavila I Existente km 565+964 corredor vial IIRSA Sur.", Lima, Perú, 2012, pág. 9.

Se procede a comparar la información topográfica presentada en el Estudio Topográfico que fue tomada como base para la elaboración del proyecto, con la topografía actual (Anexo 1: Planos).

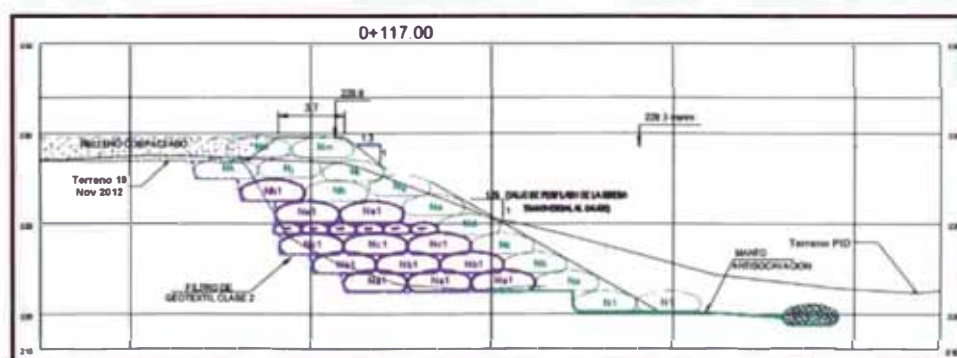


Figura N° 1.7.- Variación de la topografía

La diferencia entre ambas topografías es debido al proceso de erosión (aproximadamente 10 metros de longitud) ocasionado por el río Manuripe, luego del análisis de ambas topografías vemos la necesidad de replantear el proyecto y adecuarlas a las condiciones actuales pero manteniendo la geometría del diseño hidráulico.

Para poder mantener el diseño se procede a realizar consultas al proyectista con una solución tentativa que fue de aumentar la cantidad de geoestructuras (Figura N° 1.7), con la finalidad de mantener la misma sección del encauzamiento del diseño hidráulico.

1.4.2 Estudio Hidrológico y Diseño de defensas Ribereñas.

1.4.2.1 Estudios Hidrológicos

Conocer los estudios Hidrológicos es muy importante durante la construcción debido a que nos brinda información pluviométrica de la zona, este es muy importante para poder analizar los días practicables (días útiles) que tenemos durante la ejecución del proyecto y así podamos generar un cronograma de ejecución que se adecue a las características de la zona.

El estudio Hidrológico también nos ayuda a obtener datos para poder elegir el diseño hidráulico más adecuado.

Es importante conocer los parámetros morfométricos, (Cuadro 1.2), de la cuenca del río debido a que nos da a conocer cuáles son los puntos de concentración al momento de la ejecución del proyecto.

Analizando los parámetros morfométricos se tiene que la cuenca tiene una pendiente pequeña, su factor de forma es bajo y por lo tanto hay una menor posibilidad de tener una tormenta intensa y simultánea. El área de la cuenca es clasificada como grande y se le debe de dar mucha atención a la hidrología del cauce principal, debido al índice de compacidad. La cuenca del Manuripe tiene un índice alejado de la unidad, por lo tanto se reduce su probabilidad de que sea

cubierta en su totalidad por una tormenta debido a que tiene una forma alargada, por eso el cauce principal presenta una crecida lenta y sostenida.

Cuadro N° 1.2.- Cuenca del río Manuripe. Parámetros Morfométricos.

Parámetros	Cuenca del Río Manuripe
Área (km ²)	2873.91
Perímetro (km)	384.37
Longitud del Cauce Principal (km)	238.22
Pendiente del Cauce (%)	0.05
Factor de Forma (adimensional)	0.051
Índice de Compacidad (adimensional)	2.02
Altitud Media (m.s.n.m.)	347
Pendiente de la Cuenca (%)	0.095

Fuente: ConCol Perú SAC. "Proyecto de Ingeniería de detalle para la defensa ribereña del Puente Mavila I Existente km 565+964 corredor vial IIRSA Sur.", Lima, Perú, 2012, pág. 14.

La cuenca del río Manuripe tiene una inclinación hacia el norte que se aproxima a la zona donde se encuentra la estación Iberia, y que también es la más cercana al puente Mavila I. En la figura N° 1.8 nos muestra la variación de la precipitación en relación a la Altitud.

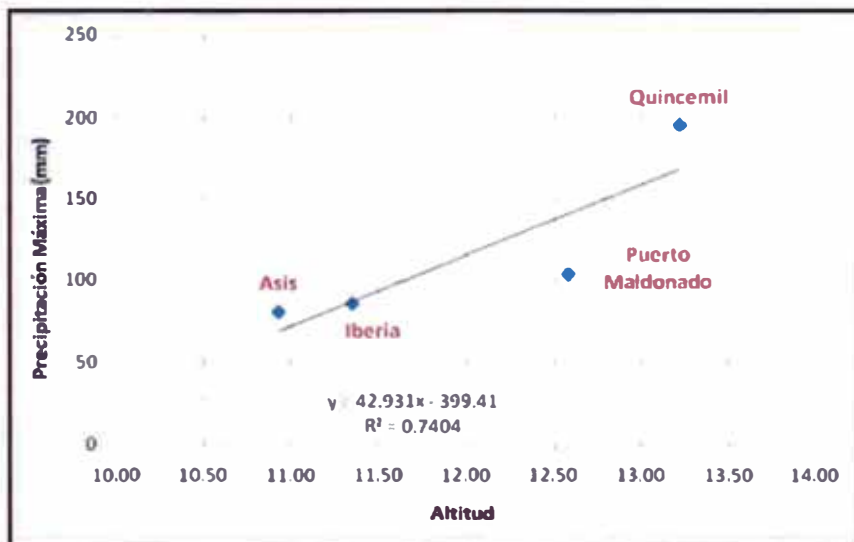


Figura N° 1.8.- Relación altitud Vs. Precipitación máxima (mm).

Si uno no conoce el régimen de la precipitación puede llevar al fracaso la ejecución del proyecto, al no poder planificar de manera adecuada el proyecto debido a que no tendría la manera de determinar la fecha de inicio más adecuada. Para una defensa lo más idóneo sería iniciar la ejecución durante los periodos secos y se puede obtener con la pluviometría, para el análisis se tomará los datos de los años 2006 y 2007.

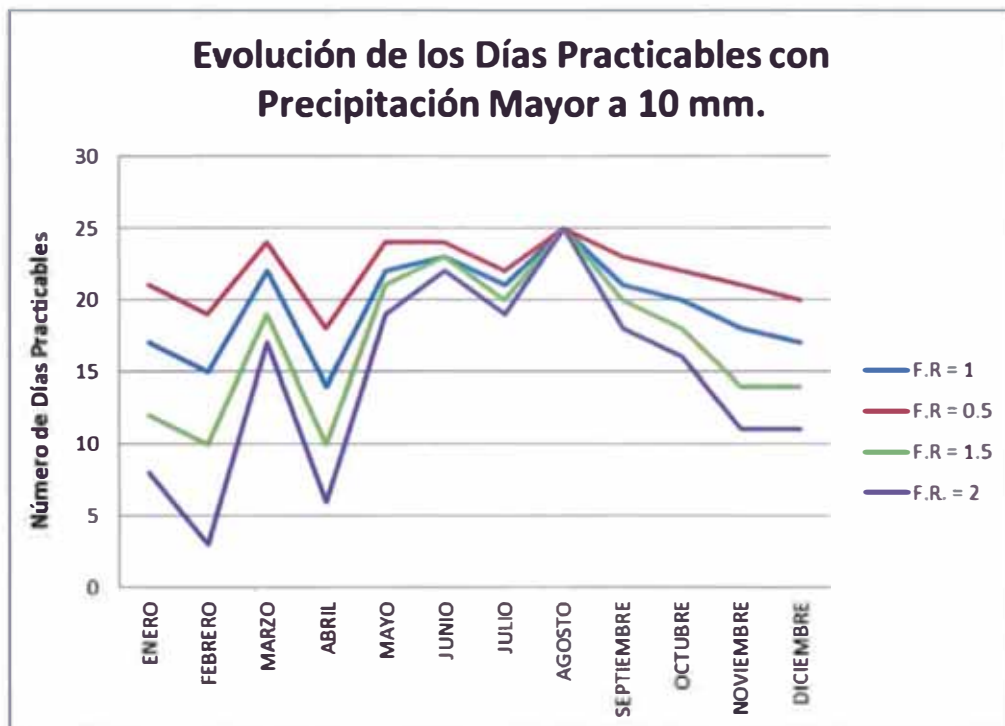


Figura N° 1.9.- Evolución de los días Practicables con Precipitación Mayor a 10 mm.

El Factor de retomada (F.R.) es la Amplificación o reducción en los días de lluvia debido a que cada actividad se deja de trabajar un determinado periodo de tiempo ocasionado por este efecto climático, por ejemplo, en los Rellenos y Explotación de Material Arcilloso se considera un F.R. = 1.5 debido a que por cada día de lluvia se deja de trabajar ese día más la mitad del día siguiente, el factor de retomada es un valor que se obtiene por experiencia en campo.

De la Figura N° 1.9 podemos determinar que los meses secos van del mes de Mayo hasta Noviembre, analizando la información pluviométrica podemos obtener cuantos días practicables (días efectivos de trabajo, no contemplan

feriados ni días de lluvia) podemos tener en cada mes, este dato es importante para configurar el calendario en la programación.

Para el cálculo de la cantidad de días practicables se proceden a tomar los días de lluvia que tengan una pluviometría mayor a 10 milímetros, esto se debe a que con esta precipitación en la zona de trabajo donde nos encontramos nos resulta muy difícil realizar las labores dentro del proyecto.

A pesar que, para ejecutar el llenado de las geoestructuras, estas se pueden realizar en cualquier circunstancia pero por seguridad en días lluviosos con la pluviometría antes mencionada no se realizan labores.

Cuadro N° 1.3.- Días practicables para el proyecto de Defensa Ribereña del Puente Mavila I.

MESES	DÍAS ÚTILES			
	F.R. = 0.5	F.R. = 1.0	F.R. = 1.5	F.R. = 2.0
ENERO	21	17	12	8
FEBRERO	19	15	10	3
MARZO	24	22	19	17
ABRIL	18	14	10	6
MAYO	24	22	21	19
JUNIO	24	23	23	22
JULIO	22	21	20	19
AGOSTO	25	25	25	25
SEPTIEMBRE	23	21	20	18
OCTUBRE	22	20	18	16
NOVIEMBRE	21	18	14	11
DICIEMBRE	20	17	14	11

Fuente: Elaboración Propia

Analizando el cuadro N° 1.3, podemos visualizar que los meses más adecuados para la ejecución del proyecto son de Abril hasta Noviembre debido a que en el mes de Diciembre se está iniciando el periodo de lluvias.

Otros datos importantes del Estudio Hidrológico obtenidos del Expediente Técnico del Proyecto de Ingeniería de detalle para la defensa ribereña del Puente Mavila existente (04 de julio del 2012) son:

El río Manuripe no dispone de registros de caudales y para poder determinar los caudales máximos se tomaron dos métodos diferentes, a) De un análisis regional y b) A partir de datos de precipitación máxima de 24 horas, en la cual nos permitirán definir el orden de magnitud de estos.

a) De un análisis regional mediante el Método Empírico de Wolfgang Trau- Raúl Gutierrez – Análisis Regional de las Avenidas de los Ríos del Perú.

Se aplica este método debido a que nos permite la estimación de los caudales máximos diarios en cuencas sin información, para diferentes periodos de retorno, tomando el área de la cuenca como el parámetro de mayor incidencia en la ocurrencia de los caudales máximos, la descarga máxima de diseño está dada por:

$$Q_{T_r} = (C_1 + C_2) * \log(T_r) * A^{(m \cdot A^{-n})}$$

b) A partir de datos de precipitación máxima de 24 horas mediante el método del Hidrograma Unitario de Snyder y aplicando el programa HEC-HMS v. 3.3. (Anexo 2: Estudios Básicos)

Del método del Hidrograma unitario obtenemos el tiempo de retardo de la cuenca en estudio y el caudal pico de esta.

$$t_l = C_t (LL_c)^{0.3} \quad Q_p = \frac{2.78 C_p A}{t_l}$$

Con el programa HEC-HMS ingresamos los datos obtenidos del Hidrograma Unitario de Snyder y este nos ayuda a la determinación de los caudales de avenida de una determinada zona, este es un programa que modela la respuesta que tendrá la cuenca del río en su escurrimiento superficial a partir de datos de precipitación y es representada como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Considerando toda la información y las consideraciones tomadas se opta por los resultados obtenidos con ayuda del programa HEC-HMS.

Caudal para un período de retorno de 100 años $Q_{100} = 412.4 \text{ m}^3/\text{s}$

- El nivel de riesgo para que haya una probabilidad de que la avenida de 100 años (o mayor) ocurra en un periodo de $N = 50$ años es del 40%.
- El nivel de riesgo para que haya una probabilidad de que la avenida de 100 años (o mayor) ocurra en un periodo de $N = 100$ años es del 63%.

El caudal de 100 años es importante porque nos ayuda a determinar y verificar las dimensiones de los sistemas de defensa.

Caudal para un período de retorno de 500 años $Q_{500} = 618.3 \text{ m}^3/\text{s}$

- El nivel de riesgo para que haya una probabilidad de que la avenida de 500 años (o mayor) ocurra en un periodo de $N = 50$ años es del 10%.
- El nivel de riesgo para que haya una probabilidad de que la avenida de 500 años (o mayor) ocurra en un periodo de $N = 100$ años es del 18%.

El caudal de 500 años nos ayuda en los cálculos de socavación, la verificación de las profundidades de la cimentación, y para determinar el tamaño de los elementos que conforman los sistemas de defensa.

Durante la ocurrencia de la avenida de diseño de 100 años de periodo de retorno, se espera que el flujo tenga las siguientes características:

Tirante máximo inmediatamente aguas arriba del puente, referido a una cota promedio del cauce, es de $Y = 9.29 \text{ m}$.

Velocidad máxima de aproximación $V_a = 1.47 \text{ m/s}$.

Hay que tomar en cuenta que para el diseño se tienen que considerar los fenómenos de socavación (Anexo 2: Estudios Básicos), para poder realizar el cálculo se toma en consideración el caudal Q_{500} , por lo general para suelos cohesivos se calcula aplicando el método de Lischtvan-Lebediev, se aplica este

método debido a que en la zona encontramos suelos tipo SM, este es un material arena limo arcillosa de baja plasticidad y de coloración amarillenta.

La Socavación General es $d_g = 0.0$ m. para la condición con defensa y sin ella (Anexo 2: Estudios Básicos). Esto quiere decir que al presentarse una creciente, la velocidad del agua y la capacidad de arrastre es tal que no es capaz de arrastrar o desgastar el lecho del río.

La Socavación por Contracción es $d_c = 5.14$ m. sin defensa ribereña y $d_c = 4.55$ m. con defensa ribereña (Anexo 2: Estudios Básicos).

La Socavación Local en los estribos se utilizó el método de Froelich. Obteniéndose que $d_{le} = 4.17$ m. en el estribo izquierdo y $d_{le} = 2.75$ m. en el estribo derecho sin la protección de la defensa ribereña, en el otro caso la Socavación local es nula en ambos estribos debido a que estos se encuentran protegidos (Anexo 2: Estudios Básicos).

Es importante realizar estos estudios para evitar derrumbamientos y se afecte la vía.

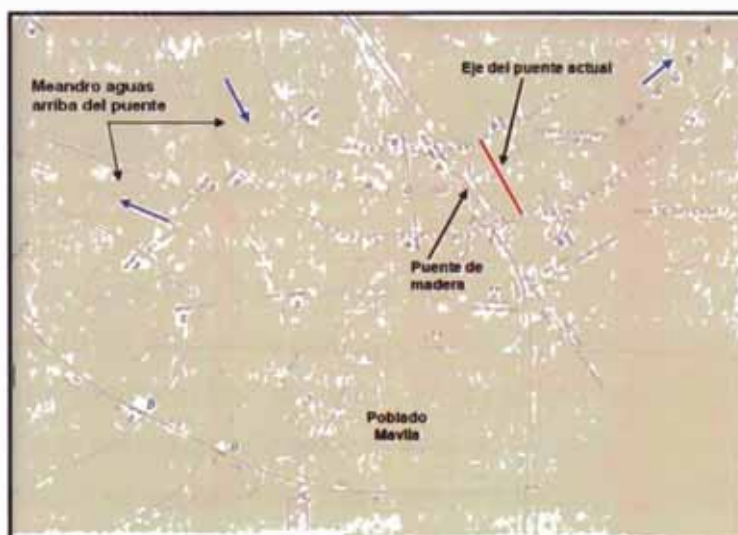


Figura N° 1.10.- Levantamiento topográfico en la zona de estudio efectuado en el año 1993, antes de la construcción del puente actual.

1.4.2.2 Diseño de defensa Ribereña

Para poder diseñar un sistema de defensa ribereña para el puente Mavila I se tiene que tomar las siguientes consideraciones:

Analizar el desarrollo del río Manuripe aguas arriba del puente, como ha ido variando en el transcurso de los años para poder plantear la forma de los diques y así puedan tener un mejor comportamiento hidráulico, también ver cómo ha afectado la construcción del puente en el cauce del río.



Figura N° 1.11.- Río Manuripe en el año 2005, se observa el corte del meandro.

De acuerdo a la figura N° 1.12 tenemos que definir un desarrollo de la ribera derecha, aguas arriba del puente para que el flujo de la corriente del río se dirija en sentido perpendicular al eje del puente, en la margen izquierda hay que tomar en cuenta el corte del meandro para que esta no se vuelva a reactivar debido a que el río Manuripe es del tipo meándrico tortuoso de alta sinuosidad.

Dado que no existen canteras de roca ni de piedras en la zona se propone colocar diques guías, construido con geoestructuras rellenos con material del cauce, en la margen izquierda del río y para la margen derecha se propone

realizar trabajos de excavación para ampliar el cauce aguas arriba del puente y protegerlo con geoceldas rellenas con mortero, ancladas en la ladera y estas deben de estar apoyadas sobre un filtro de geotextil, antes de llegar al extremo de la zapata del estribo del puente se propone proteger con geoestructuras rellenas con arena y para finalizar, en la llanura de inundación debe de ser rellenado y compactado con material de las excavaciones. (Anexo 1: Planos)

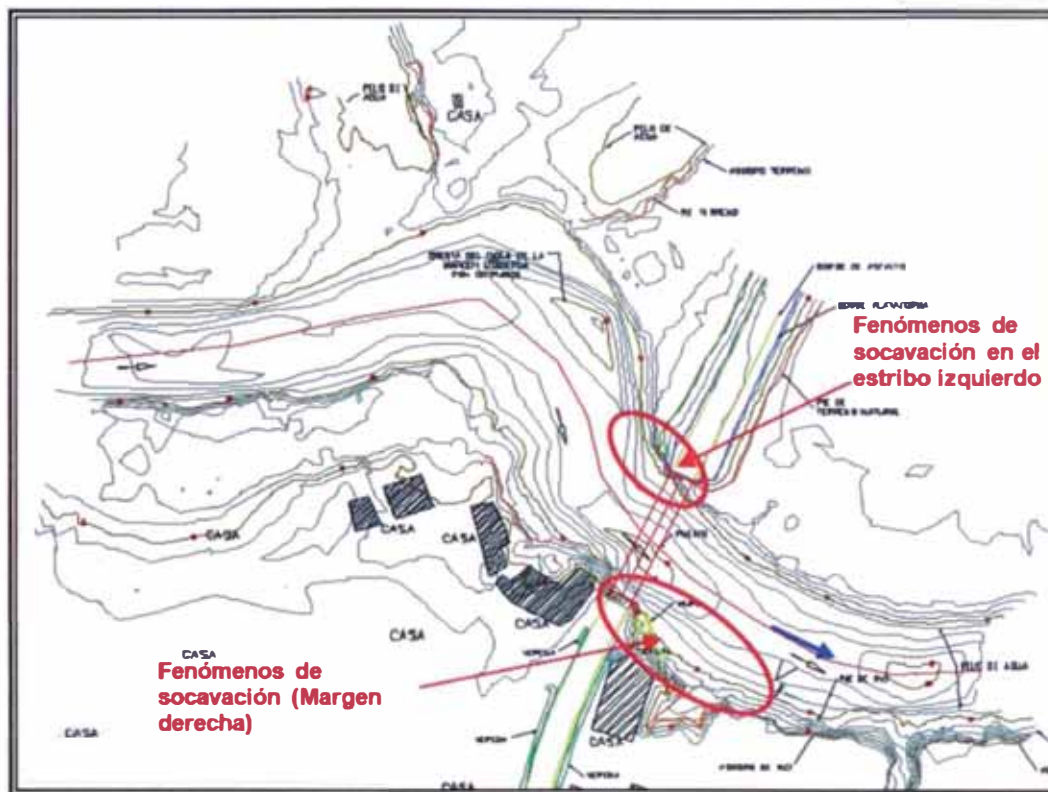


Figura N° 1.12.- Río Manuripe, Levantamiento topográfico suministrado por la concesionaria.

Dado que no existen canteras de roca ni de piedras en la zona se propone colocar diques guías, construido con geoestructuras rellenas con material del cauce, en la margen izquierda del río y para la margen derecha se propone realizar trabajos de excavación para ampliar el cauce aguas arriba del puente y protegerlo con geoceldas rellenas con mortero, ancladas en la ladera y estas deben de estar apoyadas sobre un filtro de geotextil, antes de llegar al extremo de la zapata del estribo del puente se propone proteger con geoestructuras rellenas con arena y para finalizar, en la llanura de inundación debe de ser rellenado y compactado con material de las excavaciones. (Anexo 1: Planos)

Una vez que se finalice la construcción de los diques guías, el flujo de avenida ingresarán adecuadamente hacia la abertura del puente, haciendo que estas sean paralelas a los estribos y originando que el fenómeno de socavación local al pie de los estribos sean nulos.

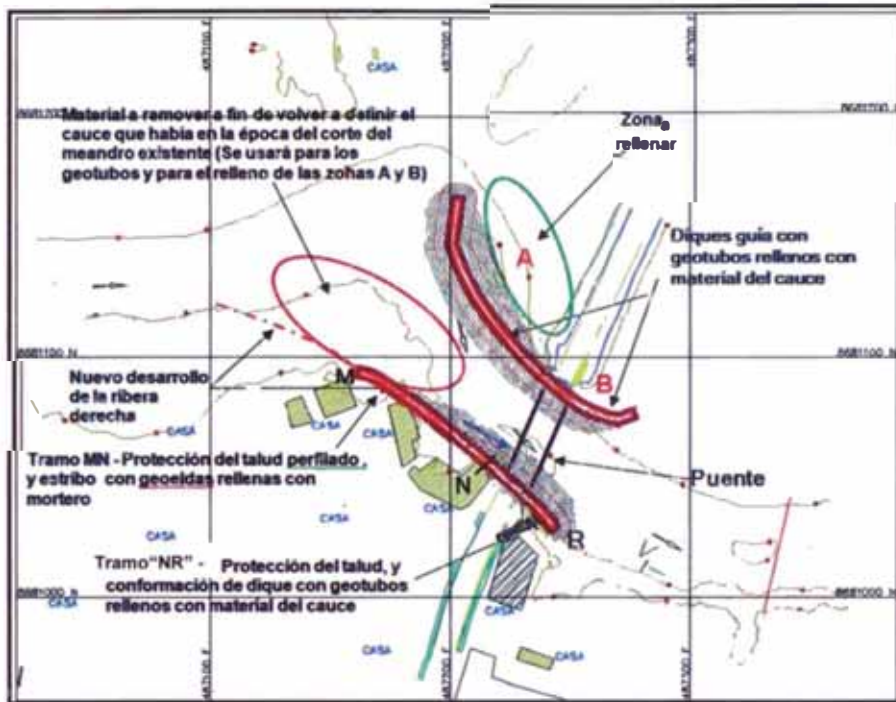


Figura N° 1.13.- Desarrollo del sistema de defensas ribereña Propuesto.

En las zonas donde los pilotes están expuestos, se recomienda proteger con geoestructuras rellenos con arena y las cavidades entre pilotes serán rellenas posteriormente con un material arenoso debidamente compactado, ver figura N° 1.14.



Figura N° 1.14.- Sistema propuesto de protección en la zona de los estribos.

1.4.3 Estudio de Geológico

1.4.3.1 Geología Regional y Local

El objetivo de este ítem fue estudiar y conocer la configuración geológica de la zona, saber de dónde proviene el material y que la conforma, las rocas de la zona presentan un perfil de meteorización que ha generado suelos residuales de tipo arcillo arenosos, debido a que el cruce del río se encuentra aproximadamente a 400 km. del piedemonte de la cordillera de los Andes y es por esta razón los materiales que se presentan en el sitio son principalmente de grano fino y varían entre arenas y limos sin embargo se pueden presentar algunas discontinuidades y plegamientos en las rocas del Terciario.

En la zona donde se ubica el puente está sobre aluviones antiguos conformados principalmente por lentes de limos y arcillolitas con algunas eventuales lentes de arena fina. (Anexo 1: Planos)

1.4.3.2 Geomorfología

Es necesario conocer la descripción y la explicación del relieve de la zona como resultado de la interferencia de los agentes atmosféricos sobre la superficie terrestre, este es uno de los estudios que no se puede dejar de lado cuando se realizan los estudios para el diseño hidráulico.

Los materiales que se encuentran en el sector son principalmente de tipo deposicional, es decir, son el producto de la acumulación de los materiales limo arcillosos derivados de la parte alta y también de la socavación de las rocas del terciario. Las unidades que reposan bajo estos materiales son de origen estructural principalmente y han sido entalladas por la franja aluvial del río.

El drenaje desde el punto de vista regional son ríos inadaptados a la estructura debido a que el trazado hidrográfico no depende de las deformaciones de la corteza terrestre o de la naturaleza de sus materiales y es insecuente porque se

desarrolla sobre una planicie relativamente amplia y no presenta ningún control estructural.

Es importante conocer los procesos de erosión y en el caso del Puente Mavila I es debido al proceso de socavación que se encuentra en las márgenes del río que ha desconfinado parte del terraplén de acceso, esto puede generar la pérdida del soporte lateral ocasionando escarpes de pequeños deslizamientos y debido al ataque constante pueden afectar el terraplén de acceso, especialmente en la margen izquierda.

1.4.4 Estudio Refracción Sísmica

El objetivo del presente estudio es conocer la estratigrafía y la potencia de los mismos, identificando la probable ubicación en profundidad del suelo o roca más compacta e identificación de discontinuidades (Anexo 2: Estudios Básicos).

Al realizar los estudios de refracción sísmica se han determinado de forma consistente la presencia de 3 estratos y/o capas (Anexo 1: Planos) que son las siguientes:

Estrato 1: Material limo arcilloso de baja plasticidad, de coloración rojiza a pardo, de consistencia baja y no reacciona con el ácido clorhídrico descartando la presencia de carbonatos.

Estrato 2: Material Arena limo arcillosa de baja plasticidad, no efervece al ácido clorhídrico y es de coloración pardo rojiza.

Estrato 3: Intercalaciones de arenas y arcillas pertenecientes a la formación Ipururo.

1.4.5 Estudio Geotécnico

Es importante realizar este estudio porque nos ayuda a determinar la capacidad portante de los suelos de fundación, así como el análisis de asentamientos y la determinación del potencial de licuación.

Para calcular la capacidad portante del suelo de fundación para las geoestructuras se han definido dos procedimientos, mediante cálculos convencionales aplicando el Método de Vesic (1973, 1975), Terzagui (1943) y se calcularon los estados de esfuerzos mediante el círculo de Mohr.

Para el cálculo de la capacidad portante por métodos convencionales se tiene:

Método de Vesic, aplicamos la siguiente expresión:

$$q_{ult} = cN_c S_c d_c i_c g_c b_c + \gamma_T D_f N_q S_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma_T B N_\gamma S_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma r_\gamma$$

Método de Terzagui, aplicamos la siguiente expresión:

$$q_{ult} = cN_c S_c + \gamma_T D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma_T B N_\gamma S_\gamma$$

Con los resultados obtenidos de ambos métodos se adoptó como capacidad portante última para cada condición el promedio de ambos. (Anexo 2: Estudios Básicos)

Mediante el método del círculo de Mohr, se ha analizado a diferentes profundidades la capacidad portante del suelo de cimentación bajo el eje del dique, con esto se determinó los estados de esfuerzos iniciales y los finales una vez se haya construido el dique.

Se determinó los esfuerzos verticales y horizontales dando a conocer que la condición de estabilidad del terreno de fundación existente no alcanza la envolvente de falla, por lo que el terreno de fundación es estable ante la construcción del dique. (Anexo 2: Estudios Básicos)

Es importante calcular los asentamientos porque mediante estos podemos evitar que la estructura sufra asentamientos excesivos debido a la consolidación gradual de la geoestructura y para el diseño es importante porque nos da a conocer la altura adicional que debemos de agregar para poder alcanzar la altura de diseño hidráulico.

Para el cálculo de asentamientos elásticos (inmediatos) se utilizó el método de Steinbrenner (Anexo 2: Estudios Básicos) obteniéndose $\rho_E = 29$ cm, el asentamiento en una de las esquinas es la cuarta parte del valor obtenido, este es de 7 cm, por lo tanto tenemos un asentamiento elástico promedio de 11 centímetros.

Para el cálculo de asentamiento por consolidación de las capas del suelos se aplica la teoría de consolidación unidimensional de Terzaghi y solo es aplicable en las arcillas, pero en la zona del proyecto las arenas existentes en el sitio poseen un porcentaje de finos que varía entre el 15 al 48%, por lo tanto se consolidarán por la aplicación de la carga del dique, aplicando este método (Anexo 2: Estudios Básicos) se obtiene que el $\rho_c = 20$ cm, el asentamiento en una de las esquinas es la cuarta parte del valor obtenido, este es de 5 cm, por lo tanto tenemos un asentamiento elástico promedio de 8 centímetros.

Es importante analizar la licuación, este es un fenómeno que produce la pérdida total de la capacidad portante en suelos granulares saturados ante la ocurrencia de un sismo y puede originar el colapso de los diques, para poder determinar el potencial de licuación se determinó mediante la Fórmula de Seed e Idriss (Anexo 2: Estudios Básicos).

$$\frac{\tau_h}{\sigma_{v0}} = 0.65 * \frac{a}{g} * \frac{\sigma_{v0}}{\sigma_{v0}} * r_d$$

Al estimar que la distancia desde el epicentro del sismo hasta el puente Mavila I es de unos 200 kilómetros, se necesitaría un sismo de magnitud 7.4 para que ocurriera licuación, también se determinó que las primeras capas son las más vulnerables y presentan un mayor riesgo, por lo tanto es necesario densificar el

suelo de fundación del dique y de las geoceldas en un espesor de suelo igual a 1.25 metros, medido desde el nivel de fundación de las obras.

Cuadro N° 1.4.- Resultados de capacidad portante.

	condición $c - \phi$	condición $\phi = 0$
Capacidad portante última, $q_{\text{última}}$ (T/m ²) método Vesic	178.0	59.2
Capacidad portante última, $q_{\text{última}}$ (T/m ²) método Terzaghi	215.7	36.9
Capacidad portante última, $q_{\text{última}}$ (T/m ²) promedio	196.9	48.1
Presión actuante sobre el terreno, q_{actuante} (T/m ²)	19.6	19.6
Factor de seguridad por capacidad portante	10.0	2.5

Fuente: ConCol Perú SAC. "Proyecto de Ingeniería de detalle para la defensa ribereña del Puente Mavila I Existente km 565+964 corredor vial IIRSA Sur.", Lima, Perú, 2012, pág. 72.

1.4.6 Estudio de Suelos, Canteras y DME

Es importante realizar el estudio de suelos mediante ensayos de laboratorio en las cuales nos ayuda a identificar las características del suelo en la zona de estudio, definiendo también los parámetros de resistencia y el módulo elástico para los análisis y diseños.

Para realizar estos estudios se realizaron los siguientes ensayos; Humedad Natural, Límites de Atterberg, Granulometría, Hidrometría, Peso unitario en estado denso y suelto, etc., todos los ensayos se encuentran establecidos en las normas de ensayo de materiales del MTC, República del Perú.

Para la ejecución del proyecto se ha estudiado la cantera Tahuamanu para el suministro de relleno seleccionado y la cantera Cachuela para el mortero de la geocelda.

La necesidad de realizar los ensayos es para poder analizar el material si se encuentra dentro de los rangos permisibles de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto (Anexo 2: Estudios Básicos).

Para la ubicación de los materiales de excavación sobrantes se dispone de DME autorizados para depositar el material (Anexo 1: Planos).

Cuadro N° 1.5.- Resumen de las propiedades Geotécnicas

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS		
CANTERA	TAHUAMANU	CACHUELA
Módulo de Fineza	-	2.5
Durabilidad	-	2.4
Equivalente de Arena	-	82.5%
Índice de Plasticidad:	NP	-
Límite Líquido:	NP	-
Pasa Tamiz 200:	6.30%	2.40%
Humedad Natural	8.00%	-
CBR:	12.9 % - 15.7% al 95% de compactación del ensayo Proctor Modificado.	
Clasificación:	SP-SM	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 1.6.- Resumen de las características Físicas de Canteras

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		
CANTERA	TAHUAMANU	CACHUELA
Área:	8,896.66 m ²	23.55 ha.
Potencia:	26,988.70 m ³	105,975.00 m ³
Rendimiento:	80%	90%
Acceso:	227.50 m	3.0 km

Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que la cantera cachuela se encuentra dentro de las especificaciones para la fabricación de mortero para la geocelda, debido a que la especificación mínima de equivalente de arena es 65% y la especificación máxima de material pasante de la malla 200 es del 5%, en nuestro ensayo hemos obtenido 82.5% y 2.4% respectivamente, encontrándose dentro de los valores especificados.

CAPITULO II: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA DEFENSA RIBEREÑA CON GEOESTRUCTURA

2.1 PROCEDIMIENTO DE LLENADO DE LA GEOESTRUCTURA

2.1.1 Introducción

En este punto vamos a explicar el procedimiento de llenado de la geoestructura que puede ser directamente dragado del río, del fondo del mar, de la playa, por medio de la excavación de una poza provisional o de la aplicación de una tolva.

En todos los casos hay que verificar la potencia y la capacidad que tienen las bombas para evitar que las presiones que estas generen puedan rasgar el tejido de las geoestructuras.

2.1.2 Llenado con Draga

Este procedimiento de llenado consta en realizar el dragado del slurry, mezcla de agua con arena, directamente del fondo del río, mar o de la playa, el sistema de bombeo de la draga estará sobre una barcaza, También se puede usar este sistema en la orilla o playas mediante un dispositivo que pueda mantener fijo al equipo así como brindar la facilidad de movimiento de este.



Figura N° 2.1.- Izquierda: En esta imagen se muestra el sistema de dragado desde el fondo del río o del mar. Derecha: Se muestra el sistema de dragado desde la playa, orilla.

Al final de la tubería de succión tiene una rejilla en la cual impide que todo el material grueso y otros elementos ingresen a la draga, esto garantiza que el material que ingresa sea netamente arena e impide que el equipo se malogre.

En la salida de la draga estará conectado a un sistema de tuberías que llevara la mezcla hacia la boquilla llenando la geoestructura, el alimentador es una tubería flexible corrugada, esto hace que sea más trabajable.

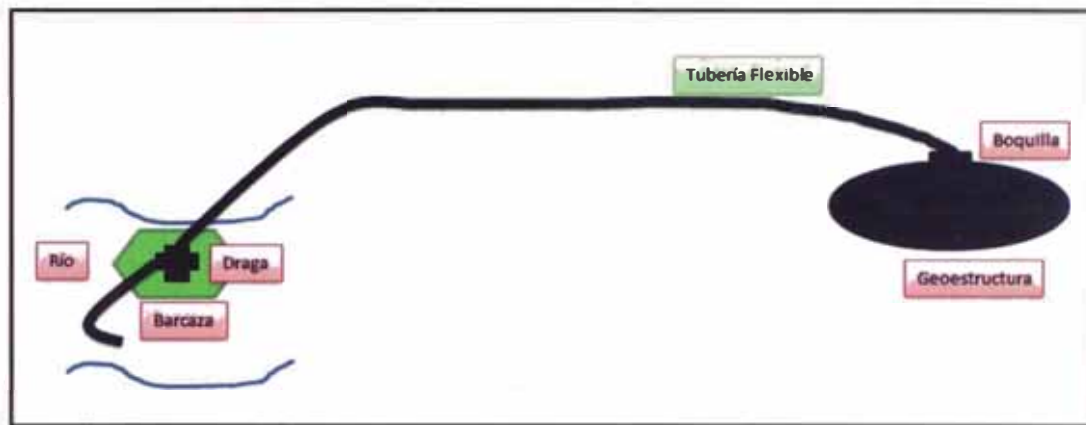


Figura N° 2.2.- Esquema del llenado de la geoestructura con Dragas

La ventaja de utilizar este sistema es que se puede instalar bajo la superficie del agua y en condiciones adversas, mantiene sus condiciones de diseño y previene la migración de los sedimentos gruesos.

La desventaja es que no se puede controlar el llenado debido a que la cantidad de arena que es dragado en el fondo no es constante y solo se puede obtener un promedio de la cantidad de arena y de agua que es dragada.

Una de las variables que se pueden hacer en este sistema de llenado es de utilizar dos barcasas, una con la capacidad suficiente para que pueda servir de acopio del material que es excavado del fondo del lecho del río y del mar, y la otra es para que pueda servir de apoyo de la excavadora.

En la barcaza donde se acopia el material se colocara un sistema de bombeo, además contendrá equipos de zaranda o rejilla que servirá para eliminar el material grueso y contaminado, dejando que solo se permita el ingreso de la

arena, también se tendrá una bomba de agua en la cual es necesaria para poder hacer la mezcla del slurry.



Figura N° 2.3.- En esta imagen se muestra el sistema de llenado con dos barcazas.

2.1.3 Llenado con Poza

Antes de iniciar con la colocación de los equipos se tiene que ubicar los puntos estratégicos donde se ubicaran las pozas, los sitios para poder colocar el sistema de llenado están definidos acorde a la longitud de la tubería de descarga de la draga, una vez determinado el lugar se procede a realizar la excavación para luego forrarlo con un geotextil no tejido que evitara que el agua se filtre por las paredes o el fondo de esta.

Para aplicar este sistema se tiene que disponer de un cargador que traslade la arena desde el acopio hacia la poza, también se tiene que disponer de una bomba de agua y una draga, la primera puede estar apoyada en el terreno (seco), o puede utilizarse un dispositivo de flotación ubicado en el río o en el mar, este permitirá alimentar la poza con agua para realizar la mezcla del slurry y la

segunda servirá para llevar esta mezcla hacia su disposición final, como relleno de la geoestructura.



Figura N° 2.4.- En esta imagen el sistema de llenado con dos barcazas.

En la salida de la draga estará conectado a un sistema de tuberías que llevara la mezcla hacia la boquilla que permitirá el llenado de la geoestructura, el alimentador es una tubería flexible corrugada, esto hace que sea más trabajable.



Figura N° 2.5.- Se muestra el llenado de la geoestructura de anclaje del manto anti socavación.

La ventaja de este sistema es que se puede controlar un poco mejor el diseño de la mezcla del slurry, pero sigue teniendo la misma deficiencia en cuanto al diseño de mezcla.

La desventaja es que la poza es fija y solo se puede utilizar en un determinado tramo o espacio de trabajo.

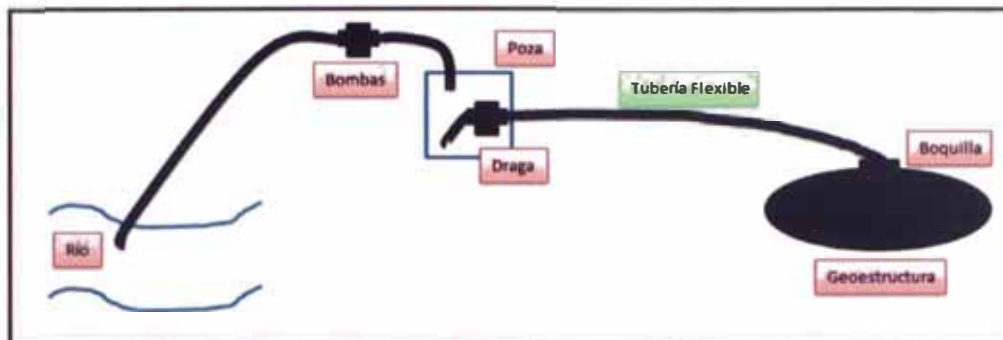


Figura N° 2.6.- Esquema del llenado de la geoestructura con poza.

2.1.4 Llenado con Tolva

Para poder aplicar este procedimiento de llenado se debe de diseñar la estructura que sostendrá la tolva y estudiar el lugar en donde este se cimentara, este elemento es móvil y va a depender del planificador las diferentes ubicaciones que este dispondrá dentro del proyecto, en el lugar de la obra se debe de disponer de un cargador que pueda recoger el material del lugar de acopio, la transporte entre el sitio y la tolva, el lugar de acopio también puede estar junto a la tolva pero por la velocidad en la que se llenan las geoestructuras es conveniente un acopio principal y un equipo que pueda alimentar el sitio donde estará ubicado el elemento.



Figura N° 2.7.- En esta imagen se muestra la tolva y el sistema de tubería que alimenta a las geoestructuras.

Los sitios para ubicar el sistema de llenado de las geoestructuras se definen acorde a la longitud de la tubería de descarga de la bomba y de la potencia de esta, al finalizar el uso del sitio, el sistema se desmontará y se emplazará en la siguiente ubicación.

La bomba de agua puede estar montado en un dispositivo flotante o estar apoyado en el terreno (seco), hay que procurar que la toma de la succión de la bomba proporcionará estar sumergido a una profundidad adecuada para evitar que capte el material del fondo del río o del mar, este también deberá tener una rejilla o filtro para que no ocurran desperfectos en la bomba de agua.

Para alimentar la tolva se va a requerir del uso de una excavadora, este lo debe de alimentar desde una altura de 3 metros para evitar que la tolva se obstruya y volver a repetir el ciclo, alrededor de la tolva hay un sistema de lavado continuo que permite que la arena no se quede impregnada en las paredes de la tolva.

Para el sistema de llenado de las geoestructuras se utilizara la arena que ha sido vertida en la tolva y el agua que le proporciona la bomba de agua para realizar el slurry y la arena será el material que se consolidara dentro y el agua es expulsada de la geoestructura debido a que este permite su salida.



Figura N° 2.8.- Llenado de la geoestructura.

En la salida de la tolva estará conectado a una bomba que mediante un sistema de tuberías llevara la mezcla hacia la boquilla que permitirá el llenado de la geoestructura. El alimentador es una tubería flexible corrugada, esto hace que sea más trabajable.

La ventaja de este sistema es que se puede controlar el diseño de la mezcla del slurry, la cantidad de arena y de agua que se emplea para llenar la geoestructura, y que el llenado es más controlado.

La desventaja es que se tiene que disponer de un espacio para poder colocar el equipo y la tolva.

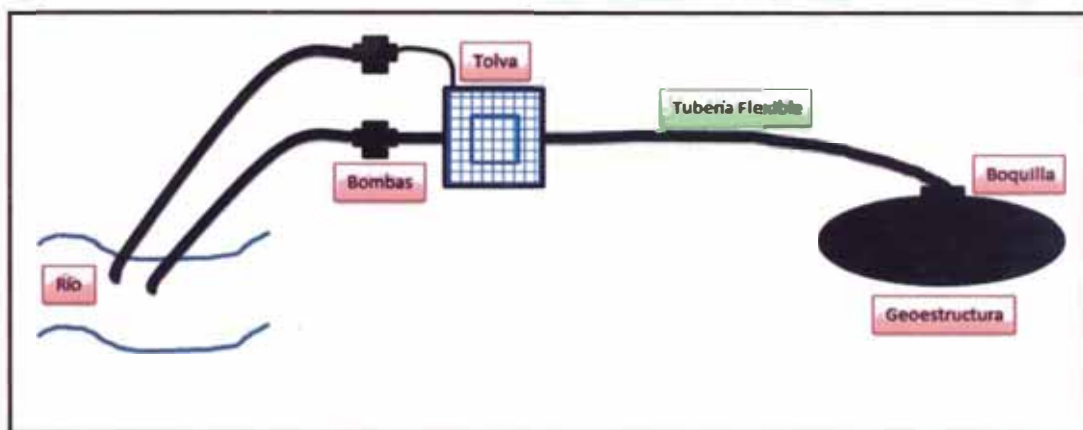


Figura N° 2.9.- Esquema del llenado de la geoestructura con tolva

2.2 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA DEFENSA RIBEREÑA DEL PUENTE MAVILA I CON GEOESTRUCTURAS

2.2.1 Introducción

Para poder realizar la construcción de la defensa ribereña del puente Mavila I en el tiempo previsto según el contrato contractual, es necesario establecer una secuencia lógica y ordenada de todas las etapas y procesos que se requieren para ejecutar este proyecto.

Es importante que el procedimiento tenga una secuencia lógica constructiva general para poder realizar una programación ordenada.

En este punto se va a explicar a grandes rasgos cada etapa y el procedimiento constructivo de la defensa ribereña del puente Mavila I con Geoestructuras.

2.2.2 Etapas y Procedimiento constructivo de la defensa ribereña del puente Mavila I

Una de las características del río Manuripe es que siempre tiene flujo de agua y por el espacio que tenemos no podemos desviar su curso, la alternativa que se plantea es de construir ataguías.

Debido a que la margen izquierda presenta un mayor riesgo, la defensa ribereña debe de empezar por este sector.

La construcción de la defensa ribereña del puente Mavila I va constar de tres etapas en la cual se detallan a continuación:

➤ Etapa 1: Encauzamiento.

En esta etapa se procede a ampliar el cauce del río para que al momento de ejecutar la ataguía, la sección del encauzamiento que se genere tenga la capacidad de soportar el caudal del río en épocas de estiaje.

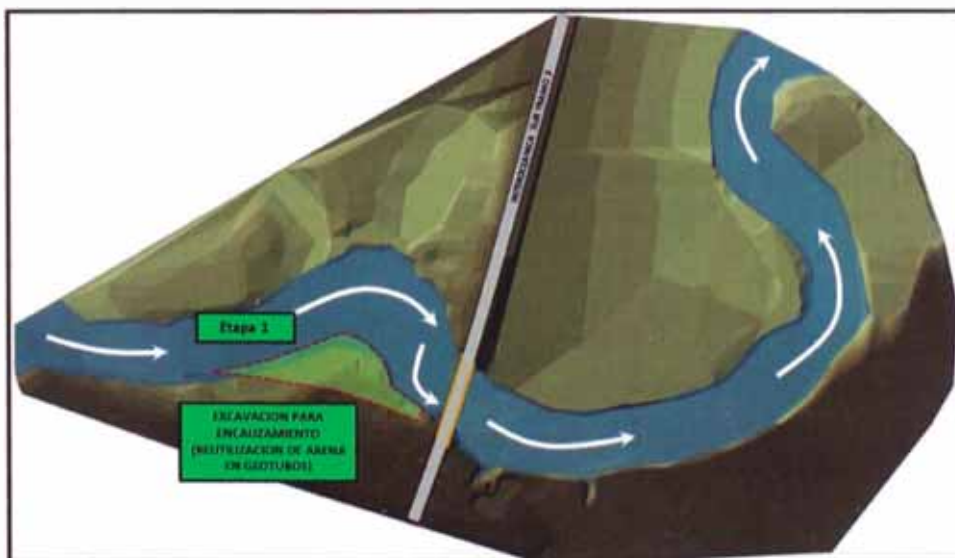


Figura N° 2.10.- Esquema de la Etapa 1

El procedimiento constructivo de la etapa 1 es la siguiente:

a. Topografía y Georeferenciación.

En esta fase la cuadrilla de topografía realizará la marcación del terreno de acuerdo a los planos, el área a excavar y mantendrá un control en la cota inferior de la excavación.

Esto nos ayuda a tener en claro el área de trabajo y los límites de propiedad para evitar problemas de reclamos por parte de terceros.

b. Desbroce y Accesos.

Una vez demarcado el área de trabajo se realiza la limpieza y desbroce de las zonas boscosas y no boscosas, en este proceso también se debe de incluir el trozado de los arboles si las hubiera.

Al no contar con vías de ingreso al proyecto, se tienen que ejecutar accesos provisionales para poder facilitar el ingreso de los equipos.

Los accesos deben de recibir un constante mantenimiento en los meses secos.

c. Excavación.

Una vez identificado el área a excavar con ayuda de la cuadrilla de topografía, ellos tienen que indicar la cota a la cual se debe de llegar al momento de realizar la actividad.

De acuerdo a la disponibilidad del espacio que se dispone, se pretende utilizar el DME identificado para utilizarlo como acopio provisional del material, este material no es apto para utilizarlo como relleno de los geotubos ni para la construcción de la atagüa por tener poca cohesión.

➤ **Etapa 2: Margen Izquierda.**

En esta etapa se pretende encauzar el río mediante la construcción de una ataguía, este va a depender mucho del mantenimiento que se le dé debido a que al reducir la sección del cauce se aumenta la velocidad del flujo y este puede erosionar el cuerpo conformado.

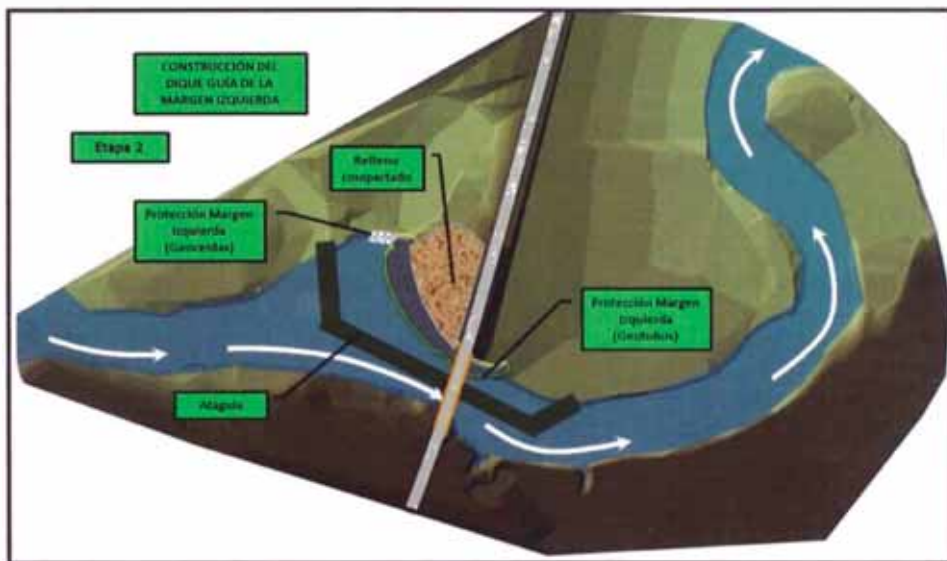


Figura N° 2.11.- Esquema de la Etapa 2

Una vez terminada la ejecución de la ataguía se procede con la construcción de la defensa ribereña de la margen izquierda del puente Mavila I.

El procedimiento constructivo de la etapa 2 es la siguiente:

a. Topografía y Georeferenciación.

En esta fase la cuadrilla de topografía realizará la marcación del terreno de acuerdo a los planos, el área a excavar y mantendrá un control en la cota inferior de la excavación, también tiene que controlar la altura de cada capa del relleno que se encuentra detrás del dique guía.

La cuadrilla tiene que realizar la marcación del eje y controlar la sección y los niveles de la ataguía y del dique guía, también al momento del llenado de la

geoestructura, tienen que verificar la altura de llenado para evitar que la geoestructura por las presiones pueda rasgarse.

b. Desbroce y Accesos.

Una vez demarcado el área de trabajo se realiza la limpieza y desbroce de las zonas boscosas y no boscosas, en este proceso también se debe de incluir el trozado de los arboles si las hubiera.

Al no contar con vías de ingreso al proyecto, se tienen que ejecutar accesos provisionales para poder facilitar el ingreso de los equipos.

Los accesos deben de recibir un constante mantenimiento en los meses secos.

c. Ataguía de protección.

Una vez determinado el eje de la construcción de la ataguía, se procede a conformar un cuerpo provisional que permita proteger la zona a intervenir, este cuerpo tiene que estar supervisado por la cuadrilla de topografía para controlar el talud y la cota de la corona.

Se tiene que realizar un mantenimiento rutinario del cuerpo de la ataguía debido a que el agua del río por su naturaleza erosiva puede debilitarlo estructuralmente hasta el punto de falla.

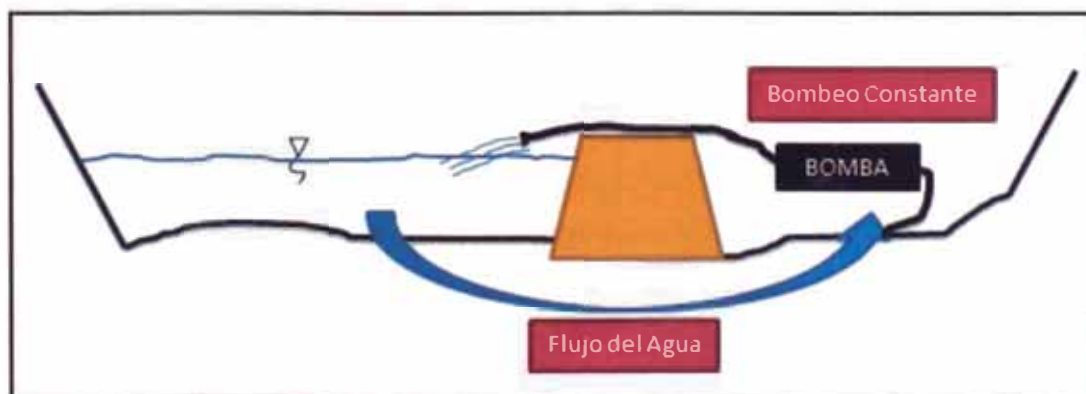


Figura N° 2.12.- Flujo del agua por teoría de vasos comunicantes

El bombeo del agua debe de ser constante debido a que como el suelo de fundación es arena, y esta tiene baja cohesión y poca plasticidad ocasionando que por la teoría de vasos comunicantes, el agua del río puede ingresar al área de trabajo.

d. Excavación.

Una vez terminado la ataguía, se bombea el agua que se encuentra dentro del área de trabajo y una vez culminado se procede a ejecutar la excavación hasta el nivel del suelo de fundación del dique guía.

Una vez terminada la excavación, no es necesario realizar la densificación del suelo para conformar el suelo de fundación debido a que este se compactara por peso propio del dique guía.

e. Colocación y Llenado del manto anti socavación y de las geoestructuras.

El manto anti socavación va en la parte inferior de la geoestructura, este cuenta con un pequeño tubo (de anclaje) y es el primero que se debe de llenar, una vez que este se encuentra colocado y asegurado, se procede a colocar la geoestructura, generalmente la colocación tanto del manto como de la geoestructura se realiza desenrollando el tubo previsto por el fabricante, hay que asegurar que las boquillas o puerto de llenado se encuentren en la parte superior de la geoestructura.

Para el llenado de la geoestructura se va a utilizar el llenado por medio de una poza, para ello se requiere de una bomba de agua para poder hacer la mezcla del slurry y de una draga para poder realizar el llenado con este material, generalmente se pueden utilizar tuberías de 6" a 12", esto va a depender de la abertura de la boquilla, este debe de entrar aproximadamente la 2/3 partes de la longitud de este y deberá estar asegurado con abrazaderas.

Una manera ilustrativa de cómo se debe de realizar la colocación y el llenado del manto anti socavación y de las geoestructuras lo podemos ver en el Anexo 2.1: Procedimiento Constructivo.

f. Relleno compactado.

Este proceso se puede realizar en paralelo con el llenado de las geoestructuras o después de culminar el dique guía, este relleno se realiza con el material de excavación del encauzamiento y se debe de controlar la compactación de cada capa con ayuda de la topografía.

g. Colocación, Drenaje y Relleno de las geoceldas.

Las geoceldas se deben de colocar una vez terminada la geoestructura, se deberá de perfilar el talud donde se colocara el geotextil, luego sobre este se colocara la geocelda y estas estarán fijadas mediante anclajes al talud, en paralelo se armaran las unidades de drenaje, estos están formados por bolsas de geotextil de 0.20 m. de diámetro y deberán estar rellenas con material granular, esta bolsa se amarrará detrás del tubo y se sujetara con alambres.

Los drenajes se colocaran de acuerdo a los planos, se realizaran cortes al geotextil y se realizara una pequeña excavación del talud para alojar las bolsas de drenaje para las geoceldas, estas se fijaran a través de hilos o con los mismos tendones de la geocelda, una vez finalizado se rellenara las geoceldas con mortero.

➤ **Etapa 3: Margen Derecha.**

En esta etapa se pretende reutilizar el tramo central de la ataguía ya construida, el procedimiento de la construcción de la ataguía es similar a la etapa 2.

Una vez terminada la ejecución de la ataguía se procede con la construcción de la defensa ribereña de la margen derecha del puente Mavila I.

El procedimiento constructivo de la etapa 3 es igual a la etapa 2.

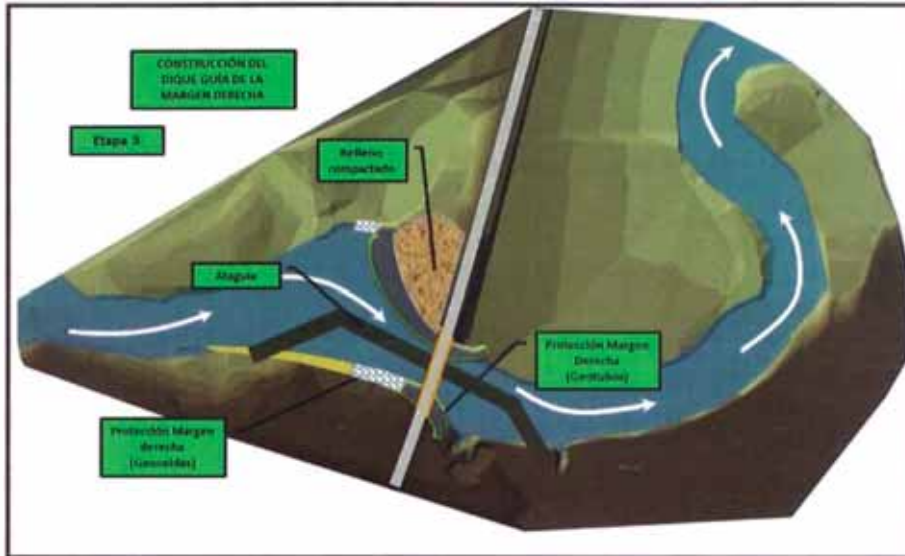


Figura N° 2.13.- Esquema de la Etapa 3

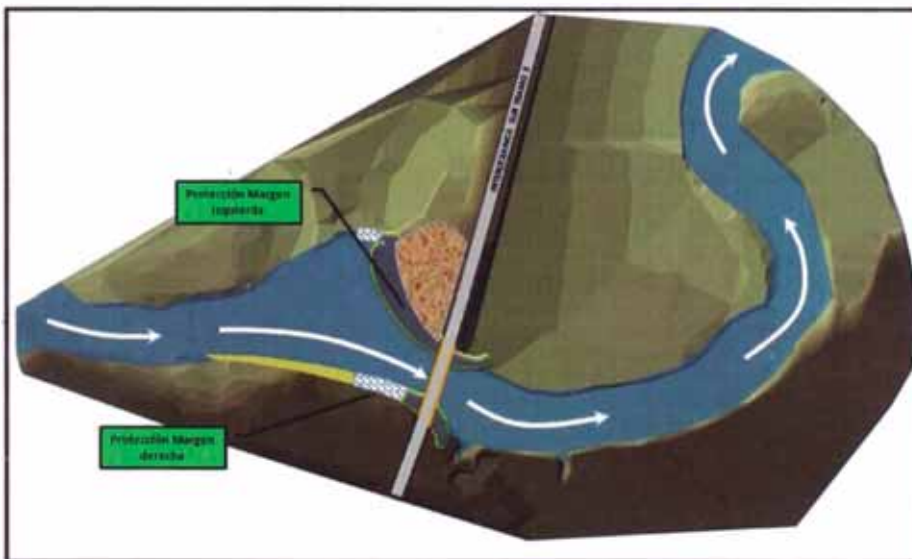


Figura N° 2.14.- Esquema de la defensa ribereña culminada del puente Mavila I con geoestructuras

CAPITULO III: PRESUPUESTO, CRONOGRAMA Y ESPECIFICACIONES TECNICAS

3.1 PRESUPUESTO

Hay que mencionar que la obra de la Defensa Ribereña del puente Mavila I es una Obra Accesorias, del proyecto Corredor Vial Interoceánico Sur – Tramo 03, por lo tanto tienen las mismas condiciones contractuales.

Una obra Accesorias tiene por objetivo estabilizar y proteger la carretera, para evitar daños a la infraestructura vial por efecto de la erosión fluvial o geotecnia. Es decir que, para sectores que requieren la implementación de Obras Accesorias, la variable a ser verificada es que en este sector se detecte un riesgo de ocurrencia de eventos que pueden causar daños a la carretera, o que ya habiendo ocurrido y causado daño a la vía, existe el riesgo de que siga ocurriendo y afectando o dañando la vía.

En este capítulo se hace mención a las consideraciones tomadas para la elaboración de los metrados, los cuales obedecen a los criterios de medición establecidos para las diferentes actividades, es importante cuantificar las cantidades a ejecutar para poder calcular los recursos necesarios para realizar cada actividad, estas cantidades las podemos visualizar en el Anexo 3.1: Metrados.

Cuando se elaboró el presupuesto de la defensa ribereña de Mavila I se tomaron en consideración partidas aprobadas (Anexo 3.2: Análisis de Precios Unitarios), estas son las que se encuentran dentro del contrato de concesión y cuentan con análisis de precios unitarios, pero también existen partidas nuevas en la cual requieren de un análisis previo para poder realizar sus composiciones (APU's).

Dentro de las partidas nuevas existen partidas que se han ejecutado en otros proyectos, por lo tanto se cuenta con la información necesaria para realizar el Análisis de Precios Unitarios de estas partidas que no se encuentran dentro del contrato.

Con respecto a las sub partidas, la gran mayoría se encuentran en el presupuesto que corresponden a las sub partidas Aprobadas para el Contrato de Concesión del Tramo 03 y algunas están aprobadas para las Obra adicionales, el estatus de las sub partidas aprobadas las podemos ver en el Cuadro N° 3.1.

De acuerdo al contrato, las aplicaciones económicas contractuales del Corredor Vial Interoceánico Sur – Tramo 03, los precios de las partidas aprobadas tienen como base de precios al mes de Setiembre del 2004 y con la relación de las sub partidas nuevas se realizaron las composiciones con los insumos aprobados y la necesidad de tener nuevos insumos, estos se tienen que deflactarse a la fecha base, al mes de Setiembre del 2004.

Para la deflactación de los precios de los nuevos insumos, se consideraron: los Índices Unificados de la Construcción y el Índice de Precio al Consumidor según el mes de cotización, para la cotización correspondiente al mes de Agosto, se está considerando los índices del mes de Julio; y el tipo de cambio corresponde a la Fecha de cotización, también se adiciona un cálculo por el flete terrestre según corresponda.

La aplicación de los porcentajes de Gastos Generales y Utilidad están definidos por el 35.5% y el 10.0% respectivamente.

Cuadro N° 3.1: Estatus de Sub Partidas Aprobadas

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	APROBACION DE: ESTRUCTURA P U (US\$) Y ESPECIFICACION TECNICA	RDs o Forma de APROBACION
100	OBRAS PROVISIONALES			
103	Derecho de cantera	m3	TRAMO 3	Contrato de Concesion
200	MOVIMIENTO DE TIERRAS			
201B	Desbroce y limpieza en zonas no boscosas	ha	TRAMO 3	Contrato de Concesion
202A	Excavación en material suelto	m³	TRAMO 3	Contrato de Concesion
500	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			
502	Demolición de estructuras menores	m3	TRAMO 3	Contrato de Concesion
505	Relleno para estructuras	m3	TRAMO 3	Contrato de Concesion
543II	Geotextil No Tejido Clase 2	m2	TRAMO 3	Contrato de Concesion
551B	Geocelda de PEAD, tipo GW20V para cuencas de captac. y disp	m2	TRAMO 3	Contrato de Concesion
553	Relleno de mortero cemento-arena fc = 210 kg/cm2	m2	TRAMO 3	Contrato de Concesion
700	TRANSPORTE			
703	Transporte de material a eliminar hasta 1 km	m3km	TRAMO 3	Contrato de Concesion
704	Transporte de material a eliminar después de 1 km	m3km	TRAMO 3	Contrato de Concesion
900	PROTECCIÓN AMBIENTAL			
901 60	Acondicionamiento de material en DME	m3	TRAMO 3	Contrato de Concesion

Fuente: Elaboración Propia

Para la elaboración de los análisis de precios unitarios que no se cuentan con datos históricos como la colocación y el llenado de las geoestructuras se tuvieron que realizar ensayos y pruebas en campo.

Se empleó una Electrobomba 4" - 30 lt/seg - 7.7kw para poder fabricar la draga que se utilizará para las pruebas, adicionalmente se adquirieron todos los accesorios necesarios como acoples, tuberías, etc. para poder realizar el llenado, y se coordinó con el proveedor, PAVCO, para que nos puedan enviar unas muestras en tamaño real de las geoestructuras. (Anexo 3.3: Panel Fotográfico de la Prueba)

Una vez que se tuvieron todos los elementos necesarios se procedió a realizar las pruebas, en este proceso se obtuvieron los siguientes datos:

- La dosificación de la draga al momento de efectuar su operación, Slurry de 20% arena + 80% de agua.
- El rendimiento de llenado es de 150 m³/día con 1 sola draga.
- La disminución en volumen de la Geoestructura era del 10%.

La cantidad de Mano de obra a emplear será como sigue:

- Operarios: 01 Operario para la Dragas. (No se considera los operarios de los equipos pesados)
- Oficial: 01 Oficial para el llenado de Geoestructuras + 01 Oficial para la succión de la mezcla del Slurry.
- Peones: 02 Ayudantes en la poza para la succión + 03 para la instalación de tuberías + 03 Ayudantes para escurrir el agua dentro de la geoestructura.

Los materiales a utilizar para el llenado de las geoestructuras son las tuberías de 6" para la draga y manguera flexible de 6" para la succión y la descarga.

Los equipos necesarios son 4 torres de iluminación para poder realizar trabajos a 2 turnos o en horarios extendidos, grupo generador para alimentar la draga, una excavadora, una retroexcavadora y las electrobombas de las dragas.

El análisis de precios unitarios del llenado de la geoestructura lo podemos visualizar en el Anexo 3.2: Análisis de Precios Unitarios.

Una vez que tenemos todas las composiciones y los metrados procedemos a realizar el presupuesto a nivel de Costo Directo del proyecto y lo podemos ver en el Anexo 3.4: Presupuesto, para finalizar calculamos con los Gastos Generales y las utilidades todo el presupuesto del proyecto sin reajuste es de \$ 2'561,535.53 (Cuadro N° 3.2), los montos corresponden al mes de septiembre del 2004 debido a temas contractuales.

Cuadro N° 3.2: Presupuesto General de la Obra de la Defensa Ribereña del Puente Mavila I

DESCRIPCION	MONTO (US\$)
COSTO DIRECTO CORRESPONDIENTE A DEFENSA RIBERENA DE PUENTE MAVILA	1,684,694.28
PROYECTO DE INGENIERIA DE DETALLE (3%)	50,540.83
ELABORACION Y PRESENTACION DEL INSTRUMENTO SOCIO-MEDIO AMBIENTAL (1.5%)	25,270.41
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN REAJUSTE SIN IGV (US\$)	1,760,505.52
GASTOS GENERALES - GG 35.50%	624,979.46
UTILIDAD - UT 10.00%	176,050.55
MONTO DEL PRESUPUESTO SIN REAJUSTE SIN IGV (US\$)	2,561,535.53

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto se tiene un ratio de 41.30 US\$/m³ de protección con dique guía construida con geoestructura.

3.2 CRONOGRAMA

Para realizar la programación se hicieron trabajos de levantamiento topográfico actualizado a la fecha, se nota que la topografía ha variado con respecto al proyecto de ingeniería de detalle, por ende se requiere un mayor número de geoestructuras para poder completar la forma del diseño hidráulico propuesto, con esto se actualizaron los metrados para luego realizar el desglose de metrados por servicio (Anexo 3.1: Metrados).

Por lo general, todo proyecto de construcción de obras tiene definido el presupuesto, el plazo, las especificaciones técnicas y proyecto de ingeniería de

detalle, los dos primeros puntos se encuentran definidos en el contrato y los dos últimos se encuentran en los anexos del contrato, estos forman parte del alcance del proyecto.

Al actualizar los metrados del presupuesto se tiene:

Cuadro N° 3.3: Presupuesto General Actualizado de la Obra de la Defensa Ribereña del Puente Mavila I

RESUMEN COSTO DIRECTO ACTUALIZADO	
DESCRIPCION	Parcial (USD\$)
Acondicionamiento de material en DME	7,902.59
Ataguías de protección	114,776.27
Colocación y Llenado de tubos de geotextil	1,354,347.25
Colocación y relleno de geoceldas	223,117.26
Desbroce y Limpieza	3,144.78
Desmovilización de equipos	51,425.21
Ejecución y Mantenimiento de Accesos	84,176.40
Excavación con presencia de agua	31,948.29
Excavación en material Suelto	69,807.87
Excavación en material Suelto (En cantera Mavila 1 y 2)	74,259.20
Movilización de equipos	51,425.21
Relleno para def. Rib. Con mat. Propio	84,119.99
Total general	2,150,450.33

Fuente: Elaboración Propia

Dándonos un monto total del proyecto sin reajuste de \$ 3'269,705.95 (Anexo 3.4: Presupuesto)

El plazo contractual de ejecución (Anexo 3.5: Cronograma Contractual) es de 208 días calendario, para poder convertirlo a días útiles vamos a dividirlo por el factor de conversión, se define el inicio de trabajos en el mes de Abril y debe finalizar en el mes de octubre, en promedio se tiene 214 días calendarios entre

esos meses y se tiene 146 días practicables aproximadamente, al dividir tenemos $214/146 = 1.47$, al dividir con la duración del proyecto nos resulta $208/1.47 = 142$ días practicables.

El siguiente paso es el cálculo del buffer o amortiguamiento de plazo del proyecto, para este caso podemos considerar de 10 al 20% del plazo, con esto tenemos 14 y 28 días útiles respectivamente, se puede elegir el menor, el mayor o el promedio de ambos, para el proyecto de la defensa ribereña del puente Mavila I se optó por considerar 14 días, por lo tanto el plazo del proyecto para realizar la programación será: $142-14 = 128$ días útiles.

Se agruparon las partidas que constituyen en la realización de un mismo servicio para efectuar una única medición, por ejemplo, Colocación de Geoceldas (m²), Colocación de Drenaje para Geoceldas (und) y Relleno de Mortero para Geoceldas (m³), estas tres actividades al pertenecer a un mismo servicio se puede agrupar en Colocación y Relleno para Geoceldas cuya unidad de medición será en m², esto nos ayuda a simplificar la estructura del presupuesto a una estructura más simple para programar, controlar y hacer seguimiento.

La identificación de las relaciones lógicas entre las actividades incluidas en el proyecto se van a llevar a cabo tomando en cuenta dependencias obligatorias, estas son las restricciones de inicio y de fin. Para la elaboración del diagrama Gantt de la ruta crítica y así obtener el plazo de la actividad restrictiva.

Este agrupamiento lo vamos a denominar interface entre el presupuesto y el cronograma (Anexo 3.6: Interface), con la interfaz obtenemos que nuestra restricción es la colocación y llenado de geoestructuras de la margen izquierda por contar con 7481.22 HH, luego dimensionaremos el tiempo de la tarea restrictiva analizando nuestras restricciones iniciales y finales obteniéndose una duración de 36 días. (Anexo 3.7: Diagrama Gantt de la actividad Restrictiva), con esto completamos la interfaz calculando los plazos y las cuadrillas necesarias para cada actividad, los rendimientos son reales y no están afectados por las practicabilidad, por lo tanto debemos de crear un calendario considerando el

factor de retomada de cada actividad, la demarcación de los días de lluvia es de forma aleatoria (Anexo 3.8: Calendario)

Para llevar a cabo la estimación de las duraciones de las actividades de la presente investigación se utilizó información histórica, específicamente documentos de proyectos y el conocimiento del equipo de trabajo salvo el llenado de la geoestructura, para este se tomaron los datos de la prueba realizada para la obtención de rendimiento.



April 2013						
Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Figura N° 3.1.- Días Practicables del mes de abril del 2013

Las consideraciones tomadas para la programación de la obra son las siguientes:

- Día de inicio: Se inician las actividades el 17 de abril del 2013 con la movilización de los equipos.
- Calendario: Se va a trabajar con el calendario determinado considerando las paradas por días feriados y días de lluvia.
- Restricciones: El proyecto no debe durar más de 7 meses, según el cronograma contractual.
- Adelantos y Retrasos: Algunas actividades tienen relación de adelanto o retraso con respecto a otras actividades.

El día de inicio del proyecto, las precedencias y dependencias, las secuencias, duración de las actividades y el calendario estimado para el cronograma, se introdujeron en el Software de dirección de proyectos de Microsoft Project dando

como resultado la programación de obra del proyecto, la ruta crítica y el día de la culminación de la obra.

Con esto procedemos a realizar la programación de Obra (Anexo 3.9: Programación de Obras):

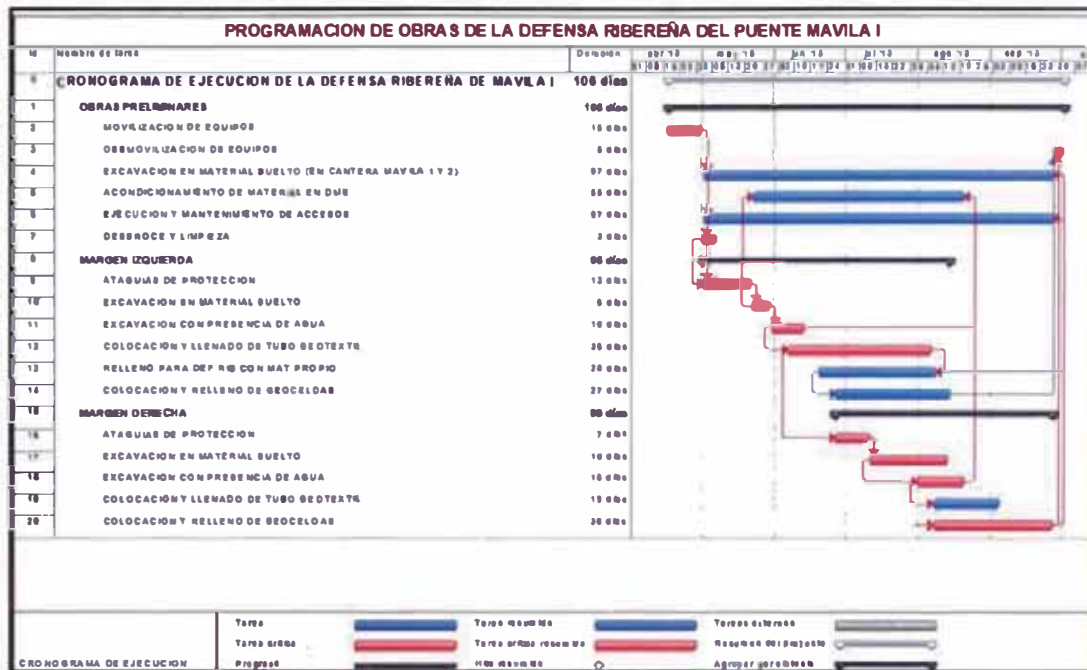


Figura N° 3.2.- Cronograma de Ejecución de la Defensa Ribereña de Mavila I.

La secuencia lógica realizada para la programación de obras sigue el procedimiento constructivo determinado en el capítulo 2.

De la programación de obras hemos obtenido 106 días practicables, 168 días calendario de ejecución o 5.5 meses, de acuerdo al contrato, debemos de ejecutar el proyecto en 7 meses, por lo tanto tenemos un buffer o amortiguador de 1.5 meses para cualquier eventualidad o restricción que se nos pueda generar durante la ejecución del proyecto.

La ruta que requiere una mayor atención por parte del equipo de trabajo es la ruta crítica, esta se encuentra identificada en el cronograma por las actividades que están en color rojo. Como se puede apreciar las excavaciones y el llenado de la geoestructura de la margen izquierda son algunas de las actividades que

conforman la ruta crítica del proyecto, lo cual nos alerta, en una etapa temprana de planificación, a ponerle especial cuidado a los trabajos que involucran debido a que este define el plazo total del proyecto.

De la programación de Obra obtenemos la curva valorizada y el Histograma de la mano de obra (Anexo 3.10: Curva Valorizada y Anexo 3.11: Histograma de Mano de Obra):



Figura N° 3.3.- Cuadro de Desembolso y Curva S Valorizado

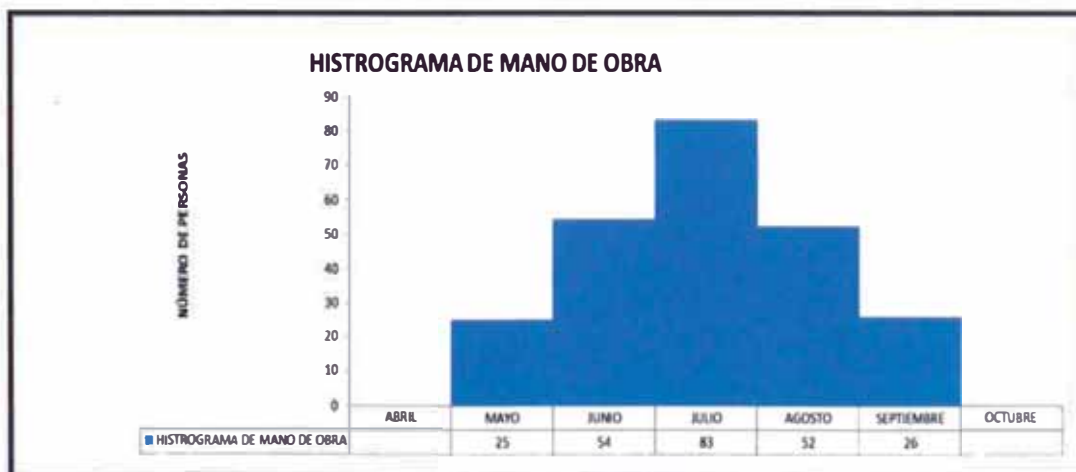


Figura N° 3.4.- Histograma de Mano de Obra

Hay que considerar que de acuerdo a nuestra programación los recursos más incidentes son los que se encuentran dentro de nuestra actividad restrictiva y para poder cumplir con los plazos se sugiere 7 dragas para el llenado de las

geoestructuras más 1 en stand by debido a las restricciones que puedan suceder durante la ejecución.

3.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS

3.3.1 Introducción

El diseño y la ejecución de la defensa ribereña del puente Mavila I con Geoestructuras deben de tener ciertos requerimientos técnicos, estos se rigen de acuerdo a Normas y Reglamentos peruanos, se explicaran a grandes rasgos cada especificación técnica.

3.3.2 Especificaciones técnicas de la defensa ribereña del puente Mavila I con Geoestructuras

Topografía y Georeferenciación: Comprende todos los servicios de topografía y georeferenciación del tramo como replanteo inicial.

Mantenimiento de Transito y Seguridad Vial: Las actividades que se especifican en esta sección abarcan lo concerniente con el mantenimiento del tránsito en las áreas que se hallan en construcción durante el periodo de ejecución de las obras.

Ataguía de Protección: Tiene por finalidad conformar un cuerpo provisional de suelos que permitan proteger la ejecución de las obras de Defensa Ribereñas. Comprende toda excavación necesaria para regularización de la superficie de cimentación y los rellenos necesarios para conformar el cuerpo de la ataguía. La ataguía se considera un pequeño dique con secciones y alturas de acuerdo a las condiciones de implantación tal que permitan prevenir y garantizar las obras protegidas y su propia integridad.

Acceso: El trabajo consiste en la ejecución de los caminos de acceso a zonas requeridas para el desarrollo de la obra, entre las cuales están los accesos a:

acopios, canteras, Depósitos de material excedente, y zonas de ejecución. Los cuáles serán claramente delimitados y señalizados.

Las dimensiones del camino de acceso serán:

- Ancho de 4.00 m.
- Inclinación comprendida entre 0° a 10°

Excavación para defensas ribereñas: Comprende todos los servicios de cortes y excavaciones en ríos necesarios para construcción de defensas ribereñas.

- Excavación para defensa ribereña sin presencia de agua: Consiste en la excavación de material suelto en río o quebradas antiguas, que para su remoción requieren equipos mecánicos convencionales.
- Excavación para defensa ribereña con presencia de agua: Comprende toda excavación de material indicada en la definición anterior ("excavaciones para defensa ribereña sin presencia de agua"), pero en donde la presencia permanente de agua dificulte los trabajos de excavación.

Relleno estructural con material propio: Este trabajo consiste en la colocación en capas, humedecimiento o secamiento, conformación y compactación de los materiales adecuados provenientes de la misma excavación, de los cortes o de otras fuentes, para rellenos a lo largo de estructuras de cualquier tipo, previa la ejecución de las obras de drenaje y subdrenaje contempladas en la Ingeniería de Detalle o autorizadas por el Supervisor.

Relleno con arena densada: El trabajo consiste en realizar el llenado de vacíos, donde no se tiene accesibilidad para realizar trabajos de compactación, con arena adensada con agua.

Tubo de Geotextil (Geoestructura): Comprende los servicios de suministro, transporte, almacenamiento y colocación de los tubos de geotextil de alta resistencia para la construcción de obras hidráulicas.

Los tubos de geotextil de alta resistencia deberán tener las dimensiones de acuerdo a lo especificado en los planos del proyecto con una tolerancia de hasta el 2%.

Las dimensiones de los tubos de geotextil de alta resistencia, están referidas a dimensiones finales luego de lograda la consolidación del relleno de la estructura.

Cuadro N° 3.4. Especificaciones Técnicas del Geotextil Tejido para Tubo de geotextil de alta resistencia de Suelo

PROPIEDADES MECANICAS	UNIDAD	NORMA DE REFERENCIA	REQUIRIMIENTO (MARV)
Método de la Tira Ancha	KN/m	ASTM D4595	≥ 175
Sentido Longitudinal	KN/m	ASTM D4595	≥ 175
Sentido Transversal	KN/m	ASTM D4595	≥ 175
Elongación a la tracción	%	ASTM D 4595	≤ 20
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	N	ASTM D4533	≥ 2000
Resistencia al Punzonamiento	N	ASTM D4833	≥ 1000
Resistencia a la Costura	N	ASTM D4884	≥ 50% (resistencia por el método de la Tira Ancha)
PROPIEDADES HIDRÁULICAS			
Tamaño de abertura aparente	mm	ASTM D4751	≤ 0.425 ^(a)
Tasa de Flujo	l/min/m ²	ASTM D4491	≥ 600
Permitividad	S ⁻¹	ASTM D4491	≥ 0.4
PROPIEDADES FÍSICAS			
Polímero	Polipropileno		
Resistencia retenida UV	%	ASTM D4355	≥ 80

Fuente: Corredor Vial Interoceánico Sur Tramo 3, Especificaciones técnicas

Cuadro N° 3.5. Especificaciones Técnicas del Geotextil No Tejido para Tubos de Geotextil de Alta Resistencia

PROPIEDADES MECANICAS	UNIDAD	NORMA DE REFERENCIA	REQUIRIMIENTO (MARV)
Resistencia Grab	KN/m	ASTM D4632	≥ 700
Elongación a la tracción	%	ASTM D4632	> 50
Resistencia al Rasgado Trapezoidal	N	ASTM D4533	≥ 250
Resistencia al Punzonamiento	N	ASTM D4833	≥ 250
Resistencia a la Costura	N	ASTM D4884	≥ 50% (resistencia por el método Grab)
PROPIEDADES HIDRÁULICAS			
Tamaño de abertura aparente	mm	ASTM D4751	≤ 0.20
Permitividad	S ⁻¹	ASTM D4491	≥ 0.6
PROPIEDADES FÍSICAS			
Polímero	Polipropileno		
Resistencia retenida UV	%	ASTM D4355	≥ 50

Fuente: Corredor Vial Interoceánico Sur Tramo 3, Especificaciones técnicas

Llenado de Tubo Geotextil (Geoestructura): El trabajo consiste en realizar el llenado de los tubos de geotextil con una mezcla de suelo y agua (slurry) para formar estructuras que forman parte de un sistema de control de erosión para ríos. Los tubos de geotextil de suelo deberán tener las especificaciones mínimas indicadas en la especificación correspondiente.

Se deberá ubicar la zona de toma de material para llenado de los tubos de geotextil. Este material deberá ser del lugar, o material transportado, libre de materia orgánica en el material seleccionado no podrá exceder el 5%. El material no deberá tener más de 50% de material que pasa el tamiz N° 200, esto con el fin de minimizar el tiempo en el proceso de consolidación del material dentro del tubo de geotextil.

Los ensayos de gradación ASTM D 422 deberán ser efectuados con el material que se utiliza para el llenado (slurry). Las muestras deberán ser obtenidas de la descarga de la tubería de la draga, inmediatamente antes de insertar la tubería al puerto de llenado.

La frecuencia de los ensayos será como mínimo un ensayo de gradación al inicio y por cada 2000 m³ en el caso de tubos de geotextil de 6.10 m. x 2.40 m. (ancho x alto), y cada 500 m³ en el caso de tubos de geotextil menores a 3.07 m. x 1.25 m. (ancho x alto).

Se podrán realizar pruebas adicionales en cualquier momento en caso que la inspección visual del material de relleno indique que el porcentaje de finos pueden exceder los requisitos presentados en esta especificación.

Manto Anti Socavación: El trabajo consiste en suministrar, transportar, almacenar y colocar el manto anti socavación como sistema de control de erosión para ríos. El geotextil tejido del manto anti socavación deberá tener las especificaciones mínimas indicadas en la presente especificación.

El manto anti socavación de acuerdo a lo que indique el proyecto debe tener en su extremo 01 tubo de geotextil de alta resistencia relleno de arena, formados con el mismo geotextil. Así mismo este manto anti socavación deberá ir sobre el

terreno donde se apoyarán los tubos de geotextil de alta resistencia, componentes de los Diques Guía.

La longitud del manto es determinada de acuerdo a los requerimientos del proyecto. El geotextil tejido de alto módulo, está diseñado para retener partículas de suelo y permitir la salida del agua.

El lastre y el material del manto tienen las mismas especificaciones que el tubo geotextil.

Drenaje para Geoceldas: El sistema de drenaje a construir estará indicado en los planos respectivos. Tiene la finalidad de drenar y evacuar el agua proveniente del relleno posterior a las geoceldas rellenas con mortero, provenientes de filtraciones o nivel freático alto producto de la variación de niveles del río, los detalles se encuentran indicados en los planos.

Transporte: Bajo estas partidas se considera el material en general que requieren ser transportados de un lugar a otro de la obra, tanto la zona de origen como la zona destino será de acuerdo a lo requerido para el desarrollo de las respectivas actividades.

Movilización y Desmovilización: Comprende todos los servicios de movilización y desmovilización de equipos de construcción para la ejecución de la Defensa Ribereña del Puente Mavila en el Km. 565+964.

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. La zona de los estribos del puente será protegido con geotubos rellenos con arena, posteriormente se debe colocar en las cavidades de la zona de pilotes un relleno en arena compactada.
2. La protección de la margen izquierda fuera de la zona de los estribos del puente se propone colocar diques guías construidos con geotubos rellenos con material del cauce.
3. La protección de los taludes de la margen derecha, fuera de la zona de los estribos del puente, se dividen en dos tramos, en aguas arriba del puente se propone colocar geoceldas rellenas con mortero ancladas en la ladera y en aguas abajo la aplicación de geotubos rellenos con material del cauce.
4. El suelo de fundación tiene la capacidad suficiente para soportar las cargas impuestas por el dique de la margen izquierda y por las geoceldas y el dique de la margen derecha.
5. Se presenta un tentativo del procedimiento constructivo presentando una secuencia lógica constructiva aplicando dependencias obligatorias de todas las actividades involucradas en la construcción de la defensa ribereña del puente Mavila I con geoestructuras mediante el juicio de los especialistas extranjeros dando énfasis a las partidas agrupadas de acuerdo a la interface.
6. Para este proyecto se decide utilizar el sistema de llenado de la geoestructura con Poza, el motivo es poder realizar el llenado en forma masiva, al ser un proyecto concentrado, se puede generar varios frentes de trabajo y el llenado estaría amarrado a la capacidad de la draga.
7. Para poder iniciar una obra, hay que tener todos los alcances del proyecto bien en claro y analizarlos para evitar atrasos de tiempo en la duración de la

- obra en que se programó y reducir el peligro de la integridad física de los trabajadores que ejecutan dicha construcción.
8. En función al estudio de hidráulica fluvial, se decidió iniciar por la margen izquierda debido a que el proceso erosivo del río ha sido más agresivo en este punto.
 9. Las duraciones de las actividades conocidas se definieron mediante estimaciones análogas con otros proyectos similares ejecutados en la empresa y para el llenado de la geoestructura se tuvieron que hacer pruebas a escala real.
 10. La actividad restrictiva en la cual debemos controlar y medir es el llenado de geoestructuras de la margen izquierda.
 11. El rendimiento para el llenado de la geoestructura es de 150 m³/día con 1 draga, para una composición de 2 dragas se tiene un rendimiento de 300 m³/día y necesitamos 11 personas, esta cantidad contempla operarios, oficiales y peones.
 12. El monto del proyecto con Gastos Generales y Utilidades sin reajuste es de \$ 2'561,535.53, obteniéndose un ratio de 41.30 US\$/m³ de protección de dique guía construida con geoestructura, al momento de actualizar los planos a la topografía actual, se aumentaron las cantidades de geoestructuras y el monto actualizado del proyecto sin reajuste es de \$ 3'269,705.95, con un ratio de 46.42 US\$/m³, eso quiere decir que a mayor cantidad de geotubos, mayor será el monto de la solución.
 13. El plazo contractual del proyecto es de 208 días calendario o 7 meses de ejecución a partir de la entrega del terreno y libre de toda interferencia, la duración obtenida fue de 106 días practicables, 168 días calendario o 5.5 meses de ejecución), esto quiere decir que al momento de generar el cronograma contractual no se está empleando las mejores prácticas en gerencia de proyectos.

14. En el pico de obra se llega a tener 83 personas de acuerdo al histograma, esto nos ayuda a identificar dentro del proyecto la cantidad de hospedajes y alimentación que debemos de prever.

15. Las actividades que presentan una mayor contribución en el presupuesto y definen la duración total del proyecto por encontrarse dentro de la ruta crítica son:

- Colocación y Relleno de la geocelda con un 10% del costo directo.
- Colocación y Llenado del tubo de geotextil con un 57% del costo directo.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar los estudios acerca de la aplicación de las geoestructuras como medio de prevención de la erosión, realizar investigaciones en tema de diseño, productividad, mejora en los procesos de llenado, etc.
2. Se recomienda realizar un análisis de restricciones de inicio para evitar demoras en el arranque de obra, hacer seguimiento de la adquisición de material, equipos y mano de obra, así como de las liberaciones del terreno, canteras, botaderos y fuentes de agua.
3. Se debe obtener los rendimientos de los otros procedimientos de llenado y obtener sus análisis de precio unitario e identificar en que situación es aplicable cada uno.
4. Se debe de plantear un programa de control y seguimiento para poder realizar el análisis de precio unitario real e implementar un programa de productividad para optimizar la cuadrilla unitario y mejorar el procedimiento constructivo.
5. Se recomienda tener frecuentes reuniones con la finalidad de verificar desde la programación de obra hasta las inquietudes u opiniones que tenga el personal, esto nos ayuda a retroalimentar la base de dato en base a lo que se está trabajando y así poder evitar contratiempos, además estas reuniones nos ayudan a planear los trabajos que se van a realizar en la semana o incluso a un mes.
6. Hay que prestar mucha atención a las partidas que se encuentran dentro de la ruta crítica, ya que con ella se puede observar que actividades se pueden aplazar sin ningún problema de retraso o que otras actividades definitivamente no se pueden ya que puede afectar la duración del proyecto. Las partidas aplazables nos ayudan para realizar la nivelación de recursos.

7. Tener siempre presente que para la programación hay que tomar en cuenta que recursos son necesarios para la ejecución del proyecto, esto se debe a la dificultad que hay, dependiendo de la zona, la adquisición de equipos, materiales y mano de obra, si estos se adquieren con tiempo se puede ejecutar de manera eficiente, pero si no se toma en cuenta puede conllevar a que nuestro plan inicial deba sufrir modificaciones provocando el atraso para la culminación de algunas actividades.
8. Se recomienda utilizar sistemas que ayuden a eliminar los tiempos muertos debido a la transición que se genera al pasar del llenado de una geoestructura a la otra.
9. Se recomienda tener bien en claro la programación y el control de la obra debido a que estas son indispensables para la buena ejecución de cualquier proyecto, si se llegara a descuidar o no se tienen definidos el objetivo del proyecto, el porcentaje de desviación puede aumentar rápidamente, esto conlleva a un atraso o a una mala calidad en el procedimiento constructivo.
10. Cuando se inicie la ejecución del proyecto se debe de realizar un estudio detallado para la optimización del procedimiento constructivo empleando herramientas de productividad, seguimiento y control. Durante el avance será necesario realizar cambios al plan inicial, modificar tareas, reasignar recursos, etc; con esto podremos obtener los rendimientos y la cuadrilla más óptima para realizar el llenado de la geoestructura.

BIBLIOGRAFIA

1. ALIAGA DÍAZ, LUIS, *"Introducción al Estudio del Trabajo en Obras de Edificación"*. Lima, 1991.
2. CARLOS ENRIQUE MORAN TELLO, *"Gerencia de Control de Costos en Obras Civiles y Montaje"*, Lima, Perú, 2008.
3. CONCOL PERÚ SAC. *"Proyecto de Ingeniería de detalle para la defensa ribereña del Puente Mavila existente km 565+964 corredor vial IIRSA Sur"*, Lima, Perú, 2012
4. DIANNE GALLOWAY, *"Mejora continua de Procesos"*, Barcelona, 1998.
5. GHIO CASTILLO, Virgilio, *"Productividad en Obras de Construcción, Diagnóstico, Crítica y Propuesta"*, Lima, Perú, 2001.
6. GONZALEZ, Vicente. *"Buffers de Programación: Una Estrategia Complementaria para Reducir la Variabilidad en los Procesos de Construcción"*. GEPUC. Chile, 2003.
7. KAORU ISHIKAWA, *"¿Qué es el control total de Calidad?"*, Colombia, 1993.
8. KOSKELA LAURI, *"Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción"*, Stanford University, 1992.
9. P. LLEDO, G. RIVAROLA, R. MERCAU, D.H. CUCCHI, J. F. ESQUEMBRE. *"Administración Lean de Proyectos"*, Argentina, Primera Edición, 2006.
10. VITTERI SARMIENTO JOSE LUIS, *"Teoría de Restricciones"*, Apuntes de Clases, 2009.