



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERIA CIVIL – CONSTRUCCION

DRAGADO DE LODOS EN LA PRESA LA SOLEDAD PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL CANAL DESARENADOR Y LA NUEVA OBRA DE TOMA
DE LA PRESA LA SOLEDAD PARA INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE LA C.H.
MAZATEPEC.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ANA XOCHITL SANDOVAL GARCIA

TUTOR PRINCIPAL
M.I. MARCO TULIO ROSAS MENDOZA, FACULTAD DE INGENIERIA

MÉXICO, D.F. MAYO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. en I. LUIS CANDELAS RAMÍREZ
Secretario: Dr. JESÚS HUGO MEZA PUESTO
Vocal: M. en I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS
1^{er}. Suplente: M. en I. CARLOS NARCIA MORALES
2^{do}. Suplente: Ing. ANTONIO JESÚS COYOC CAMPOS

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM

TUTOR DE TESIS:

M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS

FIRMA

A G R A D E C I M I E N T O S

A mi mamá que siempre está ahí para apoyarme y brindarme sabiduría y ánimos.

A mi hermano que a pesar de ser menor que yo siempre me llena de buenos consejos.

A mi papá por darme lo mejor de él.

A mi familia por su apoyo y amor.

A Jesús Hernández por el apoyo, la comprensión y la insistencia para cerrar esta etapa, así como la oportunidad de aprender y crecer en mi experiencia profesional.

A mis amigos que siempre me han apoyado, regañado e impulsado a ser mejor persona, a aquellas personas que con su paso por mi vida han contribuido enormemente a terminar esta etapa y mejorar cada día.

ÍNDICE

Dragado de lodos en la Presa la Soledad para la construcción del canal desarenador y la nueva obra de toma de la presa la soledad para incrementar la capacidad de la C.H.

<i>Mazatepec.</i>	1
1 Introducción	1
2 Antecedentes	2
2.1 Condiciones originales de operación de la C.H. Mazatepec	3
2.2 Importancia de la C.H. dentro del abasto de energía a nivel nacional	4
2.3 Problemática de azolve dentro de la C.H.	4
3 Dragado de lodos dentro del Proyecto ejecutivo de construcción de nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad de la central hidroeléctrica Mazatepec.....	6
3.1 Proyecto ejecutivo de construcción de nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad de la central hidroeléctrica Mazatepec.....	6
3.2 Generalidades del dragado	13
3.3 Proyecto ejecutivo de dragado para la construcción de nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad de la central hidroeléctrica Mazatepec.	23
3.3.1 Especificaciones	23
Equipo Mínimo Requerido.....	27
Desarrollo de la obra.....	28
Mantenimiento de las zanjas.	29
3.3.2 Planos	32
3.3.3 Volúmenes de obra	36
3.3.4 Programa de obra	38
3.3.5 Planeación de los trabajos	40
3.3.6 Procedimiento constructivo	41
3.4 Condiciones particulares de Dragado en lodos.....	47
3.5 Estudios preliminares básicos necesarios	49
3.5.1 Estudio medioambiental	49
3.5.2 Estudio geotécnico y geológico del material.....	50
3.5.3 Estudio batimétrico de la zona	57
4 Ejecución de los trabajos de dragado	62

4.1	Traslado e instalación de equipos	63
4.2	Suministro de materiales e insumos.....	67
4.3	Posicionamiento e inicio de actividades	69
4.4	Particularidades de ejecución presentadas	69
5	Observaciones y recomendaciones	71
5.1	Planeación de actividades	71
5.2	Optimización de recursos y personal.....	73
5.2.1	Optimización de recursos	74
5.2.2	Optimización del personal	74
6	Conclusiones	76
7	Bibliografía	79

Dragado de lodos en la Presa la Soledad para la construcción del canal desarenador y la nueva obra de toma de la presa la soledad para incrementar la capacidad de la C.H. Mazatepec.

1 Introducción

La presa La Soledad perteneciente a la Central Hidroeléctrica Mazatepec, fue planeada en los años 50, se inició su construcción en el año 1955 durante el mandato del presidente Adolfo Ruiz Cortines (1952-1958), entrando en operación en el año de 1962 durante el mandato del presidente Adolfo López Mateos (1958-1964). La importancia de la C. H. Mazatepec a nivel regional radica en la rápida respuesta de generación con la que dicha central puede contrarrestar o regular las necesidades de energía y la capacidad de generación de otras centrales; sin embargo los niveles de azolve que se presentan en la presa son alarmantes pues ocupan casi el 80% de la capacidad de almacenamiento de la presa lo que hace urgente la modernización y mantenimiento de la presa y que permita recuperar capacidad de almacenamiento. Al respecto se hicieron propuestas y estudios viendo que la manera óptima de modernizar la presa es con la construcción de un canal desarenador y una nueva obra de toma. Para poder realizar los trabajos de construcción se requiere de trabajos previos de dragado para desazolvar la zona de trabajo y permitir comenzar con la construcción y modificaciones necesarias; sin embargo para la realización de los trabajos de dragado de una manera óptima se requiere información que permita la correcta planeación de las actividades, sin embargo al momento de los trabajos no se cuenta con dicha información por lo que las actividades se verán interrumpidas y modificadas por un sin número de particularidades que no se habían previsto por falta de información. Es importante para cualquier trabajo contar con la información oportuna para la correcta planeación, durante el trabajo se describirán tanto la información con la que se contó al principio de los trabajos, las particularidades y contratiempos que se encontraron y las recomendaciones, que una vez realizados los trabajos se observaron para permitir que en futuros trabajos similares se tenga mejor control y planeación de los trabajos.

2 Antecedentes

La vida útil de las obras hidráulicas como son las presas se puede reducir de manera importante por la carencia de un plan de manejo de los sedimentos en la cuenca de escurrimiento. La remoción de sedimentos mediante el dragado es una técnica utilizada para recuperar la capacidad de almacenamiento de la cuenca, sin embargo es una actividad de alto costo, en México se requieren métodos alternos de desazolve que incrementen la vida operativa de los almacenamientos, en México la mayoría de los cuerpos de agua se encuentran azolvados incluyendo las grandes presas, situación que las coloca en riesgo de no utilizarse. A partir de estas necesidades se ha vislumbrado la necesidad de implementar un dispositivo que permita incrementar la vida de operación de las presas; en el caso específico de la presa la Soledad, de la C.H. Mazatepec se hicieron varias pruebas y modelos físicos para identificar la solución óptima para el desazolve en la zona de la obra de toma en base a sus limitaciones y alcance al ser aplicado en campo así como su costo de operación.

La Central Hidroeléctrica Mazatepec, fue construida en los años 50 como parte del Sistema Hidroeléctrico Presidente Adolfo Ruiz Cortines, para suministrar energía eléctrica en los estados de Puebla y Veracruz. La generación de energía eléctrica se realiza aprovechando el agua almacenada en el embalse de la presa la soledad ubicada en el río Apulco y la cual es conducida por un túnel de 15 Km hasta la C.H. Mazatepec.

Sus 50 años de operación han sido productivos, sin embargo, la naturaleza del vaso y diversas acciones como es la deforestación en las partes altas de la cuenca del Río Apulco, han generado que el volumen de sedimentos sea un problema, el aporte de sedimentos al embalse de la presa, progresivamente ha colmado y disminuido significativamente la capacidad del embalse y de generación de la planta hidroeléctrica, al grado de obstruir la obra de toma y reduciendo la capacidad de generación además de incrementar los costos de operación y mantenimiento.

Con la finalidad de recuperar parte de la capacidad de generación de la C.H. Mazatepec, CFE ha analizado diversas opciones para retirar el azolve presente en la obra de toma que impide la captación de agua para generación. Algunas de estas actividades han mostrado su vulnerabilidad dado que la tasa de sedimentación del Río Apulco es importante, por lo que CFE determino que la solución más viable es la construcción de una estructura adicional, las distintas alternativas igualmente fueron evaluadas encontrando que la construcción de una nueva obra de toma conectada a la obra de toma actual y con un canal desarenador es la mejor opción. En base a los estudios previos realizados se espera que con la construcción de la nueva obra de toma con canal desarenador se logrará recuperar y mantener la operatividad de la presa la Soledad por lo menos otros 30 años minimizando los costos de mantenimiento evitando actividades de dragado.

2.1 Condiciones originales de operación de la C.H. Mazatepec

La Central Hidroeléctrica Mazatepec es un complejo hidroeléctrico que aprovecha las aguas del Río Apulco para generación de energía eléctrica. Está ubicada en las coordenadas geográficas 19° 58' latitud Norte, 97° 26' longitud Oeste. Está diseñada para operar como condensador síncrono y utilizando el agua de la Presa "La Soledad". La central hidroeléctrica Mazatepec se construyó a finales de los años 50 e inició su operación en el año de 1962 con 209 MW y para el año 1964 termino con una capacidad instalada de 358MW.

La Presa La Soledad se localiza en el río Apulco en la Sierra Norte del Estado de Puebla en el municipio de Tlatlauquitepec, cerca del poblado de Mazatepec. Se llega por la autopista México-Veracruz, entroncando con la carretera federal 129 en el poblado de Amozoc, Puebla, con rumbo hacia Teziutlan, se llega al poblado de Tlatlauquitepec, Puebla y de ahí por un desviación de 28 Km a la presa.

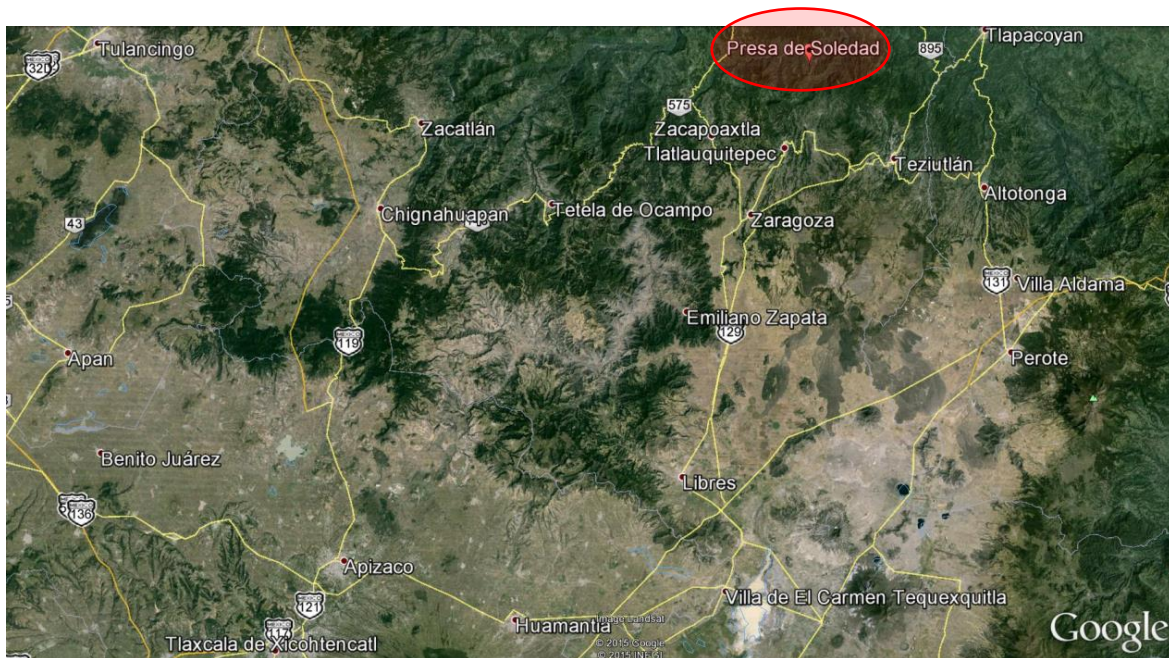


Figura 1. Ubicación de la presa la Soledad y los poblados más cercanos. ¹

¹ Imagen tomada de Google Earth, marzo 2015.



Figura 2. Ubicación de la presa la Soledad y la Central Hidroeléctrica Mazatepec.²

La cortina de la presa La Soledad es de concreto del tipo arco bóveda, su corona se ubica en la cota 806.5 MSNM; su sección máxima tiene 87.6 m de altura; la presa está formada por diques de gravedad con machones en ambas márgenes y un vertedor en la margen derecha. La obra de toma es de tipo torre, con conducción a presión tipo túnel de 4 m de diámetro y 1,350 m de longitud, el cual es protegido contra efectos transitorios mediante un pozo de oscilación de 12 m de diámetro y 73.28 m de altura, construido en acero. El agua almacenada se conduce por túnel aproximadamente 15 km hasta la Central Hidroeléctrica (C.H.) Mazatepec.

² Imagen de realización propia.

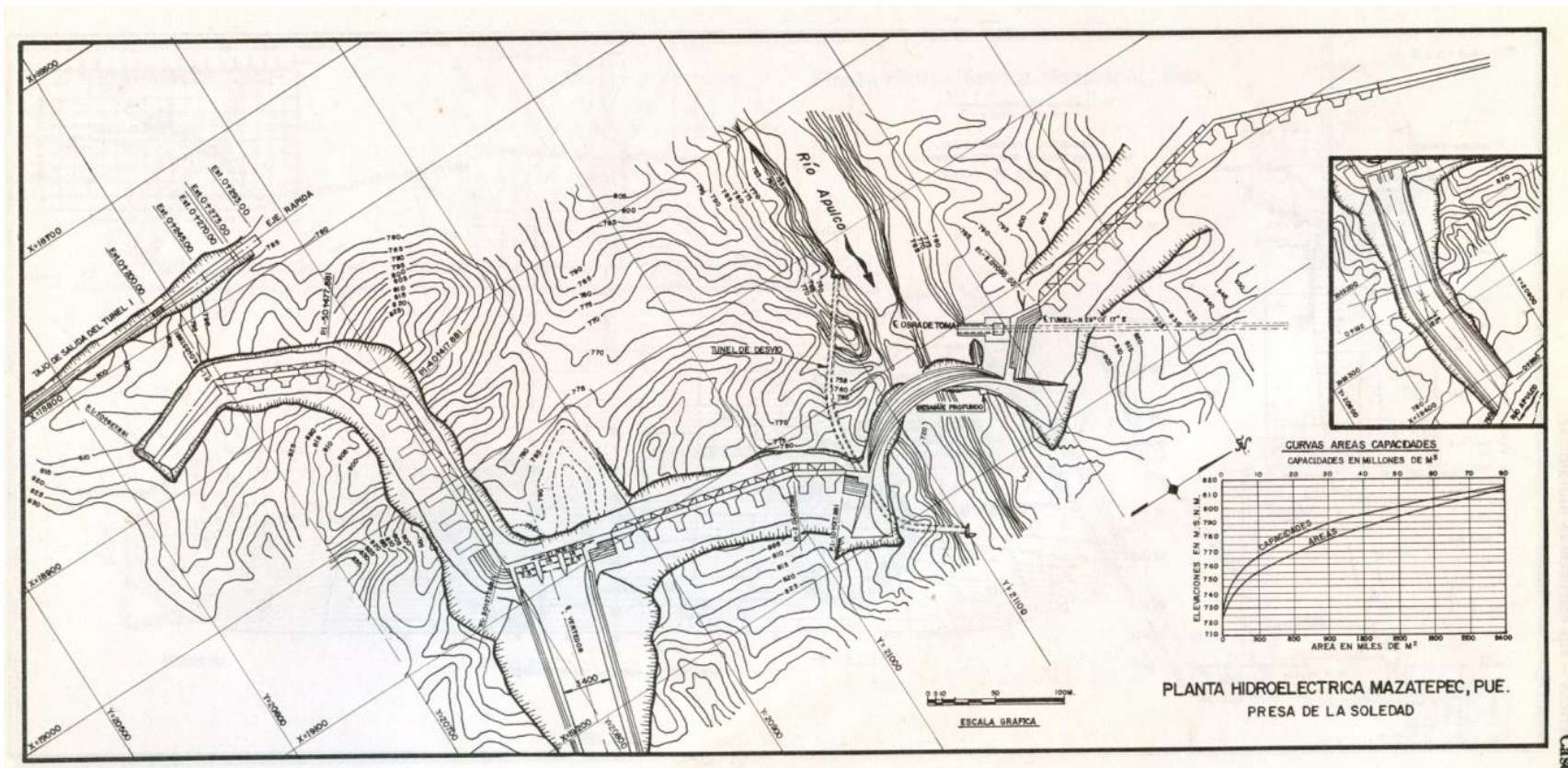


Figura 3. Planta General de la Presa la soledad³

³ Presentación del proyecto ejecutivo para la construcción de Nueva Obra de Toma con Canal Desarenador en la presa la Soledad de la Central Hidroeléctrica Mazatepec, 2013.

1 | *Dragado de lodos en la Presa la Soledad para la construcción del canal desarenador y la nueva obra de toma de la presa la soledad para incrementar la capacidad de la C.H. Mazatepec.*

La elevación media de la cuenca es de 1420 MSNM y tiene una superficie de 1460 km² con un volumen medio anual de escurrimiento de 536 millones de m³.

La cortina es de concreto tipo Arco-Boveda de doble curvatura complementada con diques secundarios formados con machones de concreto. Se desplanto sobre roca (tobas vítreas) en la cota 715 MSNM. La corona se encuentra a la elevación 806.5 MSNM. Se efectuó una pantalla de inyecciones y un sistema de drenaje tanto en los empotramientos como en el fondo de la cortina. La longitud de la corona es de 154m. El almacenamiento máximo formado por la presa es de 60 millones de m³.

La obra de desvío es un túnel de 4.5 m que se encuentra sobre la margen derecha.

La obra de excedencias es un vertedor de demasías con canal de descarga de 34 m de ancho y 385m de longitud. Se instalaron 5 compuertas radiales de 11 x 15 m. el vertedor fue proyectado para absorber una avenida máxima con un gasto de 7500 m³/seg.

La obra de toma se encuentra ubicada en la margen izquierda, separada de la cortina y conectada directamente a una conducción de 7.4 Km de longitud con dos tramos en túnel revestido de concreto de 4 m de diámetro que alimentan 4 turbinas tipo Pelton de eje vertical de 7460 Hp cada una, la carga máxima es de 512.5m, velocidad normal 375 r.p.m., carga de diseño 480.4m, gasto de diseño 13m³/seg. La casa de máquinas (Central Hidroeléctrica Mazatepec) tiene generadores de 58,000 KVA de potencia nominal con un factor de potencia de 0.9, 13.8 KV de tensión entre fases y 50 ciclos/seg de frecuencia. La subestación está situada en la margen izquierda.

Las características técnicas originales de la Presa la Soledad y la Central Hidroeléctrica Mazatepec se muestran en la siguiente tabla.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD
HIDROLOGÍA		
Área total de la cuenca	1830	Km ²
Escurrecimiento medio anual	906	Millones de m ³
Gasto medio anual	29.3	m ³ /seg
Gasto máximo registrado	711	m ³ /seg
Embalse		
NAME	805	MSNM
NAMO	804.5	MSNM

NAMINO	798	MSNM
CAPACIDAD TOTAL AL NAME	25226	Millones de m ³
CAPACIDAD EN CONTRL DE AVENIDAS	24365	Millones de m ³
CAPACIDAD ÚTIL PARA GENERAR	60	Millones de m ³
DESFOGUE		
COMPUERTAS DESLIZANTES	4 X 4.1 X 2.26	m
ELEVACIÓN MEDIA	283	MSNM
OBRA DE TOMA		
NÚMERO DE TOMAS	1	
GASTO MÁXIMO X TOMA	52	m ³ /seg
COMPUERTAS RODANTES (2 PZAS)	1.4 x 4	m
CASA DE MAQUINAS		
TIPO	EXTERIOR	
DIMENSIÓN DE ANCHO	34	m
DIMENSIÓN DE LARGO	79	m
DIMENSIÓN DE ALTURA MÁXIMA	35	m
TRANSFORMADORES		
NÚMERO	10	
TIPO	1	
CAPACIDAD NOMINAL	16.667	MVA
TENSIÓN DE TRANSFORMACIÓN	13.8/230	kV
CORTINA		
TIPO	ARCO CÚPULA	
ELEVACION DE LA CORONA	806.5	MSNM
LONGITUD DE LA CORONA	210	m
ALTRUA MÁXIMA	96.5	m

VOLUMEN TOTAL	0.137	Millones de m ³
ESPESOR MÁXIMO EN LA BASE	14	m
ESPESOR DE LA CORONA	2.5	m
CUERDA A LA ALTURA DE LA CORONA	120	m
RELACIÓN CUERDA-ALTURA	1.3:1	
VOLUMEN DE CONCRETO	137 X 10 ³	m
OBRA DE EXCEDENCIAS		
ELEVACIÓN DE LA CRESTA	789.5	MSNM
LONGITUD TOAL DE LA CRESTA	55	m
GASTO MÁXIMO DE DESCARGA TOTAL	7500	m ³ /seg
COMPUERTAS RADIALES	5.11 x 15	m
ELEVACIÓN LABIO SUPERIOR DE COMPUERTAS	804.5	MSNM
GASTO MÁXIMO (AVENIDA DE DISEÑO)	8000	m ³ /seg
CONDUCCIÓN		
No. DE CONDUCTOS	4	
DIÁMETRO	2.4	m
LONGITUD TOTAL	10500	m
INCLINACIÓN	0.22/60.3	GRADOS
TURBINAS		
No.	4	
TIPO	PELTON	
POTENCIA MÁXIMA	60.68	MW
GASTO DE DISEÑO	13.04	m ³ /seg
CARGA NETA DE DISEÑO	480.4	m
VELOCIDAD DE ROTACIÓN	360	rpm
GENERADORES		

CAPACIDAD NOMINAL	58	MVA
TENSIÓN NOMINAL	13.8	kV
FACTOR DE POTENCIA	90	%
FRECUENCIA	60	Hz
SUBESTACIÓN	1-230/S.E./ JALACINGO	kV
LINEA / TENSION / DESTINO	1-230/S.E./ ZOCAC	
	1-230/S.E./ POZA RICA 1	

Tabla 1. Características de la Presa la Soledad y la C.H. Mazatepec.⁴

2.2 Importancia de la C.H. dentro del abasto de energía a nivel nacional

La presa la soledad es una presa muy importante ya que abastece de carga hidráulica a la Central Hidroeléctrica Mazatepec, la cual suministra energía eléctrica a los estados de Puebla y Veracruz, junto con la central de Atlixco, por lo tanto desde el punto de vista de generación de energía eléctrica conviene rescatar esta obra por medio de un dragado, o en caso de ser necesario alguna estructura que permita controlar y minimizar los efectos del desazolve.

Debido a su importancia se pretende que la solución para contrarrestar el problema de azolvamiento sea económica y operativamente factible evitando lo más posible los paros de generación durante las obras. Ya que al construir una estructura que permita el retiro de azolve y permita mantener los niveles de generación apropiados considerando el menor tiempo de paro de operaciones.

2.3 Problemática de azolve dentro de la C.H.

El origen de los azolves está en los sedimentos suspendidos que lleva la corriente, que se generaron a partir de la erosión de la cuenca. Un cierto porcentaje de este material llegará al sistema de drenaje de la cuenca, por medio del cual será transportado y alcanzará la salida. Entonces, la erosión es directamente proporcional a la producción de sedimentos de la cuenca.

CFE realizó un análisis para determinar cuál ha sido la pérdida de la capacidad de generación, Ante la necesidad de conocer el almacenamiento actual de la presa después de realizar trabajos de desazolve, la Subgerencia Regional de Generación Hidroeléctrica Golfo designó a la División Hidrométrica Golfo para realizar un levantamiento batimétrico en el mes de julio de 2010. Los

⁴ Información obtenida de la Licitación Pública Internacional para la construcción de Nueva Obra de Toma con Desarenador en la presa la Soledad de la Central Hidroeléctrica Mazatepec, febrero 2015.

resultados de este estudio indican que la capacidad de la presa ha disminuido por el azolvamiento natural del vaso, y que en los años recientes, la capacidad reducida se ha mantenido en el mismo orden, principalmente por las actividades de desazolve mecánico. Ello permitió identificar que una obra puede ayudar a recuperar parte de la capacidad original, trabajando como un medio para permitir el acceso del agua a la obra de toma, en un vaso que en su mayor parte está azolvado.

Al 2014 la C.H. Mazatepec pertenece a la Subgerencia Regional de Generación Hidroeléctrica Golfo y cuenta con una capacidad total instalada de 50,000 KVA, y en el aspecto hidráulico, la presa posee una capacidad máxima de 9.853 millones de m³ al NAME (805.00), de acuerdo con la batimetría más reciente realizada en el mes de octubre de 2010. De la capacidad inicial de 60 millones de m³ más de 50 millones de m³ se encuentran ahora ocupados por azolve, lo que reduce al mínimo el volumen útil para almacenamiento de agua y afectando las condiciones de generación.

Considerando la última batimetría realizada para la zona del vaso únicamente se tiene una capacidad al NAME (805 MSNM) de 2.8 millones de m³.

Como solución al problema de azolvamiento, la CFE también identificó que la construcción de un desarenador localizado en el dique de la margen izquierda, permitiría desalojar el azolve en un rango de acción que alcanzaría a una nueva obra de toma, permitiendo el desalojo de sedimentos además de la presencia continua de agua en la nueva captación. La operación de éste desarenador se podría realizar de manera continua o cuando el monitoreo del vaso así lo requiera, en función de la acumulación de sedimentos.

El desarenador fue modelado físicamente en el año del 2005, de cuya actividad se determina que considerando el dimensionamiento originalmente propuesto, su funcionamiento hidráulico es adecuado y tiene un rango de efectos que alcanzará a la zona de captación de una nueva obra de toma y permitirá el retiro del azolve.

La central hidroeléctrica Mazatepec, posee importancia a nivel nacional ya que ayuda a regular las necesidades de energía en el centro del país, dicha central ha servido ya por más de 10 años de los considerados para su vida útil en el diseño, sin embargo según estudios realizados es posible dar un mantenimiento correctivo que permita a la central continuar operando por varios años más además de minimizar sus gastos operativos.

3 Dragado de lodos dentro del Proyecto ejecutivo de construcción de nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad de la central hidroeléctrica Mazatepec.

Una obra de dragado se define como el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, el transporte y el vertido de materiales situados bajo el agua, ya sea en el medio marino, fluvial o lacustre.

La construcción de la nueva obra de toma con desarenador tiene como objetivo evitar que las constantes acumulaciones de lodos que azolvan el vaso de la presa y específicamente en la zona de la obra de toma interfieran como hasta ahora ha sucedido con la capacidad de producción de la C.H. Mazatepec. El proyecto busca garantizar que se cuente siempre con el nivel óptimo de operación además de evitar la necesidad de realizar trabajos de dragado constantemente.

Dentro de este proyecto resulta de vital importancia el retiro de azolve en la zona de influencia de la obra de toma, para este fin el proyecto de dragado incluye todos los detalles para la correcta realización de los trabajos de acuerdo a lo proyectado, para lo cual se analizaron los documentos del proyecto ejecutivo entregados en la licitación de la obra.

3.1 Proyecto ejecutivo de construcción de nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad de la central hidroeléctrica Mazatepec.

El proyecto consiste en construir una nueva obra de toma con desarenador que garantice que por algunos años más la obra no se vea comprometida con la acumulación de sedimentos; se considera que el ritmo de acumulación de azolves es de un millón de m³ al año. La idea es la construcción de una estructura hidráulica tipo desarenador, localizada en el dique de la margen izquierda, permitiría desalojar el azolve presente en elevaciones superiores a la cota 783.50 y como efecto en su zona de influencia, permitiría además mantener la comunicación de agua hacia una nueva obra de captación o toma; ésta nueva obra de toma captará el agua y la llevará hasta un conducto que se unirá con el conducto de la obra de toma actual y establecerá la continuidad de alimentación del gasto requerido para operación de la obra de generación. La operación del conjunto de estructuras permitirá en primera instancia, limpiar de azolve y sedimento el agua presente en el vaso a una determinada cota y en un lugar específico, para posteriormente permitir la captación de hasta 55.20 m³/s. Este funcionamiento se apoya en un modelo hidráulico que muestra la factibilidad del funcionamiento hidráulico del conjunto.

Así, el proyecto del desarenador en su versión conceptual considera:

- Una estructura tipo desarenador perpendicular al eje del dique en la margen izquierda. Esta estructura estará a su vez integrada por los elementos siguientes:
- Canal de acceso son dos secciones de conducción, separadas por un muro central.

- Estructura de control, en la cual se ubicarán dos dispositivos de control de gasto tipo compuertas radiales, las cuales se abrirán para permitir el desalojo de agua y sedimentos en esa sección de la presa.
- Elementos de obturación auxiliares, para mantenimiento.
- Canal de descarga, el cual tendrá curvatura horizontal y con pendiente supercrítica, conducirá el agua y sedimentos hasta el sitio de disposición final, aguas debajo de la cortina. Como ya fue mencionado, los estudios antecedentes han manejado alternativas de diseño del canal desarenador, que se diferencian al considerar para el canal de descarga una sección cerrada (túnel falso) y una sección abierta. Se considera la sección cerrada, sin que esto sea limitante en el diseño propuesto.

En la margen derecha del canal de acceso del desarenador existirá una conducción que comunicará con la nueva obra de toma. La nueva captación permitirá tomar agua del canal de acceso y conducirla hasta un punto de unión, en donde la conducción de la obra de toma original se comunicará con la nueva obra de toma. La nueva obra de toma estará integrada por los elementos siguientes:

- Estructura de rejillas.
- Estructura de control para operación con compuertas deslizantes controladas por servomotores, cuya apertura permitirá extraer el agua y conducirla hasta el sitio de conexión de la nueva obra de toma con la toma existente.
- Dispositivos para operaciones de emergencia con compuertas deslizantes, controladas por servomotores.
- Elementos de obturación auxiliares, para mantenimiento.
- Plataforma de operación de la nueva obra de toma, en la cual existirá una caseta para operación de compuertas deslizantes y que tendrá dimensiones suficientes para permitir la comunicación con la corona del dique, la plataforma de la obra de toma existente y la plataforma de operaciones del desarenador.

La nueva obra de toma está proyectada con las siguientes consideraciones:

Tipo	Canal	
Gasto de Diseño	55.20	m ³ /s
Ancho del canal	4	m
Longitud del canal	30	m
Número de conductos	1	
Elevación del canal de llamada	784.75	m
Elevación de la plataforma de operación de	806.50	m

compuertas		
Elementos de cierre de servicio	1 Compuerta Deslizante	
Elevación del umbral para apoyo de la compuerta de servicio	784.75	m
Dimensiones (ancho x alto) - vano para compuerta de servicio	4.00 x 4.00	m
Carga hidráulica máxima a NAME	20.25	m
Mecanismo de izaje (tipo) para compuerta de servicio	Actuador eléctrico	
Elementos de cierre auxiliar (para mantenimiento)		
	1 Compuerta Deslizante	
Elevación del umbral de la compuerta auxiliar	784.75	m
Dimensiones del vano auxiliar (ancho x alto)	4.00 x 4.00	m
Carga hidráulica máxima a NAME	20.25	m
Mecanismo de izaje para compuerta auxiliar	Actuador eléctrico	

El canal desarenador está proyectado con las siguientes consideraciones.

Tipo	Canal	
Gasto máximo a NAMINO	515	m ³ /s
Ancho del canal	20	m
Longitud del canal	102	m
Pila central (ancho)	1.50	m
Elevación del canal de llamada	783	m
Elevación de la plataforma de operación de compuertas	806.50	m
Elementos de cierre de servicio		
	2 Compuertas Radiales	
Radio de las compuertas radiales	6.00	m
Elevación de los pernos de las compuertas radiales	782.72	m
Elevación del apoyo de las compuertas radiales en la plantilla	779.32	
Dimensiones (ancho x alto) del vano para compuertas radiales	6.00 x 4.00	m
Carga hidráulica máxima a NAME	25.682	m

Mecanismo de izaje (tipo) para elementos de cierre de servicio (compuertas radiales)	Dos Servomotores	
Elementos de cierre auxiliar (para mantenimiento)	Agujas (obturadores)	
Elevación del umbral de las agujas	779.42	m
Dimensiones del vano para las agujas (ancho x alto)	6.00 x 4.00	m
Carga hidráulica máxima a NAME	25.581	m
Mecanismo de izaje para las agujas	Polipasto	

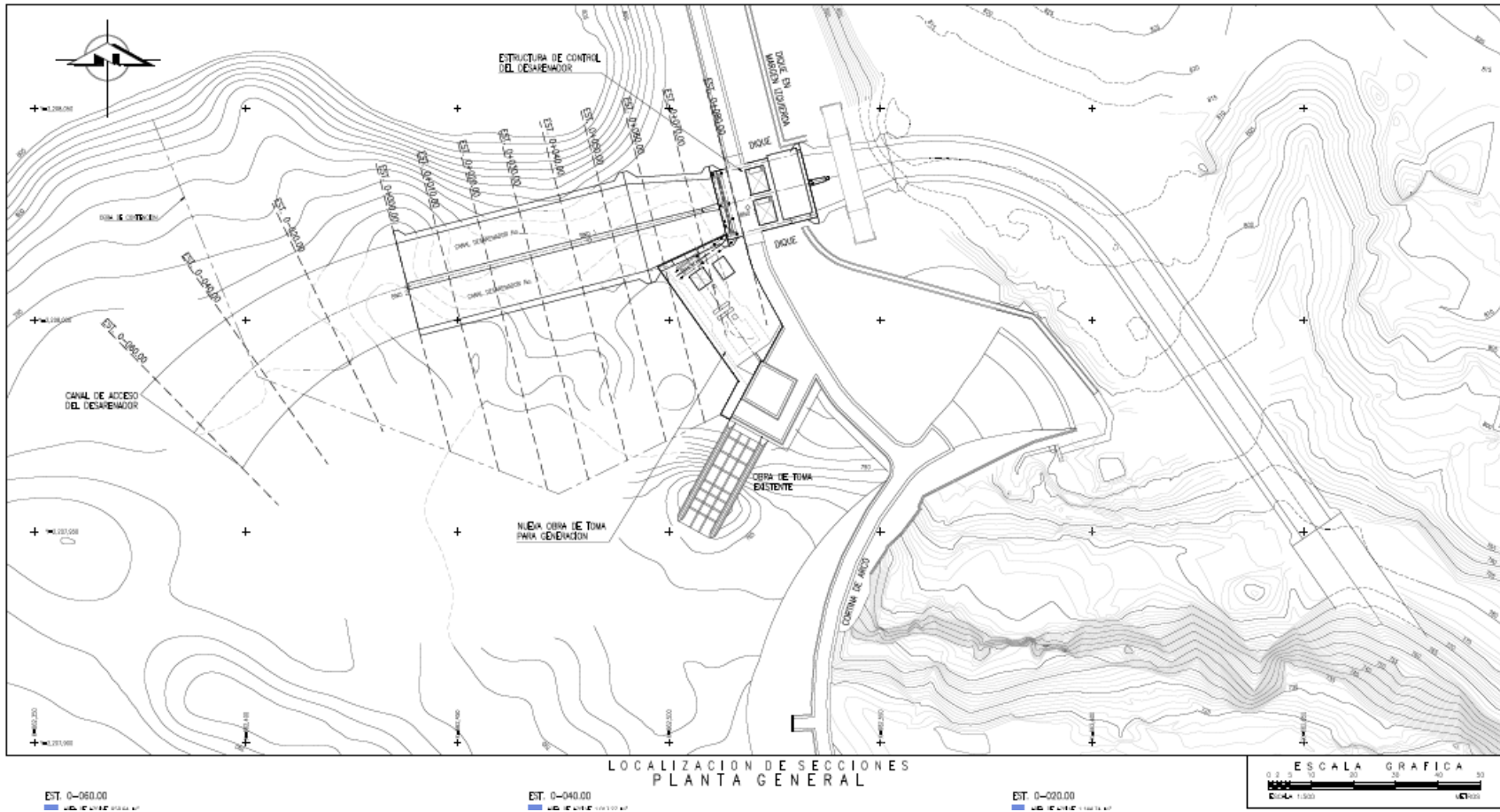


Figura 5 Planta general del proyecto de la nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad.⁵

⁵ Información obtenida de la Licitación Pública Internacional para la construcción de Nueva Obra de Toma con Desarenador en la presa la Soledad de la Central Hidroeléctrica Mazatepec, febrero 2015.

Para el caso de ejecución, esta obra se ha dividido en varias etapas que a su vez están divididas en fases con la finalidad de desarrollar los trabajos constructivos de forma organizada y controlada.

Etapas:

- Trabajos preliminares/actividades previas a la obra.
 - Preliminares
 - Preparativos
- Construcción de caminos de acceso en margen izquierda.
 - Excavaciones
 - Suministro de materiales para terracerías
 - Suministro de concreto para rodamiento
- Adecuación y rehabilitación de caminos de acceso a la presa.
 - Adecuación de caminos en las zonas donde sea necesario
- Construcción del desarenador en margen izquierda.
 - Dragado de material en la zona de construcción del desarenador
 - Construcción de obra de contención para manejo del río
 - Construcción de caminos auxiliares
 - Construcción del canal de acceso del desarenador
 - Obra civil en la obra de control del desarenador
 - Obra civil en el canal de descarga del desarenador
- Construcción de la nueva obra de toma para generación.
 - Construcción de la nueva obra de toma.
 - Construcción de la conexión de la nueva obra de toma con obra de toma existente.
 - Taponamiento de la obra de toma existente.
- Equipamiento electromecánico en el desarenador.
 - Suministro e instalación del sistema mecánico para el mantenimiento de compuertas radiales
 - Suministro, habilitado e instalación de las compuertas radiales
 - Suministro e instalación del sistema electromecánico para operación y control de compuertas radiales
- Equipamiento electromecánico para nueva obra de toma.
 - Suministro, habilitado e instalación del sistema de rejillas
 - Suministro e instalación del sistema mecánico para mantenimiento de compuertas deslizantes
 - Suministro, habilitado e instalación de compuertas deslizantes
 - Suministro e instalación del sistema electromecánico para operación y control de compuertas deslizantes

3.2 Generalidades del dragado

El dragado es la operación de extracción de terrenos de los fondos marinos, de ríos o lagos por diversas causas o finalidades. Su objetivo obedece a diversas razones:

Conseguir calados. Las profundidades obtenidas deben ser, al menos, las previstas en el Proyecto y los taludes de los dragados serán estables a largo plazo.

Obtener materiales para rellenos. La naturaleza del material a extraer debe satisfacer las especificaciones exigidas en proyecto.

Sanear terrenos inadecuados: Se efectúa para eliminar suelos que tengan poca capacidad o sean muy deformables. En estos dragados se alcanzarán los terrenos con la capacidad para la carga de diseño prevista en el Proyecto con independencia de la profundidad a la que se encuentren.

Eliminar materiales contaminantes o contaminados: Está reglamentado que su vertido se realice en recintos construidos para este efecto.

El estudio y la planificación del dragado deben realizarse con prontitud y rigor debido a la importancia económica, las dimensiones de los medios necesarios, los plazos y la influencia sobre el resto de las actividades de la obra. Se deben analizar las características del material a dragar, las condiciones del emplazamiento donde se va a realizar el trabajo, y el tipo de operaciones de dragado que se piensa realizar.

Características del dragado: Es decir, el volumen de dragado, la profundidad de dragado y de vertido, la distancia a la zona de vertido, etc...

Características del material a dragar: El tipo de sedimento y el grado de contaminación.

Características del medio: Las condiciones meteorológicas o aspectos relacionados con el tráfico marítimo.

Tipo de maquinaria de que disponemos realmente La respuesta a todas estas preguntas permitirá seleccionar el equipo de dragado más adecuado para cada situación.

La adecuada elección de los equipos y de los procedimientos de dragado viene determinada por los siguientes aspectos:

Ubicación:

Las condiciones de abrigo.

La proximidad a las estructuras que puedan entorpecer la operatividad de los equipos.

La necesidad de mantener el tráfico marítimo.

Características del terreno: Los terrenos se clasifican a efectos de dragado en:

Terrenos sueltos

Arcillas

Rocas blandas

Rocas duras

Homogeneidad del terreno: Los estratos de materiales que presentan distinta dureza y espesor, así como la existencia de grandes bolos o lajas cementadas en el seno de terrenos granulares, son determinantes de la elección de los equipos de dragado y de los rendimientos que se consiguen.

Calados: Los terrenos que hay que dragar se pueden encontrar a distintas profundidades: Profundidades pequeñas (hasta 5 m).

Profundidades medias (entre 5 y 25 m).

Profundidades grandes (mayores de 25 m).

Las profundidades a las que se draga deben estar referidas a un punto fijo referido el cual debe estar definido inequívocamente. Además, es necesario disponer de un sistema que permita conocer permanentemente la altura de la marea.

Geometría de la zona a dragar: Las características geométricas de las áreas a dragar condicionan el recorrido y las maniobras de las dragas influyendo en su rendimiento. Los dragados en las zonas próximas a muelles, diques, pantalanés o estructuras de cualquier tipo requieren equipos con especiales características. En estos casos, los dragados durante su ejecución se atenderán estrictamente a la geometría -planta y perfil de los taludes- para evitar el descalce de las estructuras.

Plazo y volumen: El volumen de dragado y el plazo disponible determinan el rendimiento medio de los equipos.

Distancia de vertido: Las distancias a las que se tengan que realizar los vertidos condicionan los equipos de transporte.

Procedimiento de vertido: mediante gánguiles, directo desde la cántara, por cañón, por tubería.

Característica de los lugares de vertido: La profundidad a la que hay que depositar los materiales condicionan los calados máximos de las embarcaciones. Pueden existir restricciones estacionales y horarias a la realización de los vertidos.

Características del medio: La altura de ola (Hs) limita la operación de las dragas, de forma que: - Las dragas estacionarias pueden trabajar con $Hs \leq 1$ m y se deben refugiar en puerto cuando $Hs \geq 2$ m. - Las tuberías flotantes tienen que ser retiradas cuando $Hs \geq 2$ m. - Las dragas de succión en marcha son operativas con $Hs \leq 2,5$ m. - La velocidad de la corriente influye en la operatividad de las dragas a partir de 1 m/s y su acción debe ser tenida en cuenta cuando se instalen tuberías flotantes. Hay que considerar, asimismo, que las corrientes provocan la dispersión de los sólidos en suspensión.

Tráfico: Es necesario conciliar el tráfico marítimo con las operaciones de dragado, esto es, con las evoluciones de las dragas, recorridos a las zonas de vertido de materiales, anclas, cabrestantes, tuberías, etc. - Se debe planificar con suficiente antelación el balizamiento de la zona influenciada por el dragado. - La estela de los barcos puede dificultar el trabajo de las dragas estáticas.

Medioambiente: La flora y la fauna existentes en las proximidades de la zona a dragar y en el recorrido del transporte puede condicionar las operaciones de dragado, limitando el rebose, exigiendo la colocación de barreras que impidan el paso de los sólidos, obligando a implementar medidas que eviten derrames durante el transporte e, incluso, suspendiendo los trabajos de dragado cuando las condiciones de clima marítimo puedan arrastrar sólidos hacia las zonas medioambientalmente sensibles.

Disponibilidad de equipos: Las dragas tienen un alto índice de ocupación además de requerir de trabajos previos para su armado, instalación y puesta en marcha; por lo que su incorporación a las obras se debe gestionar con suficiente antelación.

EQUIPOS DE DRAGADO: Se necesita una maquinaria especializada para realizar las obras de dragado. El tipo de maquinaria será decisivo en el costo final del dragado; es necesario realizar la determinación del equipo más adecuado considerando el funcionamiento de los equipos, su disponibilidad, sus características, rendimiento, capacidades de trabajo y costos de operación.

La clasificación más común para los equipos de dragado es en 2 grandes grupos: dragas mecánicas y dragas hidráulicas.

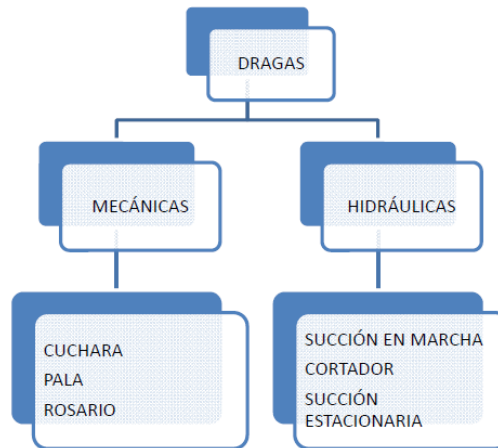


Tabla 2. Tipos de equipos de dragado.⁷

Las dragas mecánicas utilizan medios mecánicos para la extracción del material, su uso se recomienda sobre todo en zonas confinadas con materiales sueltos y pesados, aunque pueden trabajar con todo tipo de materiales. El material generalmente suele tener un bajo contenido de agua, su rendimiento suele ser menor al de las dragas hidráulicas pues el tipo de trabajo es discontinuo y con acabados menos uniformes.

Dragas de cuchara: consta de una grúa que acciona una cuchara encargada de extraer el material. La grúa puede trabajar desde tierra o puede estar montada en pontones. Se utilizan principalmente para trabajos localizados o de pequeño volumen, son adecuadas para la extracción de materiales. Es un equipo adecuado para dragar materiales heterogéneos, sus mayores rendimientos son con suelos poco cohesivos, se pueden usar para rocas quebrantadas y todo tipo de elementos sueltos. Su profundidad de operación depende de la resistencia y longitud del cable izador, por lo que puede dragar a profundidades de hasta 40 o 50 metros. Su dragado es irregular debido al poco control sobre el movimiento de la cuchara, su producción es menor a la de las dragas de succión pues se producen pérdidas sobre todo de material fino durante el izaje de la cuchara sin embargo una de sus ventajas es que no requiere que el material este disuelto como es el caso de las dragas hidráulicas.

⁷ Realización propia.



Figura 7. Ejemplos de dragas de cuchara.

Dragas de pala: son palas de excavadora montadas en pontones dondeados por tres pilotes metálicos que soportan las necesidades mecánicas del dragado. Son dragas estacionarias, por lo que necesitan descargar el material en barcasas o laterales del pontón, la pala puede estar articulada por cables o mediante un sistema hidráulico teniendo mayor alcance las accionadas por cable; sin embargo estas tienen mayores costos de instalación y menor producción. El pontón de soporte se ancla mediante 3 pilotes, uno en popa y dos en los laterales, el pilote de popa es giratorio para permitir hacer girar la draga. Son adecuadas para trabajos localizados, pues se pueden desplazar fácil y rápido; puede trabajar en espacios confinados, puede dragar todo tipo de suelos e incluso rocas blandas o previamente voladas. La profundidad es limitada sobre todo en el caso de accionamiento hidráulico; permite tener un control muy preciso de la posición aunque no tan preciso en la profundidad de dragado, dependiendo la precisión del tipo de material. Son muy sensibles al aleaje y no pueden trabajar en mar abierto. Su sistema de extracción es discontinuo por lo que su rendimiento no es muy alto pero si es mayor al de las dragas de cuchara pues su tiempo de ciclo es menor.



Figura 8. . Ejemplos de dragas de pala.

Draga de rosario: puede ser con embarcación o con pontones el cual es equipado con una cadena sinfín de cangilones (rosario) montada sobre una escala inclinada. El ángulo óptimo de trabajo es a 45°. Al girar el rosario, los cangilones excavan el fondo y elevan el material hasta la draga descargándolo en la parte superior de la draga en un depósito. Trabajan bien con todo tipo de suelos incluso con rocas disgregadas o de baja resistencia pero no trabaja bien cuando el espesor de la capa a dragar es pequeño. Su principal ventaja es que trabaja de forma continua aumentando el rendimiento a pesar de las pérdidas de material por las canaletas. Permite conseguir un perfil muy regular con un control bastante exacto en la profundidad. La draga se sujeta al fondo con anclas, por lo que requiere un espacio amplio para el fondeo y libre de tráfico. No es muy recomendable en aguas someras la profundidad de dragado oscila entre 5 y 35 metros dependiendo del tamaño del equipo, no se recomienda utilizar en mar abierto, no requiere mayor dilución del material. Los gastos de construcción de las dragas de rosario son superiores a los de otras dragas.



Figura 9. Ejemplos de dragas de Rosario.

Las dragas hidráulicas son equipos que utilizan la bomba de succión, las variantes derivan en la forma de transportar el material, el empleo de equipos complementarios para la disgregación del terreno y la forma de facilitar la absorción de los productos por la corriente producida por las bombas. Pueden ser estacionarias o en marcha. Tienen mayor eficiencia que las dragas mecánicas gracias a su sistema de dragado continuo; sin embargo se contrarresta con que el sistema obliga a diluir el sedimento; son muy útiles cuando los materiales son sedimentos sueltos, arenas, gravas o arcillas blandas y no son recomendables en terrenos duros o compactos, pues la succión no es capaz de disgregar tales productos; tampoco se recomienda en terrenos fangosos por su dificultad de decantar el material al salir por la tubería de vertido. Se puede solucionar el problema de los terrenos resistentes se pueden usar las dragas con cortador.

Succión en marcha: consta de una embarcación autopropulsada, de dimensiones variables diseñada para dragar de forma continua elevados volúmenes de material de una forma sencilla y económica incluso con condiciones marítimas adversas. El material es aspirado por un tubo dotado de un cabezal de succión, a bordo de la embarcación se instala una bomba que crea el vacío necesario para poner en suspensión el material a dragar y aspirar la mezcla agua-material que se almacenara en un depósito de la propia draga. Durante el proceso de dragado la embarcación está en movimiento a una baja velocidad, en el depósito se decantan los materiales.

La capacidad del depósito depende del equipo y las necesidades, una de las ventajas es que el material se puede transportar a grandes distancias, se puede descargar por apertura del fondo o por bombeo. Se utilizan principalmente para dragar terrenos blandos; se puede instalar un cabezal con dientes o un sistema de chorro para poder dragar materiales más resistentes. Son capaces de resistir condiciones marítimas adversas, por sus dimensiones requieren zonas amplias, la profundidad de dragado varía según las dimensiones del equipo.



Figura 10. Ejemplos de draga de succión en marcha.

Cortador: Incorpora un dispositivo disgregador del terreno montado en el extremo del tubo de succión, son dragas estacionarias, es decir no se desplazan mientras realizan el dragado. El cortador permite trabajar materiales más cohesivos y con mayor resistencia al corte, el cabezal giratorio disgrega el material y lo succiona mediante el sistema de bombeo. El sistema se coloca sobre pontones que tienen una escala de dragado en uno de los extremos, la escala se ancla con dos cables y el pontón se fija con dos pilotes o zancos situados en el extremo contrario a la escala, los cuales permiten el movimiento longitudinal y con las dos anclas se realizan los giros para desplazarse transversalmente. El material succionado puede verterse en ganguiles ubicados en los costados de los pontones o, como más frecuentemente se hace, se traslada directamente a través de una tubería flotante o sumergida hasta la zona de vertido. Es muy útil para dragar en zonas abrigadas, son equipos muy sensibles a la acción del oleaje, permiten obtener superficies de corte precisas siguiendo un perfil predeterminado; las profundidades no son muy elevadas, la producción depende del diámetro de la tubería de succión y la capacidad del cortador. Por sus costos de instalación y movilización se utilizan para grandes volúmenes de dragado, siendo su costo por metro cubico dragado el más económico.



Figura 11. Ejemplos de dragas de cortador.

Succión estacionaria: realizan el dragado ancladas en un punto sin desplazarse mientras producen la succión, tiene gran similitud con las dragas de succión en marcha, aunque la principal diferencia reside en el proceso de carga del material, ya que generalmente no cuentan con depósito y el transporte del material se hace con gánguiles auxiliares o con tuberías directo a la zona de vertido. Dragando productos sueltos no cohesivos y hasta arenas medias aunque el tamaño del material depende también de la capacidad de la bomba de succión. Al estar la draga anclada a un punto crea un hueco en forma de cono invertido por lo que no tiene gran precisión y se utiliza principalmente para la extracción de materiales para rellenos.

Es importante tomar en cuenta las características y limitaciones de cada uno de los equipos para determinar el o los equipos idóneos en función de las necesidades del proyecto. La elección del equipo depende de las características de la obra y se busca la mejor solución posible tanto técnica como económicamente.

Como ya se ha mencionado los cuatro puntos básicos de análisis antes de elegir el equipo de dragado son: Características del proyecto, características del material a dragar, características del medio y la maquinaria disponible.

A continuación se muestra una tabla con los tipos más comunes de dragas y el tipo de material para el cual tienen mayor capacidad de dragar y su similar pero considerando el equipo y los tipos de materiales para los que tienen buen o mal comportamiento.

NATURALEZA DEL TERRENO	TIPO DE DRAGA					
	CUCHARA	PALA	ROSARIO	SUCCIÓN ESTACIONARIA	CORTADOR	SUCCIÓN EN MARCHA
ARENA COMPACTA		X	X		X	X
ARENA SUELTA			X	X	X	X
ARENA FANGOSA	X		X	X		X
FANGOS	X		X	X		X
ARCILLA SUELTA	X		X		X	
ARCILLA PLASTICA	X	X	X		X	
ARCILLA COMPACTA		X	X		X	
ARENA CON GRAVA	X	X	X		X	X
ROCAS SIN VOLADURA		X	X		X	
ROCA (PREVIA VOLADURA)	X	X	X			

Tabla 3. Naturaleza del terreno y tipo de draga.⁸

	BUEN COMPORTAMIENTO	MAL COMPORTAMIENTO
CUCHARA	TERRENOS SUELTOS O POCO COHESIVOS	TERRENOS FLUIDOS O DUROS
PALA	CASI TODOS, INCLUSO TERRENOS MUY DUROS Y COMPACTOS	TERRENOS FLUIDOS
ROSARIO	FANGOS, ARCILLAS Y ARENAS COMPACTAS, HASTA ROCAS BLANDAS	ARCILLAS COHESIVAS
SUCCION EN MARCHA	GRAVAS, ARENAS SUELTAS, ARENAS FANGOSAS, LIMOS, ETC.	TERRENOS COMPACTOS
CORTADOR	TODO TIPO DE TERRENO EXCEPTO ROCAS DURAS	ROCAS
SUCCION ESTACIONARIA	ARENAS SUELTAS O SEMICOMPACTAS, FANGOS SUELTOS	ARENAS COMPACTAS O COHESIVAS

Tabla 4. Comportamiento de las dragas en función del terreno.

Para definir correctamente el proyecto de dragado hay que conocer los aspectos previos a las actividades de dragado, los cuales se enuncian a continuación:

Batimetría de la zona (tanto de la zona de dragado como de vertido). Para poder calcular los volúmenes y delimitar las zonas tanto de dragado como de vertido, permite tener conocimiento del fondo marino conteniendo la siguiente información: Profundidad del fondo en varios puntos de medida convenientemente espaciados, posición planimétrica de estos puntos, medida de

⁸ Guía de buenas prácticas para la ejecución de obras marítimas, Julio 2008.g

variaciones del nivel medio del mar o cuerpo de agua. Debe incluir también la definición de todo tipo de obstáculos. Se recomienda utilizar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos que permite distinguir los materiales en cohesivos, no cohesivos y rocas.

Características geotécnicas y geológicas del material a dragar. Con estos estudios podemos: Definir las características físicas y mecánicas del material a dragar, determinar volúmenes reales y establecer el grado de uso de los materiales en otras actividades. Esta información ayuda a seleccionar el equipo de dragado más adecuado, estimando los rendimientos del mismo y el posible sobredragado.

Condiciones medioambientales de las zonas involucradas en el dragado. Tanto en el diseño como en la ejecución hidrodinámica, meteorológica y ambiental de la zona. Se deberá conocer el clima de oleaje y las variaciones del nivel medio del mar, puesto que de ello dependerá en gran medida la navegabilidad de la zona; la información relacionada con las corrientes es importante para determinar el vertido. Las condiciones meteorológicas ayudan también a determinar equipos y los posibles riesgos a estos. Las condiciones ambientales son importantes para conseguir los permisos de dragado.

3.3 Proyecto ejecutivo de dragado para la construcción de nueva obra de toma con desarenador en la presa la soledad de la central hidroeléctrica Mazatepec.

Para poder ejecutar las obras civiles del canal de acceso del desarenador es necesario como primera fase realizar el retiro del material azolvado en el vaso de la presa, por lo que para realizar las actividades de dragado se realizara de la siguiente manera:

- Traslado e instalación de draga
- Levantamiento topobatimétrico inicial.
- Desazolve de material en la zona de construcción del desarenador, hasta descubrir el lecho rocoso.
- Disposición de material dragado en la zona de las compuertas del vertedor de demásías.
- Control batimétrico con equipo de precisión para la correcta revisión de los niveles de dragado.
- Retiro de draga.

3.3.1 Especificaciones

Para poder realizar las actividades constructivas del canal, es necesario primero realizar trabajos de desazolve, que permitan al proyecto tener las elevaciones constructivas necesarias. El proyecto de dragado considera las siguientes especificaciones:

Se entiende por dragado, a la extracción del material acumulado en el lecho del embalse, producto del transporte en suspensión del agua retenida por la cortina durante el horizonte de vida, de la misma. Durante la visita a la obra, el contratista, en base a su experiencia, propondrá el equipo adecuado para la realización del trabajo

La Comisión Federal de Electricidad proporcionará al Contratista el período de tiempo al que deberá sujetarse al programa de dragado. El programa detallado que el Contratista presente para concursar, deberá contener todas las actividades y equipo, que se deban considerar para efectuar los trabajos, estableciendo la secuencia de dragado y tiro, así como los rendimientos mensuales que deberán obtenerse, atendiendo al período fijado por la dependencia.

La Comisión, revisará el programa detallado, presentado por el Contratista en el concurso, pudiendo, ésta en su caso, realizar modificaciones a las actividades presentadas, según convenga a sus intereses. El Contratista emitirá el programa modificado, mismo, que pasará a formar parte de la documentación del contrato correspondiente.

Durante el proceso de ejecución de los trabajos, la Comisión Federal de Electricidad podrá ordenar la alteración del programa de obra en sus operaciones de dragado y tiro del material. Si el Contratista demuestra que estas alteraciones modifican sus precios unitarios originales, la Comisión Federal de Electricidad podrá aceptar los ajustes correspondientes a los mencionados precios.

A solicitud del Contratista, la Comisión Federal de Electricidad podrá autorizar modificaciones al programa de trabajo aprobado, no procediendo en este caso ningún pago por el tiempo de interrupción de las operaciones, ni por los movimientos de equipo que este cambio ocasionara.

El plazo para la ejecución de la obra podrá modificarse si el volumen real dragado es mayor que el considerado en el concurso, o por alguna causa de fuerza mayor que no sea imputable al Contratista.

No se considerará ninguna tolerancia en profundidades menores que las indicadas en el proyecto.

En el proyecto quedará definida la utilización que deba darse al material producto del dragado, éste puede ser empleado para rellenos, para usarse como material de construcción ó bien, tirarse fuera de la zona de la obra, en sitio donde por efecto de la lluvia no sea arrastrado nuevamente al interior del embalse.

El programa de trabajo contendrá la coordinación entre el dragado y el tiro del material, en tal forma, que cumpla con lo indicado el proyecto ejecutivo.

El material que no sea colocado en los lugares y condiciones que fije el proyecto no será pagado y el Contratista queda obligado a removerlo y colocarlo donde lo ordene la Comisión, sin cargo alguno para ésta.

El Contratista tendrá el cuidado de asegurar la estabilidad de las estructura, obra de toma, diques y otras estructuras que puedan ponerse en peligro o de ser dañadas por las operaciones de dragado y/o como consecuencia del movimiento de operación de su equipo; en caso de ocasionar algún perjuicio deberá reponer todo lo dañado, sin cargo alguno para la Comisión.

Para fines de cuantificación del material por dragar, el Supervisor de Obra, con la intervención del Contratista, efectuará los levantamientos topobatimétricos necesarios en las áreas de trabajo antes de dragar, elaborando el plano batimétrico que servirá de base para el cálculo posterior de los volúmenes dragados, el que será aprobado por ambas partes.

para fines de estimación y pago, el Contratista solicitará al Supervisor de Obra que efectúe el levantamiento topobatimétricos de la zona o zonas terminadas según proyecto; el Representante efectuará dicho levantamiento dentro de los tres días hábiles siguientes a partir de recibir la solicitud.

El Contratista deberá proporcionar las facilidades necesarias para efectuar dichos levantamientos y dispondrá del personal necesario para verificar todos los trabajos de campo y gabinete, mismo que deberá estar presente cuando el Supervisor de Obra efectúe el sondeo de una zona ya dragada para efectos de estimación y pago.

Tanto para el levantamiento topobatimétricos como para determinar los niveles de bordos de contención y rellenos, el Supervisor de Obra entregará los bancos de nivel necesarios al Contratista, los que serán claramente mostrados con el objeto de evitar posibles malas interpretaciones, los que en caso de ser dañados o removidos, serán repuestos por cuenta del Contratista, siendo posteriormente verificados por el Supervisor de Obra.

El Contratista deberá suministrar, colocar y mantener en buenas condiciones las marcas, estacas, escalas, etc., necesarias para la correcta ejecución de los trabajos. El Supervisor de Obra proporcionará los trazos, puntos y elevaciones que sean necesarios para el establecimiento de los elementos anteriormente citados.

Queda claramente establecido que todos los requerimientos topográficos los proporcionará el Supervisor de Obra al Contratista una sola vez, siendo responsabilidad del mismo la correcta conservación de ellos.

La separación de las secciones transversales de control de dragado será de veinte metros pero podrá variar entre cinco y veinte metros, dependiendo de la topografía, clase de terreno y requerimientos del proyecto, según lo indiquen las especificaciones particulares y/o la Comisión.

De ser necesario correr una o varias nivelaciones para establecer bancos de nivel adicionales, éstas serán por cuenta del Contratista, pero quedará a cargo del Supervisor de Obra verificar su exactitud.

Cuando alguna zona por dragar esté sujeta a la llegada continua de azolves, el Contratista deberá solicitar por escrito al Supervisor de Obra el levantamiento de las secciones transversales inmediatamente antes y después de las operaciones de dragado, en dicha zona o tramo.

Todos los materiales que por su peso, tamaño y/o composición, puedan ser extraídos por la draga en condiciones normales de funcionamiento, se pagarán a los precios unitarios establecidos en la propuesta

Lo establecido en el párrafo anterior es válido inclusive, para aquellos materiales que por la presencia de vegetales o algunas otras obstrucciones naturales ó extrañas, retarden las operaciones del Contratista durante el dragado y tiro del material.

Queda establecido que el Contratista ejecutará los trabajos a los precios estipulados en su propuesta, sin que la Comisión Federal de Electricidad considere ninguna clasificación del material por dragar según su dureza, consistencia, granulometría u origen, a pesar de la información que al respecto hubiere proporcionado.

La Comisión Federal de Electricidad no aceptará modificación alguna en los precios unitarios incluidos en la propuesta del Contratista por razón de encontrar material de características distintas, salvo en el caso de encontrar en el área de los trabajos material rocoso.

Sin embargo, para clasificar un material como lecho rocoso, deberá ser de tal tamaño, peso y composición, que en opinión de la Comisión, se requieran explosivos o un equipo especial para su remoción; no se incluirán fragmentos de roca o boleó que puedan ser removidos por draga hidráulica como piezas sueltas.

Si la Comisión Federal de Electricidad ordenase ejecutar los trabajos en zonas originalmente no consideradas en el proyecto pero dragando material semejante al del concurso y con distancias de tiro semejantes también, el Contratista deberá ejecutar este trabajo al mismo precio unitario propuesto por él en la hoja del catálogo conceptos de trabajo.

La Comisión Federal de Electricidad no se hace responsable de una mala interpretación del Contratista al estimar erróneamente las dificultades que se encuentre en la ejecución de los trabajos.

Si durante la ejecución del dragado la Comisión Federal de Electricidad observa alguna deficiencia en uno o varios elementos que formen parte del equipo del Contratista, a petición de la comisión, éste tiene obligación de sustituirlos de inmediato por cuenta propia, no justificando este evento ninguna modificación al plazo de terminación de los trabajos, ni a los precios unitarios.

La Comisión Federal de Electricidad podrá exigir al Contratista la reposición inmediata de draga, dragas o cualquier otra parte de su equipo que por su ineficiencia le impida cumplir con el programa de trabajo. Una vez iniciados los trabajos el Supervisor de Obra, determinará de

inmediato la eficiencia del equipo empleado. Ésta intervención no relevará al Contratista de ninguna de sus responsabilidades contractuales.

El suministro o aprovisionamiento que se haga necesario para la eficiente operación de los equipos empleados en la ejecución de los trabajos, debe ser cuidadosamente seleccionado por el Contratista; los retrasos que pudieran presentarse en la ejecución del proyecto, como consecuencia de deficiencia en el abastecimiento de combustibles, lubricantes, materiales, partes de repuesto, etc., no pueden justificarse como un retraso en la programación y desarrollo del calendario de operaciones previamente establecido.

La ejecución de la obra se realizará bajo las directrices generales que establezca la Comisión Federal de Electricidad y puntualizan estas especificaciones y será inspeccionada por el Supervisor y/o por los inspectores designados por él, quienes cuidarán que se cumpla estrictamente con los términos del proyecto. Los inspectores llevarán un registro de los avances de todos los conceptos de obra, verificando que los equipos, dispositivos y sistemas de apoyo se mantengan en buenas condiciones. La presencia de los inspectores no relevará al Contratista de su responsabilidad de ejecutar correctamente las obras.

Si por causas imputables al Contratista hubiera retrasos en el programa de trabajo, éste, está obligado a proponer las estrategias adecuadas ante la comisión, para lograr equilibrar el programa; todo lo anterior será sin cargo alguno para la Comisión.

En caso de retraso en el programa, la Comisión Federal de Electricidad podrá ejecutar parte del trabajo contratado con equipo propio o de otra empresa, sin que la intervención de dichos equipos justifique o exima al Contratista de las sanciones estipuladas en el contrato correspondiente.

Cuando las especificaciones complementarias se contrapongan a las especificaciones particulares, serán éstas últimas las que rijan.

Equipo Mínimo Requerido

Draga del tipo estacionario con cortador de entre 24" y 30" de diámetro de succión y potencia total instalada de entre 4,000 y 9,000 HP de capacidad de descarga directa hasta 2,000 m, sistema de posicionamiento satelital (G.P.S.) con precisión menor de un metro o mejor, software de dragado para posicionamiento, tanto de la embarcación de dragado como del equipo de corte, con presentación de plantas y perfiles de corte y proyecto en tiempo real.

El Contratista podrá proponer realizar el dragado con otro equipo diferente al solicitado, sin embargo éste deberá ser equiparable al mismo, cumplir como mínimo con las características del equipo requerido o ser superior a éstas para poder satisfacer las necesidades de la realización del trabajo en el tiempo programado.

El Contratista deberá realizar el dragado con el equipo relacionado en su propuesta, cumpliendo con las características así como con el número de unidades especificadas, sin embargo a lo anterior, el Contratista podrá, si así le conviene, realizar el dragado con otro equipo diferente al que incluye en su propuesta, el cual deberá ser equiparable, cumplir como mínimo con las características del equipo requerido.

Por otro lado, si el equipo a juicio de la Comisión Federal de Electricidad no es el adecuado para los trabajos a ejecutar, el Contratista está obligado a sustituirlo, sin que éste hecho motive cambios a los precios unitarios propuestos, ni a que se computen tiempos de inactividad perdidos por la misma causa, ni cargo adicional por la movilización del equipo.

Desarrollo de la obra.

Con base a los planos ejecutivos, el Contratista deberá proceder a la ejecución de los dragados, haciéndose responsable de cualquier error y sus consecuencias, causado por la pérdida de una o varias referencias, interpretaciones erróneas y/o negligencias

El Contratista solicitará al Supervisor de Obra, cuando considere necesario, realizar un levantamiento topobatimétrico por haberse cumplido parcial o totalmente el área contratada a las condiciones de proyecto, misma que se llevará a cabo con la participación del Residente Técnico.

Con relación a lo anterior, el Contratista deberá entregar cuatro juegos de planos con planillas de cálculo de volumen y secciones transversales, que servirán como soporte comprobatorio de finalización parcial o total de un área a efecto de levantar la topobatimetría oficial, que servirá de base para la formulación de estimaciones.

No se aceptarán como terminadas profundidades menores a las de proyecto y existirá una tolerancia de 0.10 m de sobre dragado con respecto al Nivel indicado en el proyecto, por lo que cualquier volumen dragado fuera de esa tolerancia, no se cuantificará para efectos de pago.

El pago de las estimaciones se efectuará por diferencia entre los levantamientos topobatimétricos de antes y después de dragar.

La periodicidad de levantamientos topobatimétricos para efectos de pago, deberán efectuarse mensualmente o como lo determine la Comisión.

Cuando en una zona de la obra que haya sido parcialmente recibida se detecten azolves, el Supervisor de Obra podrá ordenar al Contratista el re-dragado de dicha zona y los volúmenes restantes se adicionarán a las estimaciones para efecto de pago.

Cuando algún fenómeno meteorológico afecte las obras en proceso y/o terminadas pero aún no recibidas, el Contratista tendrá la obligación de extraer los volúmenes de material que adicionalmente se hubieran acumulado.

Mantenimiento de las zanjas.

El dragado se medirá y pagará por metro cúbico (m³) con aproximación de dos decimales. Estas actividades se realizarán en tres etapas en las cuales se determinará el número de metros cúbicos colocados según el proyecto y/u órdenes del Supervisor de Obra.

Para fijar el precio unitario de dragado el Proponente deberá tener en consideración:

Las distancias de tiro de los materiales de dragados.

El programa de operaciones que establece el orden a seguir en el dragado y tiro del material.

El acondicionamiento de las zonas de tiro para su funcionamiento correcto mediante la construcción, reparación y mantenimiento de bordos, drenes, alcantarillas, etc. y demás obras conexas que se hagan necesarias para contener el material en las zonas de tiro fijadas en el proyecto.

Los trabajos que resulte necesario hacer para tender, conectar, levantar y desconectar las líneas de tuberías de descarga flotantes y terrestres.

Los trabajos que resulten de las operaciones de carga, transporte y descarga de los materiales dragados.

Deben considerarse los bordos necesarios para la contención de los materiales producto del dragado; además, el importe que resulte de la reparación y mantenimiento de éstos, se prorrateará en el precio del dragado.

Cualquier daño ó perjuicio causado por error de maniobra o falta de prevención del Contratista por motivo de sus operaciones, a terrenos exteriores, terrenos colindantes, caminos, calles, propiedades, estructuras e instalaciones de cualquier tipo y/o azolves indeseables, será reparado de inmediato sin tener derecho a pago alguno adicional.

No se medirán para fines de pago los volúmenes de dragado fuera de las secciones especificadas en el proyecto.

Al Contratista le serán liquidadas las estimaciones parciales de la obra que vaya ejecutando, de acuerdo a las erogaciones mensuales que aparecen en el programa de trabajo y monto mensual de la obra.

Si el Contratista terminase el trabajo en un período menor al fijado en el programa, no alterará el calendario de erogaciones mensuales aprobado, pero las estimaciones se formularán sobre obra en avance para ser liquidada en el plazo correspondiente.

El cálculo que corresponde al volumen dragado a liquidar, será generado con base a las secciones transversales levantadas antes de dragar y el proyecto terminado después de dragar teniendo en

cuenta las tolerancias; aplicando la fórmula de áreas medias (Simpson simplificado) entre secciones transversales a distancias que puedan variar entre cinco y veinte metros, según sea requerido de acuerdo con la configuración y la naturaleza del terreno. Para fines de verificación de estimaciones estas secciones se representarán gráficamente y se enviarán juntamente con la estimación correspondiente a las oficinas de la Comisión. En todos los casos dichas gráficas tendrán elementos indicativos que muestren cadenamientos correspondientes referidos al proyecto, a fin de evitar posibles traslapes de volúmenes dragados estimados.

Aun cuando el material producto del dragado, sea cargado, transportado y depositado por medio de chalanes tolva en zonas dentro o fuera del proyecto, la medición de los volúmenes de obra dragados, para fines de estimación y pago, se realizarán en el lugar, como se indica en el párrafo anterior.

En ningún caso estimará la Comisión, dragados parciales que no estén efectuados a las profundidades y taludes de proyecto.

Cuando se registren deficiencias en el dragado, que den como resultado la obtención de dimensiones menores tanto en el plano vertical como horizontal en relación con el proyecto, no procederá la aprobación de la estimación hasta tanto no se efectúe el dragado complementario correspondiente.

Los precios unitarios estipulados en el catálogo de conceptos de trabajo, incluyen las erogaciones por parte del Contratista para sostener una planta de personal idóneo y eficiente que pueda llevar a cabo la realización del proyecto y cumplir satisfactoriamente, a juicio de la Comisión Federal de Electricidad con las siguientes actividades:

a) Personal Directivo.- Este personal estará capacitado para dirigir y manejar las actividades del Contratista, en tal forma que la obra cumpla con todos los requisitos, de programa y calidad como lo determina el programa y cumpliendo con las instrucciones que dé la Comisión.

b) Personal de Ingeniería.- Este personal estará capacitado para interpretar tanto los ordenamientos técnicos que indique la Comisión, como los planos y especificaciones del proyecto, y será en número suficiente para poder cumplir el suministro de líneas, niveles y dimensiones de detalle para la realización del dragado, a partir de los datos base de líneas y niveles que proporcione el Supervisor. El personal de la Comisión Federal de Electricidad tendrá opción para revisar estos trabajos en cualquiera de sus puntos y avances.

Se ratifica que la Comisión, al utilizar estos conceptos está pagando unidades de obra desarrollada; por lo que el contratista tomará las consideraciones y procedimientos constructivos de su estricta responsabilidad para garantizar las características especificadas en el proyecto.

Normas que se aplican:

Además de lo anterior, el concepto se ejecutará de acuerdo a los requerimientos aplicables de las últimas ediciones de los siguientes códigos y estándares.

Normas SCT 3.03.02.015 “Dragado”

Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

Nota: En caso de existir revisiones posteriores a los documentos enunciados anteriormente deben tomarse en cuenta.

ACTIVIDADES INCLUIDAS EN EL DRAGADO.

El Contratista debe ejecutar como mínimo las siguientes actividades:

Permisos necesarios.

Material.

Topografías

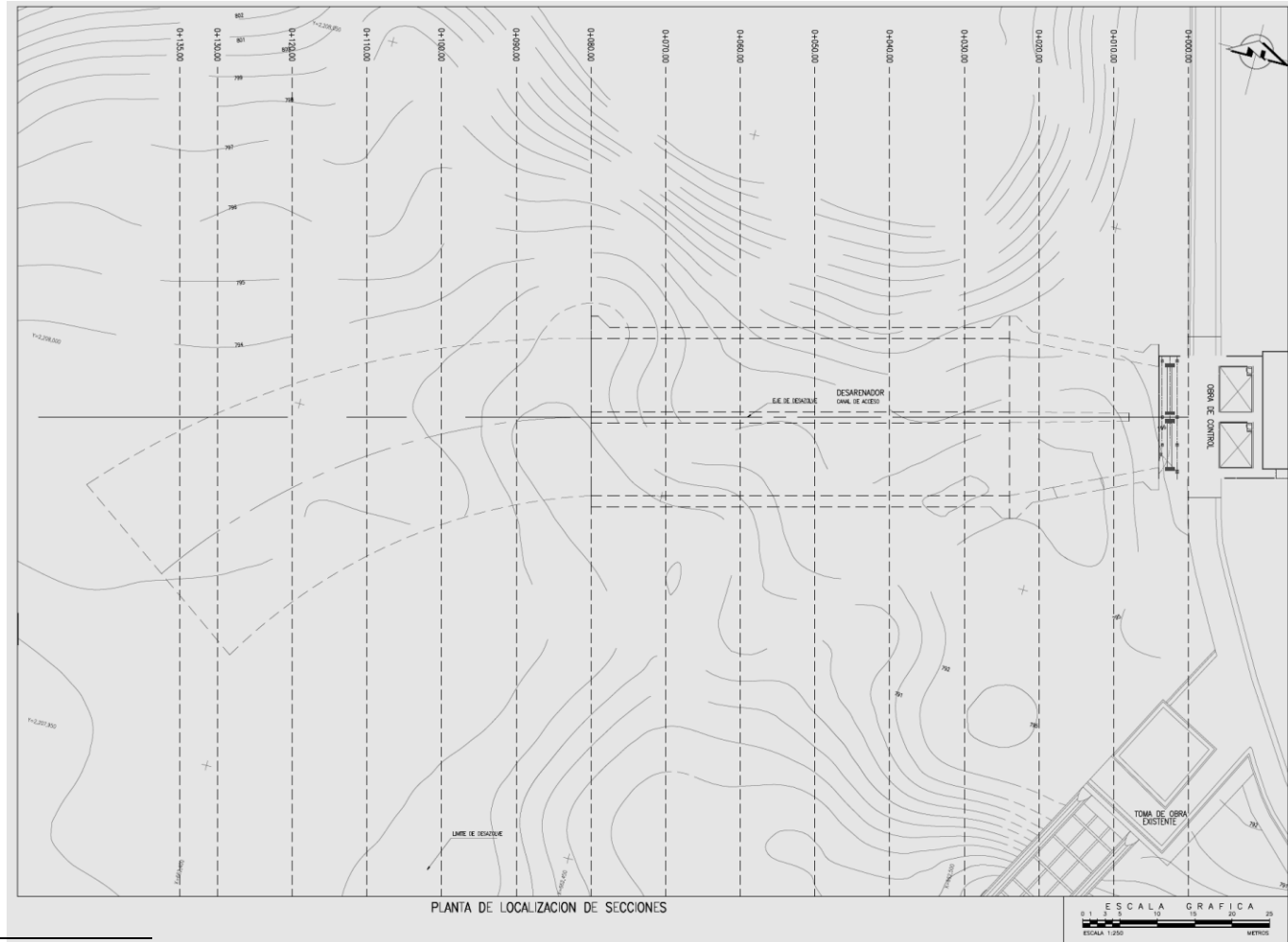
Batimetrías.

Equipo para dragado.

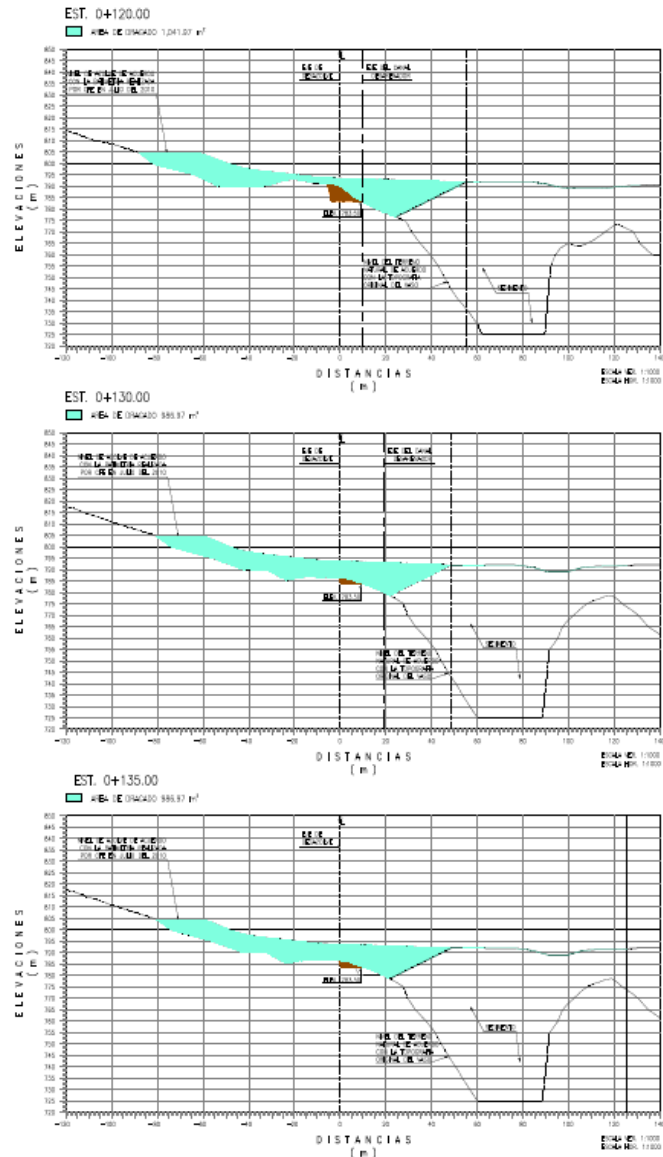
Extracción de derrumbes

3.3.2 Planos

9



⁹ Información obtenida de la Licitación Pública Internacional para la construcción de Nueva Obra de Toma con Desarenador en la presa La Soledad de la Central Hidroeléctrica Mazatepec, febrero 2015.



3.3.3 Volúmenes de obra

Levantamiento topo-batimétrico:	Área = 18,772.62 m ²
---------------------------------	--

DESAZOLVE					
ESTACION	AREA	AREA PROMEDIO	DISTANCIA	VOLUMEN PARCIAL	VOLUMEN ACOMULADO
0+000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010	7.26	3.63	10.00	36.30	36.30
0+020	38.85	23.06	10.00	230.55	266.85
0+030	369.54	204.20	10.00	2,041.95	2,308.80
0+040	667.88	518.71	10.00	5,187.10	7,495.90
0+050	780.83	724.36	10.00	7,243.55	14,739.45
0+060	698.02	739.43	10.00	7,394.25	22,133.70
0+070	493.00	595.51	10.00	5,955.10	28,088.80
0+080	1,221.84	857.42	10.00	8,574.20	36,663.00
0+090	1,484.81	1,353.33	10.00	13,533.25	50,196.25
0+100	1,416.96	1,450.89	10.00	14,508.85	64,705.10
0+110	1,108.34	1,262.65	10.00	12,626.50	77,331.60
0+120	1,041.97	1,075.16	10.00	10,751.55	88,083.15
0+130	986.97	1,014.47	10.00	10,144.70	98,227.85
0+130.5	986.97	986.97	0.50	493.49	98,721.34
DESAZOLVE EN LA TOMA ACTUAL					
ESTACION	AREA	AREA PROMEDIO	DISTANCIA	VOLUMEN PARCIAL	VOLUMEN ACOMULADO
0+000	599.20	0.00	0.00	0.00	0.00
0+005	583.58	591.39	5.00	2,956.95	2,956.95
0+010	572.34	577.96	5.00	2,889.80	5,846.75

0+015	572.06	572.20	5.00	2,861.00	8,707.75	
0+020	577.74	574.90	5.00	2,874.50	11,582.25	
TOTAL					110,303.59	m³

3.3.4 Programa de obra

CANTIDADES DE OBRA ESTIMADAS				FECHA														
No.	CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	ABRIL			MAYO			JUNIO			JULIO					
				MES 4	MES 5	MES 6	MES 7											
Desazolve																		
1	Retiro de Azolve																	
Camino de acceso (Margen Izquierda)																		
2	Camino de acceso																	
Estructura de contención																		
	Atagula																	
	Camino Auxiliar																	
Obras en el Dique																		
3	Demolición y desmantelamiento.																	
4	Reforzamiento del dique																	
Canal de Acceso																		
6	Exosvalón																	
8	Losa de piso																	
7	Muros laterales																	
8	Muro central																	
Traslación en el Canal de Acceso																		
9	Losa de piso																	
10	Muro lateral																	
11	Muro central																	
Estructura de Control																		
12	Losa de piso																	
13	Pila central																	
14	Muro lateral																	
16	Muro frontal																	
18	Losa de operación																	
17	Caseta de operación																	
Traslación en el Canal de Desoarga																		
18	Losa de piso																	
19	Muro lateral																	
20	Puente de comunicación.																	
Canal de Desoarga																		
21	Exosvalón																	
22	Losa de piso																	
23	Muro lateral																	
24	Trafamiento de taludes																	
Equipos y sistemas mecánicos en estructura de control																		
26	Sistema de agujas																	
28	Compuertas radiales																	
Nueva Obra de Toma																		
27	Estructura de Control. Losa de Piso																	
28	Estructura de Control. Muro Lateral																	
29	Estructura de Control. Muro Frontal																	
30	Estructura de Control. Losa de Operación																	
31	Estructura de Control. Caseta de Operación																	
32	Estructura de Control. Estructura de olerre																	
Conexión de la nueva obra de toma																		
33	Estructura de Conexión																	
34	Elementos de conexión																	
Nueva obra de toma. Equipos y sistemas mecánicos																		
36	Sistema de rejillas																	
38	Sistema de limpieza de rejillas																	
37	Sistema de agujas																	
38	Sistema de compuertas decilzantes																	
38	Subestación																	
40	Sistema de alumbrado																	
Actividades ambientales																		
41	Actividades ambientales																	
Sistema de Auscultación																		
43	Control altimetrico																	
EXCAVACIONES EN CUALQUIER MATERIAL EXCEPTO ROCA POR SEMANA				7448.55	7448.55	18416.22	18416.22	13643.47	2675.80	2675.80	2675.80	2675.80	2675.80	0.00	0.00	0.00	0.00	
EXCAVACIONES EN ROCA POR SEMANA				10827.18	11300.68	11300.68	12486.51	8622.76	9143.76	13418.76	13418.76	13418.76	12238.43	12238.43	12238.43	7963.43	0.00	0.00
PRODUCCIÓN SEMANAL DE CONCRETO				0.00	236.00	380.00	980.00	646.00	828.70	828.70	1182.70	1276.70	1877.78	2471.48	2681.48	2678.48	1860.21	1948.21
HABILITADO SEMANAL DE ACERO DE REFUERZO				0.00	0.00	2818.25	2818.25	7758.80	8682.00	8682.00	24987.54	33953.71	46088.55	54402.30	57500.21	58025.21	42515.80	42480.73
Equipo para excavación en cualquier material				0.53	0.53	1.32	1.32	0.97	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	-	-	-	-	
Equipo para excavación en roca				7.73	8.07	8.07	8.92	6.87	6.53	9.58	9.58	9.58	8.74	8.74	8.74	8.74	5.69	-

AGOSTO								SEPTIEMBRE								OCTUBRE								NOVIEMBRE																						
MES 8								MES 9								MES 10								MES 11																						
LAS OBRAS DE LA ESTRUCTURA DE CONTROL, NUEVA OBRA DE TOMA Y REFORZAMIENTO DEL DIQUE, DEBEN																																														

Retiro de azolve para la construcción de la nueva obra de toma con canal desarenador en la Presa Mazatepec de la C.H. Mazatepec.								
Etapa	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7
Preliminares								
Primera								
Segunda								
Tercera								
Cuarta								
Quinta								

Tabla 5. Programa de dragado

3.3.5 Planeación de los trabajos

La realización de los trabajos de dragado, consideran la siguiente secuencia de actividades:

- Traslado e instalación de draga: La draga será trasladada por tierra y armada en la zona de la obra con ayuda de dos gruas para luego con ayuda de estas mismas ser colocada dentro del cuerpo de agua de la presa adecuando primeramente y después utilizando la rampa de botado existente en la margen izquierda de la cortina de la presa.

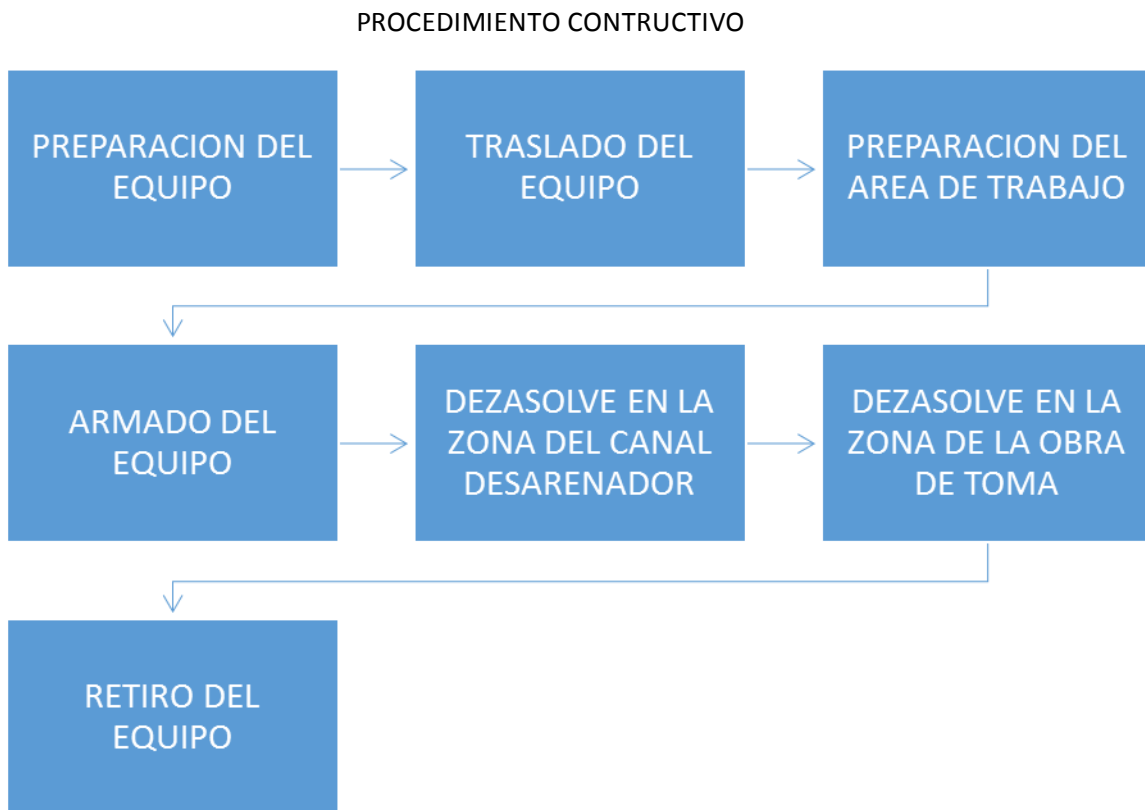


13

¹³ Fotografías de la obra, proporcionada por la empresa VELO Construcciones y Dragados S.A. de C.V., Mayo 2015.

- Levantamiento topobatimétrico inicial. Se realizara un levantamiento batimétrico actualizado, ya que el último levantamiento de la zona fue realizado en el año de 2010.
- Desazolve de material en la zona de construcción del desarenador, hasta descubrir el lecho rocoso. De acuerdo a la zona donde se desplantara el desarenador se tienen consideradas secciones de dragado con la información batimétrica del 2010, los cuales muestran las elevaciones y tipo de material que se espera encontrar.
- Disposición de material dragado en la zona de las compuertas del vertedor de demasías. Se colocara la línea de descarga para que el material se tire directamente al cauce del río y pueda diluirse un poco el material esto para evitar que el sedimento se concentre demasiado aguas debajo de la cortina.
- Control batimétrico con equipo de precisión para la correcta revisión de los niveles de dragado. Se realizaran batimetrías diariamente para llevar el control del volumen de material extraído.
- Retiro de draga. De acuerdo al programa en general de las actividades para poder retirar la draga se deberá esperar a que se terminen las actividades de cierre de obra de toma existente y conexión de la nueva obra de toma para poder retirar el ataguía y sacar la draga.

3.3.6 Procedimiento constructivo



Para la realización del dragado para desazolve se considerara en primer lugar que debe realizarse en dos zonas particulares:

- Dragado en la zona en la cual de construcción del canal de acceso.
- Dragado en la zona frente a la obra de toma, considerando como elevación mínima la cota 780.00 m, en la cual se pretende permitir el acceso continuo del agua por la obra de toma actual y así, permitir la continuidad en la generación.

En total, se considera necesario el dragado de 108,320 m³ de material compuesto por los sedimentos de la presa y dispuestos en las áreas citadas, de acuerdo con las líneas y niveles indicados en el proyecto. El periodo considerado para la realización de esta actividad considera su inicio en el primer estiaje del año 2014 y constituye una de las actividades críticas del proyecto.

El desazolve se realizará con draga estacionaria de 16" de succión, con motor de 1000 HP para manejo de bomba y sistemas hidráulicos.

Para la realización del desazolve la draga será trasladada a la zona de trabajo y se llevará hasta el vaso por la margen izquierda, en donde se utilizarán los caminos provisionales para acceso hasta la zona de las grúas móviles, las cuales la bajarán a la zona de agua de forma segura. También es posible considerar el acceso de la draga a la zona de agua por medio de los caminos provisionales y rampa de acceso; la opción elegida se realizará atendiendo a las posibilidades reales del sitio.

Asimismo, se consideran las siguientes posibilidades para la realización del dragado:

- Dragado en caso de que el nivel de agua en el vaso se encuentre en niveles superiores a la elevación 789.50 (elevación de la cresta vertedora de la obra de excedencias), para lo cual se deberá realizar el manejo de niveles en el vaso por medio de la apertura de la obra de excedencias, de tal forma que se proporcione el tirante mínimo requerido para la operación apropiada de la draga.
- En caso de que no exista el tirante de agua apropiado para la operación de la draga, el desazolve se realizará o complementará empleando medios mecánicos, por ejemplo, con la excavadora, montada en plataforma conformada en el sitio o plataforma flotante

Para el caso de desazolve mediante la utilización de la draga, el material producto del dragado se llevará por medio de las tuberías y ductos de descarga de la draga hacia las compuertas del vertedor de demasías. El desazolve considera el retiro del material de sedimento de consistencia suave y no considera dragado en roca.

De acuerdo a las necesidades de tiempo y espacio requeridas para las actividades de construcción del canal desarenador el dragado se dividirá en 5 etapas:

- Primer etapa: dragado en la zona de conexión con obra de toma existente
- Segunda etapa: dragado en la zona de los primeros 30 metros de canal desarenador y zona de obra de toma existente
- Tercera etapa: Dragado en la zona lateral de la obra de toma existente para preparar estructura de achique
- Cuarta etapa: Dragado de la zona del canal de llamada
- Quinta etapa: Dragado de bermas de estabilización y dragado en zona de la obra de toma existente

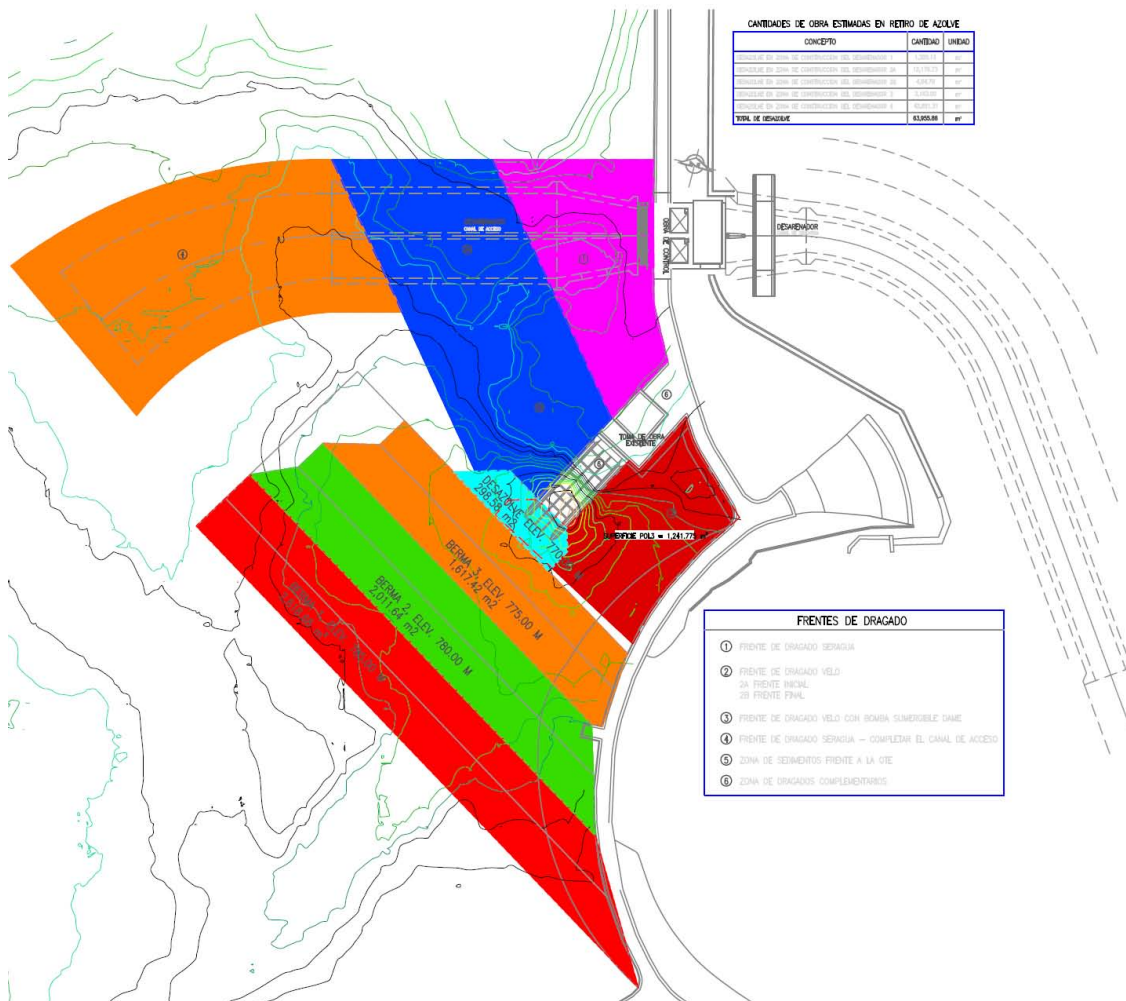


Figura 12. Planta general de los trabajos de dragado.

La primer etapa de dragado se realizara desazolvando la zona de intersección entre el canal de acceso y la obra de control del canal desarenador así como la zona de conexión de la obra de la obra de toma existente con la obra de toma actual; para este caso se trabajara con la draga de succión hasta una elevación promedio de 790 MSNM aunque la estructura se desplanta entre las elevaciones 780 MSNM y 779 MSNM por la pendiente, sin embargo de acuerdo al estudio de

mecánica de suelos, en promedio después de la elevación 790 MSNM se encuentran estratos rocosos que serán retirados por medio de excavaciones mecánicas.

Para abrir frente de trabajo y que puedan iniciarse los trabajos de excavación y posteriormente construcción del canal de acceso del canal desarenador, como segunda etapa se realizara el desazolve de los primeros 30 metros de canal de acceso; se dragara a una elevación promedio de 790 MSNM aunque la estructura desplanta en la 780MSNM nuevamente por la presencia de roca que será retirada por medio de excavaciones mecánicas.

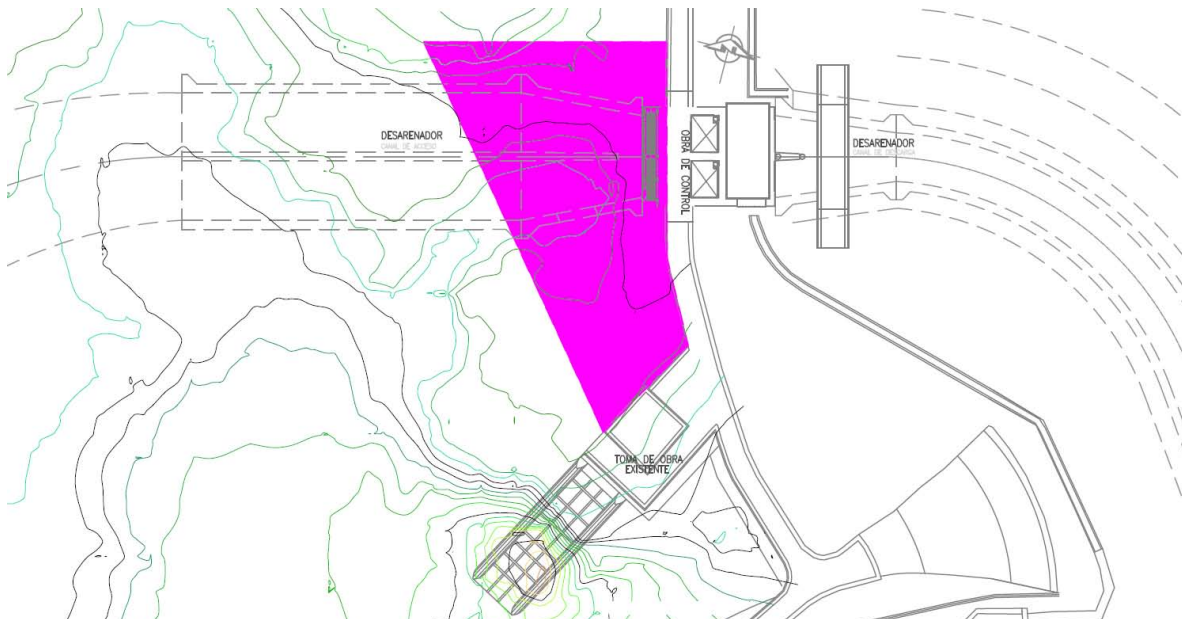


Figura 13. Primera etapa de dragado.

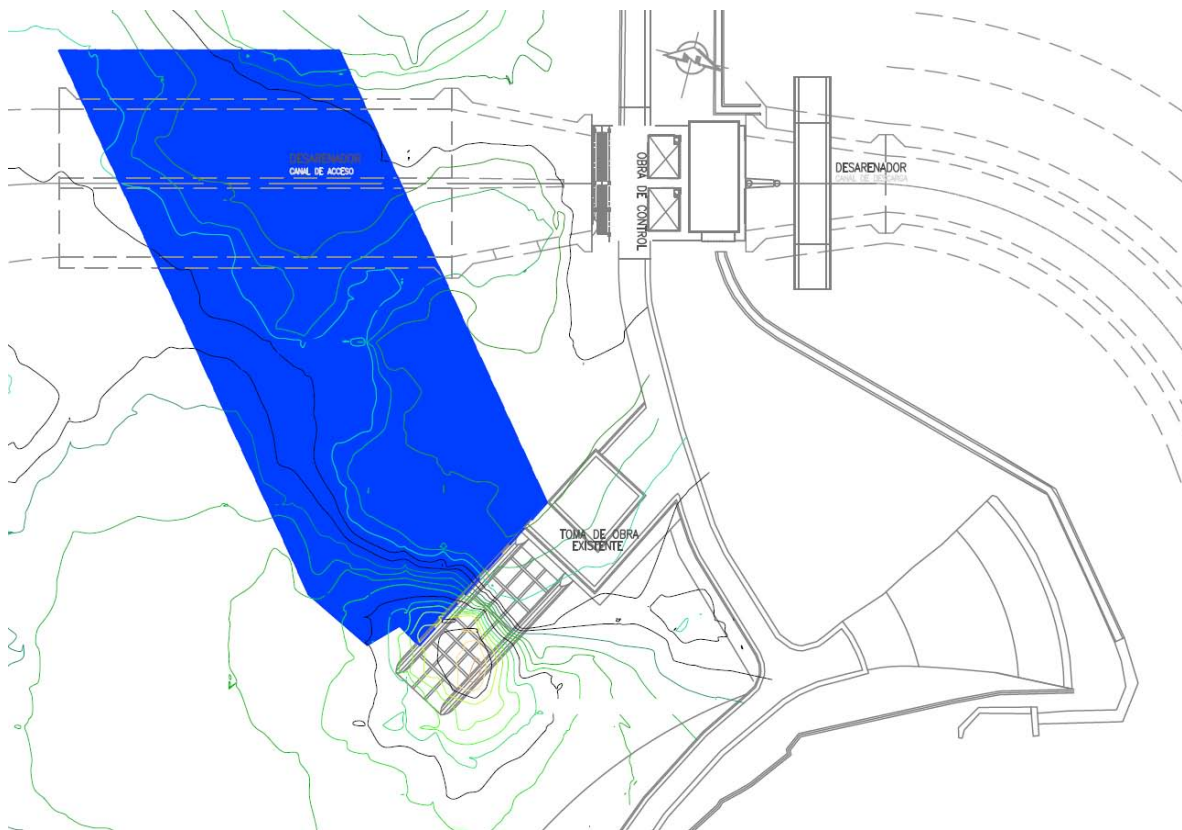


Figura 14. Segunda etapa de dragado.

La tercera etapa de dragado corresponde al retiro del material en la margen derecha de la obra de toma buscando hacer un cono de captación de aguas que se espera se filtren para achicarlas y poder realizar las obras de taponamiento y conexión de la obra de toma.

La cuarta etapa de dragado consistirá en el retiro del azolve del canal de llamada.

Durante la tercera y cuarta etapa de dragado se retirará el azolve nuevamente hasta encontrar el lecho rocoso, después del cual se retirará el material con excavaciones mecánicas.



Figura 15. Tercera etapa de dragado.



Figura 16. Cuarta etapa de dragado.

Para la quinta etapa de dragado se realizara el retiro de material de la zona frontal a la obra de toma existente, con el fin de crear bermas que den estabilidad al material y eviten derrumbes en las zonas de los trabajos en la obra de toma.



Figura 17. Quinta etapa de dragado.

3.4 Condiciones particulares de Dragado en lodos

Cuando se construye una presa se obstruye una corriente para formar el almacenamiento, con esto se reduce la velocidad del flujo y la mayor parte, o todo el sedimento transportado se depositará antes de llegar al vaso. Estos depósitos forma deltas, los cuales elevan el fondo del cauce

elevando la superficie del agua y el nivel de aguas freáticas, con los consecuentes desbordamientos, creándose frecuentemente inundaciones que afectan a las comunidades cercanas y la agricultura. Además provocan cambios morfológicos en el lecho, degradación de tributarios, salinización e la tierra, reubicación de contaminantes, afectando a la navegación, así como la creación de humedales entre otros. El problema aguas abajo del embalse se produce debido a los impactos actúan irreversiblemente; el impacto principal se manifiesta en la degradación del lecho y los bancos del río, debido a que el sedimento transportado por el río es parcial o totalmente retenido por el embalse. El hábitat de las especies tanto aguas arriba como aguas abajo puede ser alterado. Adicionalmente cuando las aguas superficiales erosionan la cuenca hidrológica, se origina la sedimentación. El sedimento se transporta aguas abajo, pero los embalses de la presa le impiden el paso por lo que se va acumulando, los materiales sedimentados pueden ser de cualquier variedad desde cantos rodados, gravas, arenas, arenas finas, limos y otros materiales cohesivos.

Las principales consecuencias del azolvamiento son:

- La reducción de la capacidad del control de avenidas y de generación
- Los sedimentos afectan la calidad del agua en el embalse
- Los depósitos incrementan su carga estática, su comportamiento estructural ante sismos y avenidas intensas

Por esto se hace necesario llevar a cabo la remoción de sedimento en embalses.

Una de las principales decisiones que hay que tomar en todo proyecto de dragado es el equipo que se va a utilizar para realizar la obra. La elección del equipo más adecuado depende de las características de la obra, y se busca la mejor solución posible tanto técnica como económicamente. Tradicionalmente, la elección ha estado siempre sujeta a la experiencia del maestro en dragado, sin embargo en la actualidad la elección del mejor sistema de dragado pasa por responder una serie de cuestiones. Se deben analizar las características del material a dragar, las condiciones del emplazamiento donde se va a realizar el trabajo, y el tipo de operaciones de dragado que se piensa realizar. Los cuatro puntos básicos que se deben estudiar antes de elegir el equipo de dragado, se pueden resumir de la siguiente manera:

- • Características del dragado en si: Es decir, el volumen de dragado, la profundidad de dragado y de vertido, la distancia a la zona de vertido, etc...
- • Características del material a dragar: El tipo de sedimento y el grado de contaminación. • Características del medio: Las condiciones meteorológicas o aspectos relacionados con el tráfico marítimo.
- • Tipo de maquinaria de que disponemos realmente La respuesta a todas estas preguntas permitirá seleccionar el equipo de dragado más adecuado para cada situación.

En los dragados en ríos, siempre que es posible se deposita el material en tierra. Sin embargo, en aquellos casos en que no hay superficie de tierra disponible, y el mar se encuentra demasiado

lejos, el vertido se realiza en el mismo cauce. El vertido se puede realizar en brazos abandonados del río, en pozas, o en los márgenes del río, estrechando de esta manera el cauce y mejorando sus condiciones hidráulicas. Otro sistema consiste en remover el fondo mediante la draga y confiar el transporte y el reparto del material puesto en suspensión a la corriente del río. En el dragado de material contaminado en zonas fluviales también se utiliza el aislamiento mediante sellado.

3.5 Estudios preliminares básicos necesarios

Emplazamiento. Permite determinar las condiciones de abrigo de la draga, levantamiento de estructuras que puedan entorpecer la operatividad de los equipos y necesidades de espacio navegable.

Estudio de mecánica de suelos. Permite conocer las características del terreno, que puede ser: terrenos sueltos, arcillas, rocas blandas, rocas duras. También muestra la homogeneidad del terreno, ya que permite identificar los distintos estratos de materiales y la distinta dureza de ellos así como identificar la existencia de bolos o lajas cementadas en el seno de los terrenos granulares, este estudio ayuda para la correcta elección de los equipos a utilizar y los rendimientos que se pueden obtener con dichos equipos de dragado.

Batimetría. Permite identificar y asociar las profundidades del terreno referidas a un plano de comparación definido inequívocamente. Para este estudio es necesario disponer de un sistema que permita conocer permanentemente las elevaciones de la marea. La batimetría permite además de identificar las profundidades del fondo el comportamiento o talud de reposo que tiene el material a dragar. En base a la geometría de la zona a dragar y las características del terreno natural se puede determinar el volumen a dragar.

3.5.1 Estudio medioambiental

Tanto en el diseño como en la ejecución del dragado es importante disponer de la información hidrodinámica, meteorológica y ambiental de la zona.

En cuanto a la información hidrodinámica, se deberá conocer el clima de oleaje y las variaciones del nivel medio del mar, puesto que de ello dependerá en gran medida la navegabilidad de la zona. Información relacionada con las corrientes resultará además de gran interés para seleccionar el tipo de vertido.

La caracterización meteorológica, entendida como el régimen de vientos dominante, puede resultar vital para descartar dragados en los que sea preciso utilizar el anclaje de las embarcaciones.

Finalmente, los aspectos relacionados con los biotopos de la zona, tanto en la zona de extracción como de vertido, pueden resultar determinantes a la hora de conceder la licencia de dragado. En

este sentido, la protección de determinadas especies es incompatible con este tipo de trabajos, por lo que se deberá tener un inventario preciso de los nichos ecológicos existentes.

3.5.2 Estudio geotécnico y geológico del material

Antes de proyectar cualquier obra de dragado es necesario disponer de información geotécnica sobre el material a dragar. Gracias a estos estudios podremos:

- Definir las características físicas y mecánicas del material a dragar.
- Determinar los volúmenes reales involucrados en el dragado.
- Establecer el grado de uso de los materiales dragados para otro tipo de actividades.

Esta información permitirá seleccionar el equipo de dragado más adecuado, estimando los rendimientos del mismo y las posibles sobrecavaciones.

Para describir con precisión los suelos, se recomienda utilizar el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), donde se distinguen los materiales en no cohesivos (o granulares), cohesivos y rocas. En general, de los suelos deberemos analizar su granulometría, límites de Atterberg, densidad, humedad y resistencia.

Cuando el material a dragar sean rocas nos interesará conocer su naturaleza, resistencia, estratificación, grado de alteración y diáclasis.

A continuación en la Figura 18 y la Figura 19 se presentan a modo de resumen los requerimientos geológicos de acuerdo al boletín No. 103 del PIANC¹⁴ necesarios para definir el material de dragado. El estudio geológico servirá para definir el tipo de material a dragar, su localización y volumen. Los requerimientos geotécnicos hacen referencia a las características físicas y mecánicas principales que habrá que estudiar, y que se obtendrán de la realización de ensayos. Más adelante veremos cuáles son los ensayos a realizar para cada tipo de material.

Suelos no cohesivos: La granulometría es la propiedad más característica de los suelos, puesto que determina aspectos tan dispares como el grado de abrasión sobre las tuberías, la eficiencia del dragado (por pérdida de finos) y la potencia de las bombas de succión (en caso de utilizar dragas hidráulicas).

Los ensayos más frecuentes para caracterizar este tipo de suelos son los análisis granulométricos y los ensayos de penetración estándar (SPT).

El análisis granulométrico consiste en separar y clasificar por tamaños las partículas que forman el material. En suelos gruesos suele realizarse mediante tamizado, que consiste en hacer pasar el suelo por una serie de tamices de aberturas conocidas y se registra el % de partículas retenidas en

¹⁴ PIANC NAVIGARE NECESE. THE WORLD ASSOCIATION FOR WATERBORNE TRANSPORT INFRASTRUCTURE.

cada tamiz. Para analizar la porción fina del suelo se utiliza una columna de sedimentación, donde la distribución granulométrica se determina a partir de la velocidad de caída de las partículas, que es función de su tamaño. Este ensayo está basado en la ley de Stokes, que rige la caída libre de una esfera en un líquido.

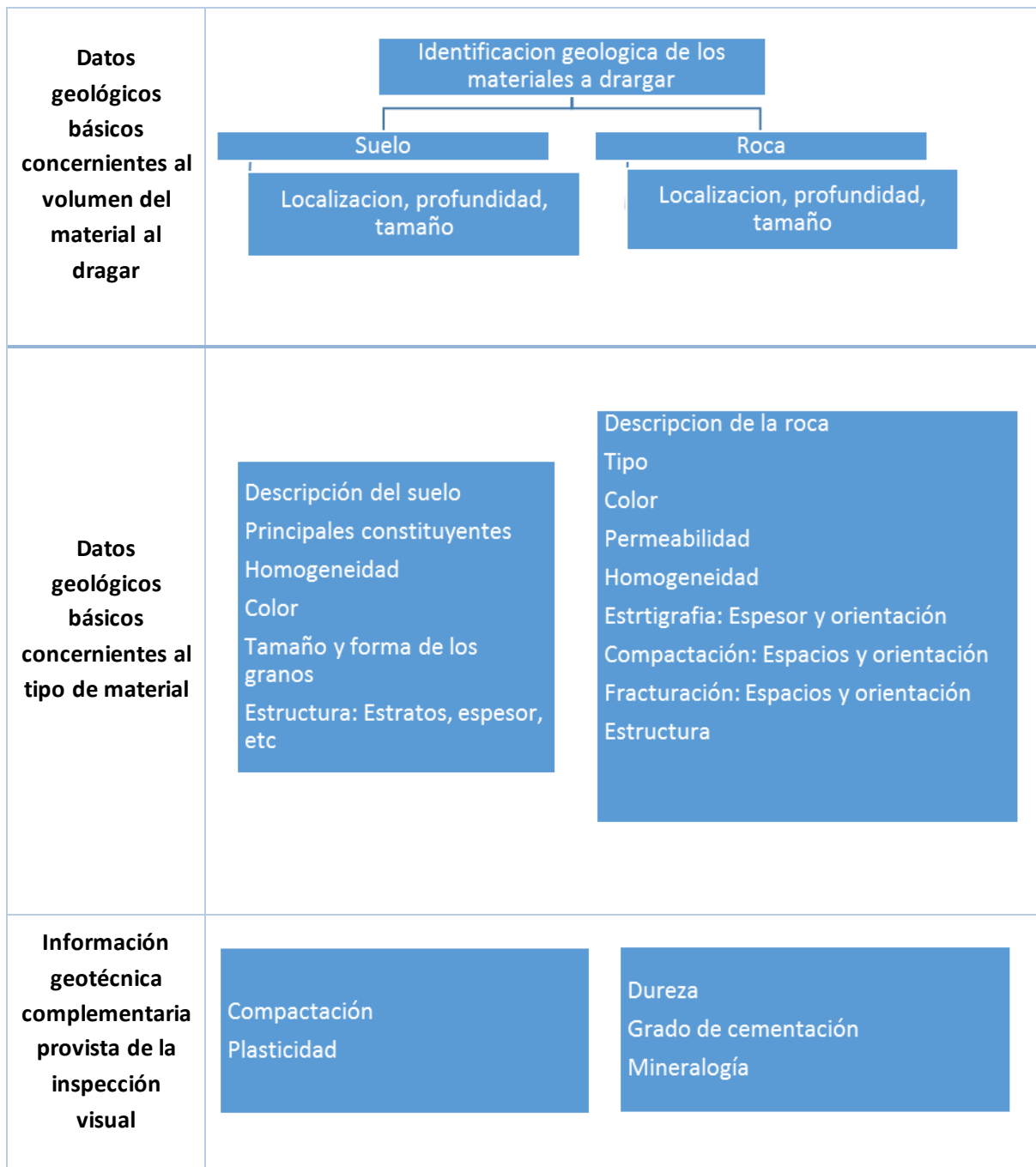


Figura 18. Requerimientos geológicos necesarios. (PIANC. Bulletin nº103, 2000)

Datos Requeridos						
	Características del material en sitio (nota 1)	Métodos de Producción y excavación	Métodos de producción y transporte	Abrasión (costos de trasportación y desgaste)	Uso Como Relleno	Estabilidad del Talud de Dragado
Suelos Cohesivos	Distribución del tamaño de las partículas	X		X Nota 3	Nota 2	
	Dureza	X	X		Nota 2	X
	Plasticidad/Contenido de Agua	X	X		Nota 2	
	Densidad en sitio	X			Nota 2	X
	Mineralogía			X Nota 3	Nota 2	
	Peso Especifico		X		Nota 2	
	Contenido de Gas	X	X		Nota 2	
	Propiedades Reológicas	X (Suelos Suaves)	X (Suelos Suaves)		Nota 2	
	Contenido Orgánico	X	X		Nota 2	
Suelos no Cohesivos	Distribución del tamaño de las partículas	X	X	X	X	
	Densidad Relativa	X				X
	Características de Compactación				X	
	Densidad en sitio	X	X			
	Mineralogía		X	X		
	Peso Especifico		X	X		
	Angularidad y Redondez	X		X		
	Permeabilidad	X				
	Contenido Orgánico				X	

Rocas	Resistencia del material	X (Nota 4)	X	X		X
	Resistencia de la masa	X (Nota 4)				X
	Elasticidad	X (Nota 4)				
	Mineralogía	X (Nota 4)	X	X		
	Estructura	X (Nota 4)	X	X		X
	Densidad	X (Nota 4)	X	X		

15

Figura 19. Requerimientos geotécnicos necesarios. (PIANC. Bulletin nº103, 2000)

El Test de Penetración Estándar, o SPT, es el más común de los ensayos “in situ”. Es un ensayo recomendado para obtener la compacidad de las arenas en profundidad. El SPT consiste en hincar una toma muestras en el terreno a analizar con una maza de 63,5 Kg que se deja caer libremente desde una altura de 76.2 cm. Se hincan las tomas muestras un total de 60 cm. El índice N del SPT se define como el número de golpes necesario para avanzar los 30 cm centrales de terreno. Una vez realizado el ensayo se puede obtener una muestra de material atravesado.

El índice N del SPT se puede relacionar con la compacidad del terreno (Terzaghi y Peck, 1948). La relación entre estos dos parámetros se muestra en la siguiente tabla, tomada de las Recomendaciones de Obra Marítimas (ROM), 1994.

Compacidad de arenas	Índice N del SPT
Muy flojas	0 - 4
Flojas	4 - 10
Medianamente densas	10 – 30
Densas	30 – 50
Muy densas	Mayor que 50

Suelos cohesivos: Los parámetros utilizados para caracterizar los materiales cohesivos son la compresibilidad, la cohesión interna y el grado de adhesión a otros materiales o superficies. A veces, este tipo de suelos sólo se puede dragar por medios mecánicos, aunque en caso de que puedan ser fluidificados puede resultar útil el uso de métodos hidráulicos.

¹⁵ Ídem

Así, una de las variables características que define este tipo de materiales es la resistencia al corte sin drenaje. Uno de los test más utilizados para obtener este parámetro es el Test de Penetración con Cono o CPT. Este ensayo consiste en introducir en el terreno una serie de varillas cilíndricas con un cono en la base a una velocidad constante. Se realizan mediciones, de manera continua o a intervalos de profundidad determinados, de la resistencia a la penetración del cono (q_c). A partir de estos resultados se pueden definir parámetros tales como el grado de consistencia de los suelos como se muestra en la siguiente tabla.

La resistencia al corte sin drenaje S_u se define

$$S_u = \frac{1}{N_k} (q_c - \sigma_v)$$

donde N_k es el factor adimensional de escala, q_c es la resistencia de avance del cono, que se obtiene dividiendo el esfuerzo axial que actúa en el cono por la sección máxima del cono, y σ_v es la presión vertical total al nivel del ensayo.

Consistencia de las arcillas		S_u (kN/m ²)
Muy blanda	Al apretarla se escurre fácilmente	<20
Blanda	Fácil de moldear	20 - 40
Firme	Requiere esfuerzo para moldear	40 – 75
Rígida	No se puede moldear	75 – 150
Dura	Difícil de rayar con la uña	>150

Tabla 6. Clasificación de los suelos cohesivos, (ROM 0.5-94, 1994)¹⁶

Rocas: Independientemente de su origen, no son materiales que se puedan dragar fácilmente. Las propiedades básicas para caracterizar su dragabilidad son la resistencia a compresión simple, la fracturación, el grado de meteorización y la abrasividad.

El ensayo de compresión simple tiene por finalidad medir la resistencia de la roca a la compresión uniaxial, es decir, sin confinamiento; utilizando para ello testigos de una relación longitud/diámetro de 2:1. En la siguiente Tabla se presentan los valores utilizados para clasificar las rocas según su resistencia.

Hay que tener en cuenta que parámetros tales como el grado de fisuración o el tipo y número de diáclasis, resultarán fundamentales para definir la dragabilidad del material, ya que harán disminuir considerablemente su resistencia.

¹⁶ Recomendación de Obras Marítimas, publicación No. 5, 1994.

Término	Resistencia a compresión simple (MN/m ²)
Muy débil	<1.25
Débil	1.25 – 5
Moderadamente débil	5 – 12.5
Moderadamente resistente	12.5 – 50
Resistente	50 – 100
Muy resistente	100 – 200
Extremadamente resistente	>200

Tabla 7. Descripción de la resistencia de rocas. (ROM 0.5-94, 1994)

Métodos de reconocimiento geotécnicos: Para caracterizar el material de dragado se deben realizar una serie de ensayos, bpreferiblemente “in situ”. Habrá que definir unas campañas de medidas donde se especificarán aspectos tales como la densidad de muestreo o el tipo de ensayos a realizar. Las medidas se pueden tomar según métodos directos o según métodos indirectos.

Los métodos directos consisten en tomar muestras del material a dragar. Es una operación discreta en la que se debe especificar el espaciamiento entre puntos de muestreo, que se recomienda que sea inferior a los 20 ó 50 m siguiendo las alineaciones de interés. Las muestras deberán atravesar por completo las capas que se quiere describir (especialmente si son de tipo limo o arcilla), como regla el doble de la profundidad prevista en el dragado, aunque si el basamento que se encuentra es tipo roca una penetración de 2 a 6 m será suficiente. Los métodos directos más usuales de toma de muestras en el mar son los que se describen en la siguiente tabla:

Formas de realizar sondeos mecánicos		
Tipo	Descripción	Campo de aplicación
Sondeo Helicoidal	Hinca continua por rotación de un hélice	Suelos de consistencia blanca y media. No permite tomar muestras inalteradas salvo en aquellos casos en que el eje de la hélice es hueco
Hinca de tubos	Avance de una tubería hincada por percusión o por vibración y extracción de detritus con una pequeña	Suelos de consistencia blanda y media. Permite ejecución de ensayos en el sondeo y toma de muestras inalteradas

	cuchara	
Rotación con corona ciega	Avance a rotación o rotopercusión con martillo en cabeza o en fondo	Suelos duros y rocas. No permite la toma de muestras. Se puede utilizar para avanzar la perforación entre dos puntos donde interesa tomar muestras con otro procedimiento
Rotación con batería portatestigos	Avance a rotación con corona hueca	Suelos firmes y rocas. Permite tomar muestras y recuperación continua de testigos de la perforación

Métodos indirectos: son utilizados cuando el área de estudio es muy grande y la toma de muestras resulta incosteable pues requeriría de una amplia infraestructura y grandes tiempos de ejecución. En la siguiente tabla se presentan las técnicas de prospección más comunes para la caracterización de suelos con métodos indirectos; entre estos métodos destaca la sísmica de reflexión, que se fundamenta en la velocidad de propagación de un pulso por medios de distintas densidades y que se traduce en tiempos de emisión-recepción distintos según el material atravesado por la onda y que suele ser utilizado en la elaboración de mapas isopacas.

Ocasionalmente, técnicas como la gravimetría son utilizadas para la localización de tuberías o cableados en dársenas interiores que por su antigüedad no suelen estar documentados y que pueden dificultar enormemente las operaciones de mantenimiento de calados.

Resumen de los métodos geofísicos más utilizados en reconocimientos geotécnicos			
Nombre	Parámetros que se obtienen	Aplicación	Limitaciones
Sísmica de refracción: Determinación de tiempos de llegada de ondas generadas por impactos o pequeñas detonaciones a puntos situados a distintas distancias. Puede hacerse en superficie o en sondeos (up-hole o down-hole) o entre sondeos (cross-hole)	Curvas distancia tiempos de llegada (dromocrónicas)	Determinación aproximada de fondos rocosos en depósitos de suelos Determinación de la potencia de alteración en macizos rocosos. Estimación de propiedades del terreno en función de las velocidades de propagación.	Posibles áreas de sombras provocadas por estratos flojos. Profundidades máximas de reconocimiento del orden de 20 m

Sísmica de reflexión: Registro de eco reflejado por el terreno a ondas de presión generadas en superficie	Imagen de la estructura geológica del terreno	Determinación aproximada de fondos rocosos. Generalmente se aplica para explotar profundidades superiores a 500 m	Las ondas reflejadas y refractadas pueden interferir y complicar la interpretación
Sonar: Registro de los tiempos de llegada de las ondas sonoras provocadas en el agua y reflejadas en el fondo y en el sustrato rocoso	Tiempos de llegada de ecos	Determinación de calados y espesores de suelos blandos sobre fondos rocosos	Determinación previa de la velocidad de propagación de las ondas en el suelo que recubre el fondo rocoso
Geofísica eléctrica: Medición de la intensidad de la corriente y la caída de potencial entre distintos puntos del terreno inducida mediante unos electrodos	Intensidad de corriente y diferencias de potencial para distintas configuraciones del sistema	Estimación del tipo de terreno en función de las resistividades calculadas al interpretar los datos. Aplicación hasta profundidades de unos 20 m	Escasa correlación entre la resistividad y el comportamiento mecánico del terreno
Gravimetría: medición precisa de la aceleración de la gravedad en distintos puntos	Variaciones de la aceleración de la gravedad	Detención de grandes variaciones de densidad (huecos, fallas, domos, etc.)	Poco preciso para trabajos geotécnicos

3.5.3 Estudio batimétrico de la zona

Para poder calcular de forma precisa los volúmenes disponibles y delimitar las zonas tanto de dragado como de vertido, es imprescindible tener un buen conocimiento del fondo marino. Esta información no suele estar disponible, por lo que resulta necesario realizar una campaña batimétrica que debe contener la siguiente información:

- Profundidad del fondo en varios puntos de medida convenientemente espaciados.
- Posición planimétrica de estos puntos.
- Medidas de las variaciones del nivel medio del mar.

Se debe incluir también la definición de todo tipo de obstáculos que puedan representar un peligro para la operación, como emisarios o canalizaciones, cableados, o salientes de escolleras.

Medida de la profundidad: En la actualidad el uso de ecosondas para reconocer el relieve marino está ampliamente extendido, llegando a determinar profundidades superiores a los 5,000 m, valor muy por encima a los requeridos en operaciones de dragado. El principio de funcionamiento de la ecosonda es la determinación del tiempo transcurrido entre el envío de la señal desde el transductor hasta que es alcanzada por el receptor después de reflejarse en el fondo. De esta manera, la ecosonda permite medir la profundidad tanto del fondo como de cualquier objeto sumergido en el mar.

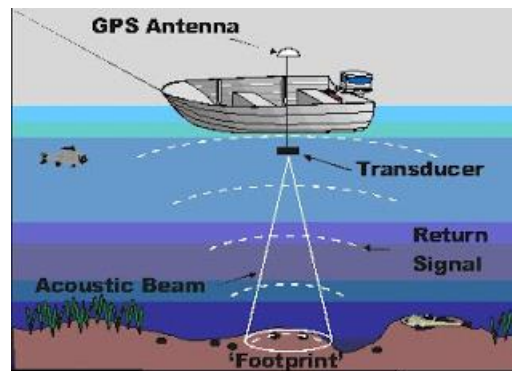


Figura 20. Principio de la ecosonda.¹⁷

El retardo del pulso sonoro enviado y recogido por el receptor permite calcular la profundidad siguiendo la siguiente ecuación:

$$P = (V_s * t) / 2$$

donde t es el tiempo de retardo en segundos, V_s la velocidad del sonido ($V_s = 1500\text{m/s}$) y P es la profundidad. La división por dos se utiliza para tener en cuenta el viaje de ida y vuelta del impulso en el agua.

Es importante realizar una correcta calibración de la ecosonda, donde uno de los factores básicos es la determinación de la temperatura y la salinidad del medio en el que nos encontramos, puesto que repercuten directamente en la velocidad de propagación de la señal. Estos dos parámetros tienden a cambiar a lo largo del día, según la estación, la marea, la precipitación y la profundidad, por lo que deberá calibrarse la ecosonda como mínimo una vez al día, y al comenzar y al finalizar la campaña batimétrica.

Los equipos de sondeo varían fundamentalmente en la frecuencia alcanzada por sus pulsos sonoros, quienes a su vez determinan la resolución de los resultados y la capacidad de penetración en el fondo. Para trabajos de dragado se requieren frecuencias de onda de 33 kHz a 210 kHz. Las frecuencias altas son inmediatamente reflejadas por la primera capa de sedimentos, por lo que sólo aportan información acerca de la superficie del fondo. Por el contrario, las frecuencias bajas

¹⁷ Trabajo sobre Técnicas de Dragado, 2013.

penetran más en el terreno y son reflejadas por las capas de sedimento inferiores. La Figura muestra la penetración de las ondas en el terreno en función de su frecuencia.

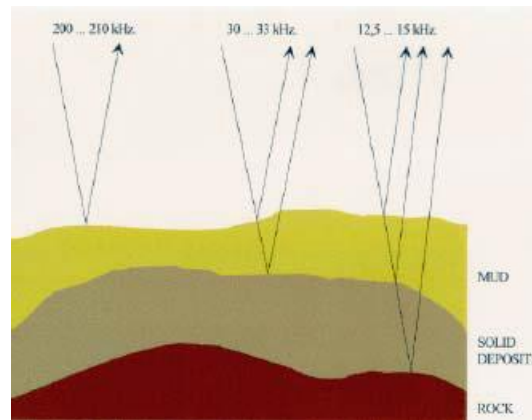


Figura 21. Penetración de las ondas en el terreno en función de su frecuencia

La precisión en las medidas de profundidad debe ser inferior a 1% aunque este valor es imposible de alcanzar en zonas poco profundas o en zonas de rotura. Para minimizar el error, los trabajos deberían realizarse preferiblemente en condiciones de aguas tranquilas con alturas de ola inferiores a 1 m. La velocidad de navegación no debe superar los 5 nudos (2-3 nudos suele ser lo habitual).

Para caracterizar correctamente la zona de extracción o de vertido, se recomienda que las líneas batimétricas presenten un espaciamiento de entre 5 y 250 m, según la regularidad del fondo.

Posición planimétrica: A la vez que se mide la profundidad, hay que tomar la posición planimétrica de los puntos. Para escoger el sistema de posicionamiento más adecuado se debe tener en cuenta a la superficie a cubrir, las condiciones de visibilidad y la densidad de tráfico marítimo. El sistema de posicionamiento utilizado en operaciones de dragado y que garantiza una alta precisión es el GPS diferencial.

El sistema de posicionamiento global (GPS) es un sistema de posicionamiento basado en satélites y operado por el departamento de defensa de los Estados Unidos. Este sistema suministra información de hora y posición 24 horas al día. La precisión de la posición GPS oscila entre 100 metros y algunos centímetros, dependiendo del equipo y de las técnicas utilizadas, pero este valor es demasiado elevado para este tipo de trabajos. Desde su creación hasta el 1 de mayo de 2000, el sistema GPS incorporaba un error intencionado: la disponibilidad selectiva. La disponibilidad selectiva está controlada por el departamento de defensa de los Estados Unidos para limitar la precisión a los usuarios no pertenecientes al gobierno o defensa estadounidenses y consiste en hacer oscilar el reloj del satélite y manipular los datos enviados por las efemérides de los satélites.

El GPS diferencial se construyó para disminuir este error y mejorar así la precisión del sistema. Desde mayo de 2000, el gobierno de Estados Unidos mantiene la precisión, salvo en las zonas o momentos en que por razones de seguridad así se requiera.

El equipo de trabajo básico en operaciones de dragado consiste en un GPS móvil que se sitúa en la embarcación encargada de realizar la batimetría y que hace de receptor, y un GPS diferencial estacionario que está situado en un punto conocido de tierra.

Esta estación de referencia relaciona cada posición de satélite y hora con una referencia común. Como la estación de referencia conoce su posición exacta en latitud, longitud y altura, calcula las correcciones del satélite y transmite los datos corregidos al receptor móvil (ver Figura 3. 3). La precisión obtenida con este sistema es de menos de un metro.

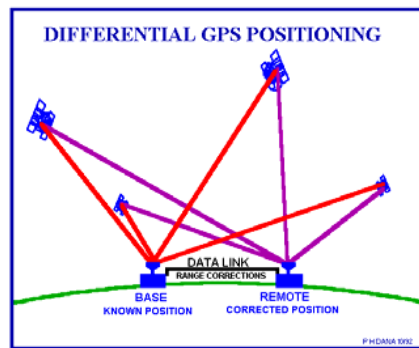


Figura 22. Esquema de funcionamiento de GPS diferencial.

Medida del nivel del mar: Finalmente, durante la campaña batimétrica se deben registrar también las variaciones del nivel medio del mar, aunque nos encontremos en una región micro mareal. Los mareógrafos se pueden clasificar en tres grupos según el sistema que utilizan para calcular el nivel del mar, distinguiendo así entre mareógrafos de flotador, acústicos o de presión.

Los mareógrafos de flotador permiten la lectura directa del nivel del agua en todo momento, pero requieren una instalación algo laboriosa y son poco prácticos lejos de la orilla.

Los mareógrafos acústicos están situados de forma fija sobre el nivel del mar. Estos instrumentos lanzan un pulso acústico hacia el agua, de forma que rebota en la superficie y mediante el cálculo del tiempo transcurrido entre el lanzamiento y la recepción del pulso reflejado se obtiene la distancia que existe entre el sistema y el nivel del mar.

Los mareógrafos de presión realizan la medida del nivel del mar mediante un sensor de presión que se instala a una cierta profundidad. Las variaciones de presión registradas se pueden convertir en variaciones de nivel mediante la ecuación hidrostática:

$$P = \rho * g * h$$

donde P es la presión hidrostática, ρ la densidad del fluido, g la aceleración de la gravedad y h la altura del fluido.

La ventaja de este tipo de sensor respecto a los anteriores es que pueden ser utilizados con independencia de sistemas fijos en tierra, pudiendo utilizarse en mar abierto.

4 Ejecución de los trabajos de dragado

La finalidad de ejecutar trabajos de dragado es mantener o aumentar la profundidad de un embalse, poniendo en suspensión los materiales finos que se han asentado dentro del mismo, trasladándolos hasta una zona situada fuera del embalse y depositándolos en alguna zona previamente elegida. Generalmente se usan equipos mecánicos o hidráulicos para hacer el trabajo, los equipos mecánicos tienen menor rendimiento pero tienen la facilidad de poder manejar mayor variedad de materiales para retirar; los equipos hidráulicos tienen mayor rendimiento pero se requiere que los materiales estén diluidos para poder ser transportados. Las dragas de succión se utilizan comúnmente para materiales cohesivos con buenos rendimientos además de realizar el transporte de materiales por medio de tuberías directo al sitio de vertido.

Durante la realización de los dragados hay que controlar los siguientes aspectos:

- Geometría del dragado:
- Se dispondrá de las bases de replanteo, debidamente comprobadas.
- Se determinará la cota de referencia de forma inequívoca.
- Se obtendrán datos batimétricos de las zonas dragadas y aquellas que puedan ser afectadas por el dragado, de forma continuada, a partir de los equipos existentes en la draga o mediante equipos auxiliares.
- Se comprobará que los taludes finales corresponden a los proyectados.

Se comprobará que se ha llegado al estrato previsto cuando la finalidad del dragado sea alcanzar terrenos competentes que permitan cimentar sobre ellos.

El dragado es una actividad de excavación. Parte de esta operación suele llevarse a cabo debajo del agua, en mares poco profundos o en áreas de agua dulce, con el fin de recoger los sedimentos del fondo y disponer de ellos en un lugar diferente. Además de utilizarse para mantener las vías marítimas navegables, también se utiliza como una forma de reponer la arena en algunas playas públicas, donde también se ha perdido mucha arena a causa de la erosión costera. Una draga es un dispositivo para raspar o succionar en el fondo del mar. El proceso de dragado crea un exceso de material, es decir, puede producir materiales para la recuperación de tierras o para otros fines, por lo general relacionada con la construcción. Una de las desventajas del dragado, es que puede crear distorsiones en los ecosistemas acuáticos, en ocasiones con efectos adversos.

El dragado es llevado a cabo para crear un puerto nuevo o puesto de atraques fluviales, o para profundizar las instalaciones existentes, a fin de permitir mayor acceso de los buques, desplantar nuevas estructuras, etc. Debido a obras de infraestructura, por lo general se involucran materiales para trabajos más duros y/o de alto volumen, el trabajo se hace generalmente utilizando una draga de succión con cortador. Estos equipos pueden ser utilizados pero para el trabajo de perforación y voladura de rocas, junto con la excavación mecánica en caso de estratos más resistentes. El dragado también puede ser utilizado de manera preliminar para luego realizar

trabajos como: la excavación en puentes, muelles o diques, es relacionada con el trabajo de la fundación.

Mantenimiento: el dragado es utilizado mayormente para profundizar o mantener las vías navegables o canales que sufren amenazas con convertirse en sedimentado con el paso del tiempo, debido a la arena y el lodo. Esto se lleva a cabo con una draga de succión con una tolva final. El dragado también puede llevarse a cabo para mantener la capacidad de retención de los embalses o lagos. Recuperación de tierras: el dragado para arena de mina de arcilla o de rocas de lecho marino y su utilización para la construcción de nuevas tierras en otros lugares se realiza típicamente por una draga de corte y succión, o una draga de succión arrastrada por la tolva. El material también puede ser utilizado para controlar las inundaciones o la erosión. Regeneración de playas: consiste en trasladar la arena de la minera al mar o a una playa para sustituir la arena erosionada por las tormentas o la acción de las olas. Esto se hace para mejorar la función recreativa y la protección de las playas, que puede ser erosionada por la actividad humana o por las tormentas. Esto se realiza típicamente por una draga de corte y succión.

4.1 Traslado e instalación de equipos

Debido a los costos de traslado y armado de los equipos es muy importante tomar en cuenta que todos los requerimientos necesarios para el armado de la draga sean suministrados a tiempo para evitar contratiempos y optimizar las actividades. Es importante para esto tomar en cuenta que los requerimientos están en función de las dimensiones de los equipos y los tiempos considerados para dichas actividades. Muchas veces un equipo de mayores dimensiones permite tener rendimientos de dragado mayores, realizando los trabajos de manera más rápida, sin embargo los costos y tiempos de traslado y habilitado del equipo pueden ser mayores también.

La draga que se utilizara en los trabajos de dragado necesarios para la construcción de la nueva obra de toma con canal desarenador es una draga estacionaria de succión con cortador, accionada por zancos y winches de bandeado para lograr un barrido uniforme en el área azolvada. Equipada con escala del cortador para un dragado efectivo de hasta 8 metros por debajo del espejo de agua. La bomba de dragado tiene en succión y descarga 16" de diámetro, es accionada a través de un reductor con la relación adecuada por un motor de 1100 HP de potencia. Con el cual utiliza 750 HP para el reductor del cortador y 225 HP para mover los sistemas hidráulicos y servicios auxiliares. La draga esta matriculada y cuenta con certificado nacional de seguridad marítima vigente, certificado de estanqueidad todos ellos emitidos por la Dirección general de Puertos y Marina Mercante, así como la inscripción en el registro público marítimo nacional y el certificado de libertad de gravamen.

Para el traslado por tierra de la draga se requiere desarmar primero el equipo, quedando dividido en los siguientes componentes principales:

- Cuarto de máquinas

- Pontones lado babor
- Pontones lado estribor
- Zancos
- Escala

En este caso en particular el equipo de dragado se trasladó por medio terrestres, utilizando un lowboy para el traslado del cuarto de máquinas, una plana para los pontones lado estribor, una para los pontones lado babor y una más para la escala y los zancos.



Figura 23. Desarmado de draga y colocación en vehículos para su traslado.

Para llegar a la presa y como ya se ha comentado antes se utiliza la carretera federal 129 en el poblado de Amozoc, se llega al poblado de Tlatlauquitepec, Puebla y de ahí por un desviación; aproximadamente a 5 km de la presa se encuentra el puente la soledad, el cual de acuerdo a análisis estructurales y físicos realizados a dicho puente se determinó que para poder realizar el cruce de los equipos salvaguardando la funcionalidad debía ser reforzado. Todas estas operaciones implican actividades preliminares a los trabajos de dragado que deben ser consideradas en el tiempo de ejecución de los trabajos.

Es importante mencionar que debido a las dimensiones de los componentes de la draga deben tramitarse permisos especiales por exceso de dimensiones para la mayoría de los vehículos en los que se realizara su traslado para que puedan transitar por las carreteras federales.

Para la carga de los componentes de la draga se utiliza una grúa de mínimo 50 toneladas o dos grúas de 30 toneladas, siendo la segunda opción la más recomendable, pues permite mayor movilidad de los equipos apoyándose entre ellos para las maniobras.



Figura 24. Reforzamiento del puente la Soledad.

.Una vez que se tiene programado el arribo de los componentes de la draga a la zona de la obra, se debe prever contar con el espacio necesario para la entrada de los vehículos que los trasportan, la colocación de las grúas y con espacio suficiente de holgura para realizar las maniobras necesarias.

Se despejaron las zonas para permitir la entrada de las planas y el low boy, el posicionamiento de las grúas para el desembarque de los componentes de la draga. Primero se posicionaron las grúas y se descargaron los pontones, colocándolos unos sobre otros para aprovechar los espacios, ya que estuvieron los pontones acomodados se procedió a descargar el cuarto de máquinas, se armaron entonces los pontones de lado babor con el cuarto de máquinas y para aprovechar los espacios se coloca la escala; una vez armados estos elementos se procedió a realizar el armado de los pontones de lado estribor.



Figura 25. Grúas utilizadas para la descarga y armado de los componentes de la draga.



Figura 26. Armado de los componentes de la draga.

Una vez ensamblados los elementos de la draga se procede a hacer el botado de la draga en el cuerpo de agua; ya que se tenga la draga en el agua se procede a la colocación de los zancos y el acople de la tubería de descarga.

Previamente y a la par del armado de la draga se hizo el acople de la línea de vertido del material o línea de descarga, acoplando para esto tubería marca Strupak de 16" de diámetro la cual se habilito y coloco hasta llegar a la zona de los vertedores de demasías, donde se realizó el vertido del material para evitar que las altas concentraciones de lodo aguas debajo de la cortina afectaran de manera critica el río.



Figura 27. Botado de la draga al embalse.

La draga se colocó cerca de la zona de dragado antes de ser posicionada definitivamente y se realizó el acople de la linera de descarga, se iniciaron pruebas de dragado para verificar que todos los componentes y sistemas de la draga estuvieran funcionando correctamente.



Figura 28. Dragageira lista para realizar trabajos de dragado.

4.2 Suministro de materiales e insumos

En el caso del dragado de para la construcción de la nueva obra de toma con desarenador en la Presa la Soledad, hay que tener consideraciones especiales para el oportuno suministro de materiales e insumos propios de las actividades de dragado.

En general la dragageira consume insumos ordinarios y de fácil acceso en el mercado, sin embargo es importante considerar los requerimientos especiales que pueden llegar a tenerse en zonas de tan difícil acceso como es el caso de la Presa la Soledad.

Los consumos habituales de la dragageira se enlistan a continuación:

- Aceite para motor
- Aceite hidráulico
- Aceite de transmisión
- Refrigerante para motor
- Aditivos de aceite
- Aditivos para diesel
- Grasa de tipo industrial
- Diesel
- Bandas de distintos tipos para las diferentes poleas instalados en los sistemas de la dragageira
- Filtros de motor
- Trapo industrial
- Jabón y desengrasante
- Herramienta menor para reparaciones en la dragageira

- Equipos de seguridad para el personal operativo
- Lazo de polipropileno para realizar maniobras y amarres de tuberías

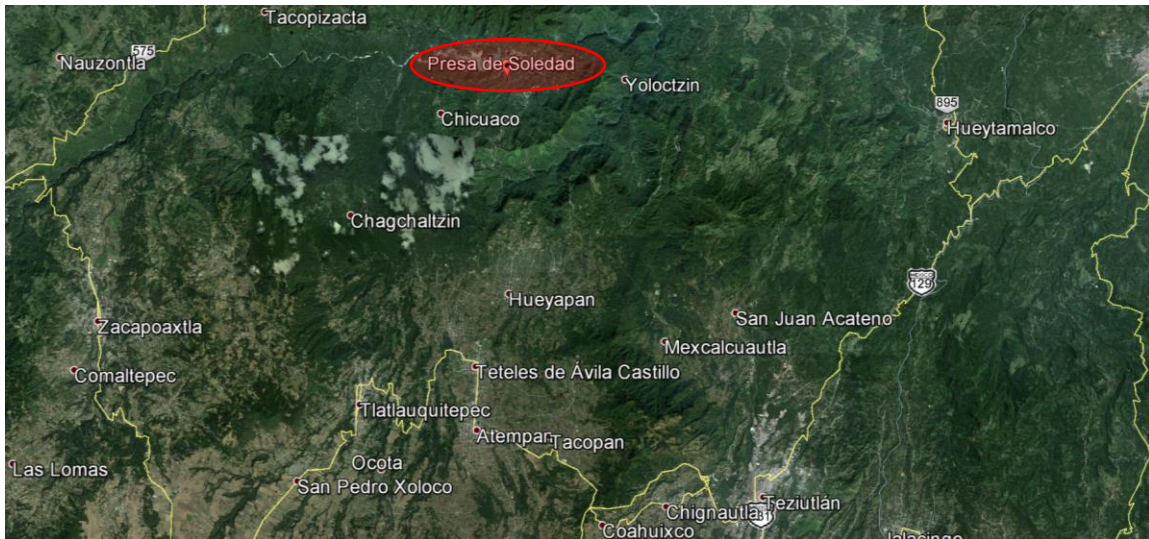


Figura 29. Ubicación de la Presa la Soledad respecto a los poblados más importantes cercanos a ella.

Los poblados más grandes cercanos a la Presa son: Tlatlauquitepec a aproximadamente 25 Km de distancia de la presa, Atempan a 25 Km, Teziutlan a 42 Km y Libres a 80 Km . Estas grandes distancias implican que la compra de cualquier insumo sea situación que deba programarse para evitar retrasos por espera de insumos y viajes innecesarios para la compra de estos.

Tener un almacén que tenga repuestos de los suministros más necesarios o comunes es importante para evitar tiempos perdidos de dragado por falta de insumos. En casos como el de la Presa la Soledad donde las distancias a los poblados grandes por lo que esperar por algún insumo puede tardar por lo menos 3 horas, las cuales serían tiempo perdido y repercutirían en el rendimiento diario de dragado.

En el caso de reparaciones es necesario en cuanto se tenga acceso a la zona investigar los sitios adecuados y más capacitados para realizar las reparaciones más comunes. En el caso de la draga las más comunes fallas son:

- Falla mecánica en el motor
- Rotura de alguna manguera hidráulica
- Rotura de cable de bandeo
- Falla mecánica en winche
- Falla en bomba de dragado
- Falla en flecha de la bomba de dragado
- Falla en el sistema hidráulico de la draga
- Rotura de algún sello u O-ring

- Fuga de aceite de motor
- Fuga de aceite hidráulico

4.3 Posicionamiento e inicio de actividades

Como actividad inicial es importante conocer la zona a dragar, se requiere conocer bien la batimetría de la zona, los niveles a los cuales debe llegarse con el dragado y el cómo se atacara dicha zona.

En este caso la draga permite avanzar haciendo un canal de 40 metros de ancho, por lo que la zona a dragar se dividió en dos canales de 30 metros y se posiciono la draga para avanzar de frente hacia la cortina de la presa.

Primero se ubican las zonas a dragar en los planos y se verifican las coordenadas necesarias para el posicionamiento de la draga, posteriormente y con ayuda de un Geoposicionador se ubica la draga en las coordenadas indicadas por el Geoposicionador.

Para realizar el movimiento de la draga dentro del cuerpo de agua se utiliza una lancha con motor fuera de borda la cual hace maniobras de arrastre o empuje de la draga hasta los lugares indicados. Dicha lancha también se utiliza realizando las maniobras para el movimiento de la línea de descarga en caso de ser necesario y para el traslado del personal de la draga a tierra y viceversa.

Una vez que la draga se encuentra posicionada se bajan los zancos y se procede a hacer las maniobra de anclaje, en este caso las anclas de bandeo se colocaron en arboles existentes en la zona lo suficientemente grandes como para resistir el esfuerzo de la fuerza que ejerce el winche de bandeo. Una vez que se tienen las anclas listas se sube un zanco y se procede a iniciar el dragado.

4.4 Particularidades de ejecución presentadas

Durante la realización de los trabajos se presentaron varias particularidades, entre ellas el desplazamiento del material. El proyecto inicial se modificó en varias ocasiones buscando atacar el material de la mejor forma para garantizar la estabilidad de dicho material en la zona de la construcción del desarenador y la nueva obra de toma.

Uno de los principales contratiempos que se presentaron fue el deslizamiento del material, como prioridad se realizó el dragado de material en la zona necesaria para poder realizar el colado y desplante del canal de acceso. Para realizar estas actividades se utilizó la draga dividiendo 2 canales de 30 metros y avanzando hacia el lado izquierdo de la cortina. Las anclas para el bandeo del equipo se colocaron en arboles existentes y en una estructura de concreto ubicada en la zona.

Como segundo paso se requería el retiro del material en la zona de la obra de toma, para esto y debido a experiencias previas de dragado en la zona se dividió la zona en distintas plataformas las cuales tendrían distintas elevaciones, la idea era dar al material las pendientes necesarias para su estabilidad; es decir que de manera progresiva se fuera dando la profundidad hasta alcanzar las cotas necesarias para el cierre de la obra de toma; todo este proceso se muestra en las imágenes siguientes.

5 Observaciones y recomendaciones

Todas las obras realizadas en base a proyectos ejecutivos tienen siempre complicaciones y particularidades que se descubren ya iniciadas las actividades, por lo que siempre se debe tener en consideración que las modificaciones que deban realizarse deberán analizarse en base a las condiciones y la información que se vaya obteniendo, pero siempre con el respaldo técnico necesario para garantizar que su ejecución se haga en base a los requerimientos técnicos y que cumplan con los requerimientos técnicos.

5.1 Planeación de actividades

La planeación de las actividades deben considerar todas las actividades que afectan o forman parte de la obra.

La forma más recomendable para retirar los sedimentos que se acumulan en la zona de la obra de toma es excavar los lodos del fondo en un semitronco de cono invertido y de generatrices muy oblicuas, en un ángulo variable que puede ser desde los 30° hasta 15° de inclinación y con su base menor dispuesta a un nivel inferior al de la embocadura del desagüe. Estos trabajos se ven limitados por las condiciones de trabajo, la profundidad a la que se encuentran los sedimentos y las posibilidades de obturación de la obra de toma.

Una de las mayores limitantes del dragado es la gran inestabilidad de los taludes y no garantiza la liberación de la zona de la obra de toma ni a mediano plazo.

En este particular el dragado será utilizado como actividad previa a la realización de los trabajos del taponamiento, demolición del dique actual y de la construcción de la nueva obra de toma con canal desarenador.

Dentro de la planeación de los trabajos es de vital importancia considerar las actividades previas a las propias actividades de dragado, durante las cuales se debe de tomar todas las previsiones para que los trabajos se realicen con los menores contratiempos.

Aspectos contractuales. Se deben tomar en cuenta los requerimientos contractuales, tales como son, fecha de inicio de las actividades, liberación del frente de trabajo, permisos para el ingreso de los equipos y personal a la zona de trabajo.

Estudios preliminares. Independiente de las indicaciones entregadas en el proyecto ejecutivo es importante, aunque no obligado realizar algunos estudios antes de la realización de los trabajos, esto debido a que en muchas ocasiones no se tiene información reciente o certera al momento de desarrollar el proyecto ejecutivo, sin embargo ya estando en campo y al momento de la ejecución de las actividades se puede acceder a información más precisa y actual. Uno de los estudios preliminares que obligadamente debe realizarse es una batimetría, ya que esta información no

solo nos permitirá definir las secciones actualizadas de dragado, la profundidad del terreno natural, el talud de reposo del material y la ubicación de particularidades del terreno, este estudio también nos será de utilidad posteriormente para identificar los volúmenes de dragado y como control de obra.

Traslado de los equipos. Los equipos deberán ser llevados al sitio de la obra, en el caso de esta obra en particular debido a su ubicación se debe considerar las complicaciones de acceso ya que los equipos a trasladar (draga, tubería, herramientas, etc.) en general son de grandes dimensiones y pueden requerirse adecuaciones en los caminos, tramite de permisos, etc. Las particularidades y tiempos de los traslados se deben considerar dentro del tiempo para la ejecución de los trabajos.

Equipos para montado y puesta en funcionamiento de los equipos de dragado, la draga, tuberías de descarga, lancha y flotadores se deben descargar de los trasportes y posteriormente ser armados y montados en la zona donde operaran. Se debe considerar el tiempo y los espacios para poder realizar el armado y montaje. En esta obra en específico debido a la complejidad de la ubicación, en la cual existen problemas de accesibilidad y espacios, hay que planificar y pensar en los espacios necesarios para considerar todas las posibles complicaciones.

Disponibilidad de terrenos. No solo durante la ejecución también durante el montaje se deben tener las áreas y condiciones necesarias para el armado y botado de la draga, armado y traslado de manguera y habilitado del vertido. Para ciertas actividades sobre todo de habilitado y montaje de los equipos se requieren de ciertos servicios, como son agua, energía eléctrica y comunicaciones entre el personal; estos aspectos son importantes a considerar debido a que las distancias de operación en la obra son grandes y hay que tener movilidad con los servicios, en este caso el uso de generadores eléctricos que puedan ser movidos con relativa facilidad a la zona donde se requieran, el traslado de combustibles y agua por medio de grandes contenedores para proveer de estos servicios a los equipos y contar con radios de corto a mediano alcance para la comunicación entre el personal son lo más recomendable de utilizar en la obra.

Marcado de las zonas de trabajo. Previamente al inicio de las actividades se debe analizar muy bien el proyecto, marcar las zonas de trabajo para identificar posibles complicaciones, estructuras que interfieran y ubicaciones de los equipos así como su movilidad. Marcando la zona de trabajo se pueden identificar las zonas de anclaje de la draga, la mejor posición de trabajo y la trayectoria de la línea de descarga.

Ubicación e identificación de restricciones. Ubicar las zonas con poco calado, también es importante tomar en cuenta si se tienen restricciones de otros equipos. En este caso se trabajó con 3 dragas al mismo tiempo, por lo que se debía tener en cuenta la ubicación y zona de ataque de cada una, la trayectoria de la línea de descarga de cada una y evitar con ella posibles daños a los equipos o líneas de descarga además de que pudieran interferir con los trabajos entre ellas.

La ubicación del vertido del material. Uno de los principales aspectos a considerar dentro de la planeación de las actividades es la ubicación y el tipo de vertido del material. Se debe saber la

distancia y elevación del vertido. En el caso de esta obra y como ya se ha mencionado anteriormente, se tuvieron trabajando 3 equipos al mismo tiempo por lo que las ubicaciones del vertido del material de cada una es importante, de lo contrario, de no considerar las necesidades de cada descarga se pueden propiciar contratiempos como es pasar una línea sobre otra o el vertido de material de una sobre otra lo que ocasionaría que la segunda quedara enterrada bajo el material producto de la descarga. Para tal caso se considera el área de acción de cada draga, la trayectoria de la línea de descarga y la ubicación del vertido.

Reparaciones y mantenimientos. Dentro de la planeación de los trabajos es bueno tomar en consideración una holgura de tiempo para realizar sobre todo mantenimientos preventivos a los equipos y sin descartar alguna reparación o mantenimiento mayor. Es importante contar en el área con los insumos, herramientas y equipos que permitan la rápida ejecución de estos trabajos; por ejemplo, contar en bodega con los aditivos, aceites y piezas necesarias para los servicios de motor de la draga, las piezas más comunes que pueden llegar a fallar durante la operación, la identificación en la zona de talleres y técnicos calificados para las reparaciones necesarias.

Adaptaciones al equipo de dragado. A veces es necesario modificar alguno de los elementos de las dragas para adaptarlos al trabajo que van a realizar, en este caso es importante considerar los alcances de profundidad y requerimientos de calado del equipo contra las condiciones prevaletientes en la obra.

Realizar un procedimiento constructivo ayuda a vislumbrar y prevenir necesidades, requerimientos, facilidades y condiciones favorables para el desarrollo de las actividades, para realizar el procedimiento constructivo es importante saber:

- Características del terreno y los materiales que lo conforman
- Características de la maquinaria disponible
- Forma de ejecución de los trabajos
- Controles y comprobaciones del trabajo realizado
- Unidades y procedimientos de control
- Planes y medidas de seguridad, calidad y normas ambientales

5.2 Optimización de recursos y personal

Dentro de cualquier proyecto es importante tomar en cuenta la optimización del personal y los recursos a disposición de dicho proyecto. Es importante pensar en fortalecer el equipo de trabajo que permitirá garantizar el buen desarrollo tanto del proyecto como del personal.

Es importante buscar la optimización de recurso dentro de cualquier proyecto, sobre todo porque todo proyecto implica riesgos y responsabilidades, para lo cual hay que estar preparados. En caso de pequeñas y medianas empresas la optimización se vuelve más complicada, ya que es más complicado acceder a grandes recursos.

5.2.1 Optimización de recursos

En términos simples la optimización de recursos es buscar la parte del ingreso del proyecto que se obtiene restando el consumo y gastos operativos, lo que permite dar autonomía a la empresa sin necesidad de recurrir a estrategias de financiamiento externo y que puede ser invertido en otros proyectos y apoyar a desarrollo del negocio.

Para buscar la optimización de los recursos se recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

No olvidar los objetivos. Tener siempre en cuenta que se quiere lograr para destinar los recursos necesarios y evitar gastos en exceso derivados de imprevistos. Es importante establecer metas realistas en función de los ingresos y posibilidades.

Fijar plazos. Si los objetivos no se consiguen en el plazo determinado se deben tener previstas alternativas. En caso de que se tengan imprevistos no considerados se deberán implementar planes que permitan evitar pérdidas significativas de liquidez.

Elaborar un presupuesto y tratar de apegarse a dicho presupuesto destinado para el proyecto.

Dar prioridad a los objetivos. Los recursos deben ser condicionados según la prioridad que se haya dado a cada actividad dentro del proyecto y los recursos disponibles.

Comprar maquinaria y tecnología solo cuando realmente convenga. Aprovechar los descuentos y ofertas, sobre todo tener en cuenta la compra de insumos que se tenga conocimiento son de primer consumo. Se debe también buscar la negociación con proveedores para obtener costos menores, financiamiento y con buena calidad.

Invertir en personal confiable. Buscar personal con el que se pueda trabajar codo a codo y que sea confiable para hacerse cargo de las distintas áreas y necesidades del proyecto. No es necesario tener mucho personal, pero si tener el personal adecuado, motivado y capacitado.

5.2.2 Optimización del personal

El hombre en general quiere trabajar, ya sea por necesidad o por amor al trabajo; es probable que encuentre el medio para su desarrollo y progreso. Sin embargo no toda persona es hábil para cualquier empresa ni toda empresa es atractiva para cualquier persona; estas y otras causas pueden repercutir para que el personal se encuentre en un ambiente que desmotive y provoque su recurrencia en fallas.

Para evitar estas fallas es importante poner atención en los siguientes puntos:

Deficiencia o mala selección del personal. Es necesario revisar el personal y evaluar si todos los empleados fueron contratados de acuerdo a un perfil técnicamente definido y cumpla con las necesidades de dicho perfil, de manera que se asegure el éxito en sus trabajos.

Deficiente o nula inducción. Es importante que los empleados conozcan los objetivos, metas y propósitos del proyecto.

Falta de capacitación. Es importante proporcionar a los empleados, facilitarles y apoyarles para que accedan a capacitación que les permita alcanzar su desarrollo personal y profesional, con lo cual el proyecto se verá beneficiado; además que con esto se pueden también evitar contratiempos durante la operación.

Falta de un manual de funciones. Diseñar un organigrama que no sea limitativo, que permita a los empleados sentirse en su justo lugar de acuerdo a sus funciones y en conocimiento de sus responsabilidades y posición dentro de este.

Falta de objetivos para el personal. Definir personalmente el objetivo básico por el cual existe ese empleado, hacer hincapié que sin esta persona las acciones se pueden realizar de manera eficaz pero no efectiva.

Falta de compromiso. Es importante dar empoderamiento al personal, es decir buscar que el objetivo del personal este en la misma frecuencia que los objetivos de la empresa, es decir el objetivo personal y profesional del personal es paralelo al objetivo de la empresa, por lo que el personal focaliza sus acciones al bien de la empresa.

Como recomendación es importante considerar lo siguiente al conformar el equipo de trabajo.

Seleccionar adecuadamente al personal y sus capacidades para el puesto que ocupa.

Al seleccionar al personal, considerar las cualidades humanas previo a las técnicas, la actitud del personal puede facilitar o poner trabas en los trabajos.

Involucrar al personal en el proyecto, motivar su entusiasmo para el desarrollo del trabajo en el proyecto buscando cumplir con sus objetivos y lograr entregarles la retribución económica adecuada a los resultados obtenidos.

6 Conclusiones

La nueva obra de toma con canal desarenador para la C.H. Mazatepec es un proyecto que permitirá dar a la C.H. una extensión en su vida útil; dentro de este proyecto la realización del dragado es una actividad primordial ya que libera las zonas de trabajo para poder realizar las actividades de excavación, demolición y posteriormente construcción del canal desarenador y la nueva obra de toma; es decir es una actividad crítica dentro del programa de obra. Cabe señalar que debido a los volúmenes de dragado (aproximadamente 100 mil m³) considerados en el proyecto ejecutivo y los rendimientos que se obtienen con los equipos de dragado, las actividades se programaron a realizar en 7 semanas, considerando el traslado y montaje de los equipos. Sin embargo durante la ejecución de los trabajos se presentaron cambios en el programa regidos por las necesidades de la C.H. Mazatepec, lo que obligo que las actividades se realizaran en 4 semanas.

Otro contratiempo encontrado durante las actividades fue el movimiento del material y las condiciones del nivel de agua que se presentaron en el vaso durante los trabajos. Al principio las actividades se realizaron sin problema debido a que se contaba con el suficiente calado (mínimo 1 metro) para que la draga realizara las actividades de dragado; sin embargo después de la segunda semana el nivel de agua en el vaso comenzó a vaciarse ya que por proyecto el río que alimenta el vaso fue desviado y las compuertas de la presa abiertas para mantener la zona de la obra de toma sin aporte de agua. La disminución en el nivel de agua causo dos grandes contratiempos, primero la falta de calado para poder realizar las actividades de dragado y segundo que el lodo sedimentado en el vaso comenzara a tener movimientos inesperados debido a su inestabilidad. La inestabilidad del material provoco que más de una vez se tuvieron derrumbes que volvieran a rellenar la zona ya dragada con material y que se tuviera que rellenar nuevamente el vaso con agua para poder obtener el calado de 1 m para que la draga trabajara. Fue necesario como último recurso recurrir a excavadoras para realizar el retiro del material por medio de estos equipos debido a que no se pudo contar ya con las condiciones idóneas para que trabajara la draga además de poner el equipo en riesgo debido a los constantes derrumbes de material. En este proyecto se debió haber realizado un análisis más detallado de las características del material junto con las experiencias previas de dragado que ha tenido la presa para poder identificar el plan de trabajo más adecuado; es decir dragar la zona más alejada de la obra de toma utilizando la draga con cortador y permitir bajar el nivel de agua en el vaso de la presa y posteriormente ingresar excavadoras en la zona de la obra de toma para retirar el material faltante de una manera eficaz.

Un proyecto de dragado así como cualquier proyecto constructivo requieren de una minuciosa planeación, es importante realizar previo a la llegada para la ejecución de los trabajos una serie de estudios que nos permitan identificar las condiciones y características de la zona y el material a dragar.

Es de vital importancia realizar un recorrido previo en la zona y sus alrededores para identificar los pros y contras del lugar y poder realizar una programación adecuada de las actividades, desde las

actividades preliminares, la ejecución de los trabajos y hasta el desmantelamiento y retiro de equipos y personal. Ubicar en la zona los proveedores, especialistas y técnicos que puedan llegar a requerirse durante las actividades a fin de evitar contratiempos por falta de insumos o mano de obra calificada durante la ejecución de los trabajos.

Planear adecuadamente los trabajos también nos ayuda a optimizar los recursos, es importante tener en cuenta los mantenimientos preventivos que los equipos requieren a fin de evitar contratiempos mayores durante la ejecución de los trabajos. Tener en bodega los insumos que con mayor frecuencia se utilizan permite evitar pérdida de tiempo en conseguir dichos insumos y con mayor razón si la zona donde se desarrolla el proyecto no se accede fácilmente a este tipo de materiales.

La optimización del personal es otro punto importante, ya que hay actividades a realizar que requieren de mano de obra con experiencia, la integración del personal a las actividades debe ser precisa, pues se requiere que se tenga una línea de mando y responsabilidades adecuadas para cada posición dentro de esta. Aprovechar de la experiencia y conocimiento de los empleados pero siempre direccionados por un líder con la capacidad enlazar las necesidades del proyecto con las capacidades del personal.

La realización de los estudios preliminares y recopilación de experiencias previas debe ser parte fundamental de las actividades. La identificación de las características de la zona permitirá identificar obstáculos y contratiempos que se pueda presentar durante los trabajos, como por ejemplo las condiciones de calado, zonas de anclaje para el equipo, forma del vertido de material, etc.

Identificar los caminos de acceso y formas de traslado de los equipos, las áreas disponibles para su desembarque y montaje; las maniobras necesarias y equipos que se requerirán para el armado y botado del equipo son actividades que se pueden planear en conjunto con el personal capacitado y con experiencia a fin de vislumbrar todos los posibles obstáculos y contratiempos así como optimizar los espacios para ubicar los equipos.

La batimetría permite tener conocimiento de la morfología del fondo y realizar una planeación de la forma de trabajo del equipo para optimizar los rendimientos, saber el volumen del material a retirar y la ubicación de este. Sin embargo y debido a las características de la cuenca es necesaria el constante monitoreo con batimetrías diarias para determinar si se ha presentado más aporte al vaso (es un sistema en constante dinámica debido a los aportes de corrientes superficiales y subterráneas) o movimiento en el material azolvado dentro de este.

Con la misma importancia y muchas veces menospreciado es el estudio de mecánica de suelos; la determinación del material a dragar, las características que conforman los estratos y sus ubicaciones son indispensables para la correcta planeación de las actividades, la determinación de la estabilidad del material, las zonas donde se encuentran estratos más duros permiten planear la forma de atacar los trabajos y ubicar los equipos.

Respetar los lineamientos de impacto ambiental es otra de las limitantes, generalmente durante los trabajos de dragado en los que el vertido de material se realiza a la misma corriente de agua se crean aguas debajo de la presa impactos por el aumento en la saturación de material en el agua; tomar en cuenta estas repercusiones y determinar si deben contrarrestarse o no forman parte de los alcances del proyecto; en el caso específico de este proyecto no se tuvo mayor impacto en las zonas aguas debajo de la presa; pero si en la zona del vaso; ya que el secar la zona con los trabajos de dragado y mantenerla así para continuar con los trabajos para la construcción del canal desarenador las especies de peces que habitaban en la presa murieron; sin embargo al terminar los trabajos se tendrán condiciones nuevamente para la repoblación del vaso con peces.

Se observa también que los procedimientos y planeación de dragado han sido poco desarrollados, sobre todo se cuenta con poca información sobre el procedimiento constructivo más adecuado para realizar la extracción por medio de dragas hidráulicas de lodos en zonas fluviales o lacustres. Además se pueden desarrollar temas como la optimización de recursos y planeación de actividades para trabajos de dragado ya que es un tema que técnicamente se ha desarrollado más no así administrativamente.

7 Bibliografía

- 1) Comisión Federal de Electricidad, “Criterio técnico para el diseño ejecutivo de Estructura de conducción – muros de canal de conducción”, Subgerencia de diseños hidroeléctricos, México 2012.
- 2) Comisión Federal de Electricidad, “Criterio técnico para el diseño ejecutivo de Estructura de control del canal sedimentador y desarenador”, Subgerencia de diseños hidroeléctricos, México 2012.
- 3) Comisión Federal de Electricidad, “Criterio técnico para el diseño ejecutivo de Obra de toma”, Subgerencia de diseños hidroeléctricos, México 2012.
- 4) Comisión Federal de Electricidad, “Funcionamiento del desarenador y de la nueva obra de toma, Alternativa 3, en modelo hidráulico”, Subgerencia de diseños hidroeléctricos, Laboratorio de hidráulica, México 2005.
- 5) Comisión Federal de Electricidad, “Informe del Estudio Geológico Geotécnico de Factibilidad para la Obra de Toma con Canal Sedimentador-Desarenador y Túnel-Canal de Descarga en la Presa La Soledad (marquen izquierda) de la C.H. Mazatepec”, Subgerencia de Geotécnica y Materiales para la Subdirección de Generación, México 2010.
- 6) Comisión Federal de Electricidad, “Licitación Pública Internacional para la construcción de Nueva Obra de Toma con Canal Desarenador en la presa la Soledad e la Central Hidroeléctrica Mazatepec”, México, 2013.
- 7) Comisión Federal de Electricidad, “Manual de Obras Civiles”, México 1981.
- 8) Comisión Federal de Electricidad, “Planos de Referencia”, Diseño del Desarenador y Obra de Toma de la C.H. Mazatepec, Puebla, México 2012.
- 9) Comisión Federal de Electricidad, “Presentación del proyecto ejecutivo para la construcción de Nueva Obra de Toma con Canal Desarenador en la Presa la Soledad de la C.H. Mazatepec”, México 2013.
- 10) Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Generación Coordinación de Generación Hidroeléctrica, Gerencia de Ingeniería Civil, Gerencia Regional de Producción Sureste, C.H. Mazatepec, “Construcción del desarenador y la nueva obra de toma de la presa la soledad para incrementar la capacidad de la C.H. Mazatepec: Informe Técnico Descriptivo, Puebla, México 2013.

- 11) Fernández, Espinosa A. “Experiencias en el vaciado de una presa”, XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Oaxaca, México, 1998.
- 12) Muñiz, Paz Jesús Gustavo, “Desazolve en la Presa la Soledad Aplicando Modelos Físicos”, Tesis para obtener el título de ingeniero civil, Facultad de Ingeniería, UNAM, México, 2006.
- 13) PIANC, “Navigare Necesse The World Association for Water Borne Transport Infrastructure”
- 14) Recomendación de Obras Marítimas, Publicación No. 5, 1994.