

Anejo XI. Plan de obra

Proyecto básico de emisario submarino para la ampliación de la
desaladora Al-Gubrah (Omán)

GARCÍA GARCÍA, Bruno



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 3 |
| 2. Condicionantes en la ejecución del proyecto | 4 |
| 3. Enumeración de los trabajos a realizar..... | 5 |
| 4. Análisis de los trabajos de obra más importantes | 6 |
| 4.1. Operaciones previas | 6 |
| 4.2. Excavación de zanja en la playa | 6 |
| 4.2.1. Construcción de la ataguía | 6 |
| 4.2.1. Excavación de zanja | 6 |
| 4.3. Dragado | 7 |
| 4.3.1. Relleno de zanja | 7 |
| 4.4. Montaje de tubería | 8 |
| 4.4.1. Construcción de los lastres | 8 |
| 4.4.2. Suministro y acopio de lastres y tuberías | 8 |
| 4.4.3. Unión de tuberías por soldadura | 8 |
| 4.4.4. Colocación de las bases de los lastres..... | 8 |
| 4.4.5. Colocación de la tubería sobre lastres | 9 |
| 4.4.6. Montaje de lastres..... | 9 |
| 4.4.7. Lanzamiento de tubería..... | 9 |
| 4.5. Hundimiento de tubería..... | 9 |
| 4.5.1. Batimetría de verificación de zanja..... | 10 |
| 4.5.2. Transporte del emisario al emplazamiento | 10 |
| 4.5.3. Hundimiento de la tubería..... | 10 |
| 4.5.4. Operaciones de ajuste..... | 10 |
| 4.6. Operaciones de reacondicionamiento | 10 |
| 4.6.1. Relleno de zanja en la playa | 10 |



| | |
|------------------------------------|----|
| 4.6.2. Retirada de ataguía | 11 |
| 4.6.3. Regeneración de playa | 11 |



1. Introducción

La elaboración de un plan de obra en un proyecto es esencial para la organización. En el presente anejo tiene como finalidad exponer el programa de trabajos a realizar para la correcta ejecución del proyecto. Para ello se exponen las fases de trabajo en que se divide, cuantificando en cada caso el plazo estimado para su ejecución.

En este anejo quedan definidos y reflejados los condicionantes externos que afectan a la ejecución de la obra.

La planificación de todas las actividades descritas queda reflejada en el diagrama de Gantt adjuntado al final.



2. Condicionantes en la ejecución del proyecto

La finalidad de este proyecto básico es la definición de las obras para la construcción y colocación de un emisario en el fondo marino. Las obras cuya ejecución se dan en el ámbito marino, necesariamente vienen sujetas a la climatología, ya que unas condiciones climatológicas desfavorables imposibilitan las maniobras de los medios.

Para poder hacer una planificación de trabajo teniendo en cuenta la influencia de la climatología, se ha de realizar un estudio de clima marítimo. En este proyecto se hace referencia al anejo III, en el que queda reflejado que la probabilidad de no excedencia de un metro de altura significativa de ola es del 80%, por lo que para la consideración de plazos en los trabajos en los que la climatología afecte, se considerará un 20% más de tiempo empleado.

También se tendrá en cuenta, el hecho de que el mar de Omán está caracterizado por una variación del nivel del mar debido a las mareas.

En circunstancias normales, la disponibilidad de la maquinaria a emplear, sufre fluctuaciones debido a la alta demanda que provocarían retrasos. Para realizar la estimación en este proyecto se asumirá una disponibilidad total de la maquinaria a emplear.

Por último, Al encontrarse las obras en un entorno urbanizado, se establecerá una limitación del horario de trabajo de 6 a 19 horas para evitar molestias a la población a causa del ruido, respetando, además, los días festivos locales.



3. Enumeración de los trabajos a realizar

Operaciones previas

- Replanteo de obras
- Montaje de instalaciones
- Movilización de equipos
- Delimitación de accesos

Excavación de zanja en la playa

- Colocación de ataguía
- Excavación de la playa

Dragado de zanja

- Dragado de la zanja en alta mar
- Relleno de la zanja

Montaje de tubería

- Construcción de lastres
- Suministro y acopio de lastres y tuberías
- Unión de tuberías por soldadura
- Montaje de Lastres
- Lanzamiento de tubería

Hundimiento de tubería

- Batimetría de verificación de zanja
- Transporte de emisario al emplazamiento
- Hundimiento del emisario submarino
- Operaciones de ajuste

Operaciones de reacondicionamiento

- Retirada de ataguía
- Relleno de zanja en la playa
- Regeneración de playa



4. Análisis de los trabajos de obra más importantes

4.1. Operaciones previas

En este apartado se incluyen todas las operaciones previas enumeradas en el apartado anterior. Dichas operaciones hacen referencia a la realización de estudios previos y ensayos, replanteo topográfico, la delimitación de accesos y de la zona de acopio de materiales. También se incluyen la movilización de equipos y maquinaria, así como su instalación. El tiempo estimado para la realización de estos trabajos es de **15 días**.

4.2. Excavación de zanja en la playa

4.2.1. Construcción de la ataguía

Se trata de un procedimiento constructivo que consiste en la habilitación de dos muros pantalla paralelos cuya misión es la sujeción de las tierras y del agua, para poder realizar la excavación de la zanja delimitada con medios terrestres. La colocación de la ataguía se realiza mediante la hincas de tablestacas. Es un procedimiento que requiere el enganche de la tablestaca con la grúa, colocación en el punto de hincas, e hincas de la misma.

Se asume un rendimiento de 4 metros lineales de ataguía instalada por hora, al ser 100 metros de ataguía, implica 200 metros de tablestacas, por lo que para la hincas de todas las tablestacas de la ataguía se estiman 50 horas de trabajo continuado. Teniendo en cuenta que cada jornada es de 11 horas, se estima un plazo de ejecución para la habilitación de la ataguía de **6 días**.

4.2.1. Excavación de zanja

Una vez habilitada la ataguía se procede a la extracción de tierras del interior mediante una retroexcavadora. El volumen a extraer es de 600 m^3 . Para esta labor la retroexcavadora elegida, con una capacidad de cuchara de $0,8 \text{ m}^3$ tiene un rendimiento de $45 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que para la extracción de tierras de la ataguía, el plazo de ejecución estimado es de **4 días**.

La zona de transición donde existen dificultades para excavar con la draga por la escasa profundidad, se excavará en la medida de lo posible con la retroexcavadora siempre que la marea lo permita. Dada la marea existente en la región, se estima que la bajamar permite una ventana de trabajo de 5 horas, con una bajamar de 0,8 metros respecto del



nivel de referencia, lo que corresponde a un avance de 40 metros desde el límite de la ataguía, lo que implica aproximadamente 1.100 m^3 . El plazo de ejecución estimado es de **4 días**

4.3. Dragado

Este proyecto comprende la colocación de un emisario en una zanja en el lecho marino para su posterior relleno para la protección de éste. La zanja donde se emplazará la tubería se llevará a cabo mediante un dragado a realizar desde la playa hasta 1.500 metros mar adentro. Las operaciones de dragado a realizar se pueden separar en tres:

- Las que se realizan en las proximidades de la costa, condicionadas por la marea.
- Las que se realizan en alta mar.
- Las operaciones que se realizan en alta mar donde hay una profundidad a la que la draga no tiene alcance salvo cuando la marea está en su nivel mínimo.

No existe necesidad de separación de las operaciones de trabajo, ya que las limitaciones de rendimiento se miden en horas, y una adecuada planificación de los trabajos permite aprovechar las horas que se perderían.

Es importante tener en cuenta, que la inexactitud del dragado de la zanja, requiere un perfilado posterior, por lo que se considerará un factor de corrección de 1,5 a aplicar al plazo final.

Por otro lado, como se ha explicado anteriormente, la altura significativa de ola máxima de trabajo es de $H_s > 1\text{m}$. La probabilidad de no excedencia de esta altura es de 80%, no obstante, se considerará un factor de corrección de 1,25, a aplicar al plazo final acorde a la probabilidad explicada.

Como se ha explicado inicialmente, cada jornada de trabajo dura 13 horas, de las cuales, teniendo en cuenta la colocación de la pontona en el punto a dragar y del movimiento a puerto, se considera 10 horas de trabajo de dragado diarias.

Teniendo en cuenta todos los factores relatados, y que el rendimiento de la draga es de $2.600 \text{ m}^3/\text{dia}$ el tiempo estimado para la realización del dragado completo es de **70 días**.

4.3.1. Relleno de zanja

Estas operaciones se realizan una vez fondeado el tramo del emisario en cuestión. Para estas operaciones se tendrán en cuenta las mismas limitaciones que para el proceso de dragado. El plazo estimado para la realización de las operaciones de relleno **50 días**.



4.4. Montaje de tubería

El emisario está dividido en 8 tramos y el tramo difusor. El montaje de la tubería es un proceso que compuesto por las fases enumeradas al principio de este anejo; fases que dependen del comienzo o conclusión de otras para su comienzo. Cada ciclo del proceso se lleva a cabo para el montaje de cada tramo, donde los 8 primeros tramos son idénticos entre sí, con una duración aproximada de 8 días y el tramo difusor diferente cuyo tiempo estimado es de 19 días.

4.4.1. Construcción de los lastres

La construcción de los lastres es realizada por un fabricante externo, por lo que para este plan de obra no se tiene en cuenta el plazo de construcción de los mismos.

4.4.2. Suministro y acopio de lastres y tuberías

Una vez habilitada la zona de acopio, se procede al acopio de tuberías y lastres procedentes del suministro del fabricante. El tiempo estimado para el movimiento de estos elementos es de **4 horas**.

4.4.3. Unión de tuberías por soldadura

Las tuberías suministradas por el fabricante son de 18 metros de longitud. Cada tramo del emisario mide 288 metros, está compuesto por 16 unidades de tubería unidos entre sí por soldadura a tope y 2 valonas en los extremos. Se ha considerado un rendimiento de 3 soldaduras/día y cada tramo incluye 17 soldaduras, por lo que el plazo estimado para la unión de cada tramo es de **6 días**. Por lo que el plazo para la unión de todo los tramos será de aproximadamente **48 días**.

El tramo difusor, al incluir dos soldaduras por difusor, dos soldaduras por estrechamiento, y las valonas de los extremos, se considera el tiempo necesario para la realización de 56 soldaduras, por lo que el plazo estimado para la soldadura de este tramo es de **19 días**.

4.4.4. Colocación de las bases de los lastres

A la par que se realizan las soldaduras, se colocan las bases de los lastres sobre los patines. Preparación necesaria para la colocación de la tubería, ya unida, sobre los lastres, liberando así los rodillos de unión de tubería posibilitando el comienzo de soldadura de un nuevo tramo.

El tiempo colocación de las bases deberá ser mínimo, por este motivo se consideran dos grúas trabajando paralelamente en esta labor. Considerando un rendimiento



aproximado de 10 lastres por grúa al día, al haber 52 lastres por tramo de tubería, el plazo estimado es de **2,5 días** para la colocación de las bases de los lastres en la rampa de lanzamiento.

4.4.5. Colocación de la tubería sobre lastres

Una vez finalizadas las uniones de la tubería y la colocación de los lastres, se procede a la colocación de la tubería soldada sobre los lastres. Este procedimiento requiere tiempo ya que se necesita la movilización de varias máquinas. Es importante agilizar este proceso, ya que de su finalización depende el comienzo de soldadura de un nuevo tramo. El plazo estimado para este procedimiento es de **3 horas**.

4.4.6. Montaje de lastres

En este apartado se incluyen todas las labores requeridas para la preparación del emisario para su lanzamiento. Primero se procede a la colocación de las coronas de los lastres de hormigón, posteriormente se realiza la unión de estos mediante pernos y colocación de los ánodos de sacrificio. Una vez apretada la tornillería, se colocan las dos tapas ciegas en los extremos y se realiza una prueba de estanqueidad. El plazo estimado para llevar a cabo estas operaciones es de **2 días**.

En el caso del tramo difusor, además de las operaciones mencionadas anteriormente, se deben colocar las tapas ciegas en cada difusor, por lo que el plazo de ejecución se incrementará hasta 1 día más. El plazo estimado para la realización de estas operaciones es de **3 días**.

En conclusión, al haber 9 tramos a montar, el plazo estimado para el montaje de todos los tramos será de **45 días**.

4.4.7. Lanzamiento de tubería

El inconveniente del lanzamiento de la tubería es que las condiciones marítimas deben ser favorables, no obstante es, un procedimiento rápido. El tiempo estimado para esta operación es de **3 horas**.

4.5. Hundimiento de tubería

El proceso de hundimiento de la tubería, es un proceso que debe realizarse rápido, ya que una vez comenzado no puede pararse. Como se ha explicado inicialmente, el hundimiento de la tubería está compuesto por varias fases.



4.5.1. Batimetría de verificación de zanja

Previamente al hundimiento de la tubería, debe verificarse que la zanja donde se va a emplazar cumpla las condiciones de profundidad y alineación especificadas en el proyecto. Este procedimiento consiste en la toma de datos batimétricos del tramo de 288 metros y su análisis. El plazo considerado para estas operaciones es de **2 días**.

4.5.2. Transporte del emisario al emplazamiento

Una vez el análisis de batimetrías resulte favorable, se procede al transporte de la tubería desde el punto de lanzamiento al emplazamiento donde se sumergirá. La velocidad de transporte estimada es de 10 km/h. teniendo en cuenta el tiempo de traslado de la barca de arrastre hasta el punto donde se encuentra anclado el emisario en espera, y el proceso de anclaje, el tiempo estimado de transporte es de **3 horas**.

4.5.3. Hundimiento de la tubería

Tras el transporte de la tubería al punto de hundimiento, mediante el accionamiento de las válvulas por parte de los submarinistas, y empleando como soporte la pontona con grúa, se procede al hundimiento de la misma. El fondeo incluye desde el momento en que esta lista para hundir, hasta que esta inmovilizada en el fondo. El plazo estimado para este procedimiento es de **6 horas**.

4.5.4. Operaciones de ajuste

Una vez la tubería se ha colocado en la zanja, el equipo de submarinistas proceden a colocar la junta y apretar la tornillería pertinente. Se incluye en este apartado las labores de ajuste de trayectoria de la tubería así como la verificación de la profundidad de cada lastre. Este procedimiento se realiza en un tiempo estimado de **4 días**.

Para cada tramo difusor, además de las operaciones de ajuste mencionadas, se requiere un día más para colocación de las válvulas difusoras, por lo que el plazo estimado para la realización de las operaciones de ajuste de cada tramo difusor es de **5 días**.

4.6. Operaciones de reacondicionamiento

4.6.1. Relleno de zanja en la playa

Tras la finalización de la colocación de la tramo inicial del emisario y de la comprobación de la estanqueidad de la junta se procede al relleno de la zanja excavada en la playa, el rendimiento es un poco superior al del momento de la excavación, por lo que se considera un plazo aproximado de **5 días** para la realización de estas operaciones.



4.6.2. Retirada de ataguía

Rellena la zanja de la playa cuya ataguía sostenía las tierras, se procede a la retirada de las tablestacas para el posterior igualado del terreno. El plazo estimado para la realización de este trabajo es de **1 día**.

4.6.3. Regeneración de playa

Una vez finalizada la obra, se debe dejar la playa como estaba en los momentos previos al comienzo de la obra, para ellos se procede a la regeneración de la misma. Para este procedimiento se considera un plazo aproximado de **14 días**.

*Como se muestra en el Diagrama de Gantt a continuación, muchos de estos trabajos se realizan de forma paralela. Condicionando el comienzo de algunos procesos y retrasando la conclusión de otros.

Apéndice. Diagrama de gantt

Programa de trabajos

Presupuesto Proyecto básico de emisario submarino para la ampliación de la desaladora de Al-Gubrah (Omán)

120 días

