

# Diseño del proceso constructivo del proyecto Emisario Submarino de la Ciudad de Limón



# Abstract

The topic of this project is the construction of the marine pipeline of Limón City, which will begin on July of the present year. The general objective of this work is design its constructive process so much in the terrestrial part like in the marine part and its specific objectives for the terrestrial part consist in the evaluation of the constructive alternatives by means of four factors: costs, duration, feasibility and security, and in accordance with this evaluation propose a work program . As for the marine part will design the constructive processes for the excavation in the rocky channel and the launch of the pipeline to the sea. In both cases a program of control of quality will be designed that fulfill the effective norms.

The method employed in selecting the constructive alternatives was the evaluation average gotten by each option in the previously mentioned factors.

The result of this selection is the constructive process of the project, that will include the resources and times employed in each one of the activities, as well as the possible inconvenient that one could present, in whose case will be included a small plan of contingency that could give solution to any accidental.

The keywords with those that this document is going to be identified are:

- Design of constructive processes
- Marine pipeline

# Resumen

El tema de este proyecto es la construcción del emisario submarino de la ciudad de Limón, la cual dará inicio en julio del presente año. El objetivo general de este trabajo es diseñar su proceso constructivo tanto en la parte terrestre como en la parte marítima y sus objetivos específicos para la parte terrestre consisten en la evaluación de las alternativas constructivas por medio de cuatro factores: costos, duración, factibilidad y seguridad, y de acuerdo con esta evaluación proponer un programa de trabajo. En cuanto a la parte marítima se deberán diseñar los procesos constructivos para la excavación en el lecho rocoso y el lanzamiento del emisario al mar. En ambos casos se diseñará un programa de control de calidad que cumpla con las normas vigentes.

El método empleado en la escogencia de las alternativas constructivas fue el de ponderación de puntajes obtenidos por cada opción en los factores mencionados anteriormente.

El resultado de esta escogencia es el proceso constructivo del proyecto, que incluirá los recursos y tiempos empleados en cada una de las actividades, así como los posibles inconvenientes que se pueden presentar, en cuyo caso se incluirá un pequeño plan de contingencia que pueda dar solución a algún imprevisto.

Las palabras claves con las que este documento va a ser identificado son:

- Diseño de procesos constructivos
- Emisario submarino

# **Diseño del proceso constructivo del proyecto Emisario Submarino de la Ciudad de Limón**

# **Diseño del proceso constructivo del Proyecto Emisario Submarino de la Ciudad de Limón**

OSCAR BRENES QUIRÓS  
PRISCILLA BRENES VEGA  
CARLOS SOLANO SILES

Julio del 2002

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**

# Contenido

Prefacio	6
Resumen Ejecutivo	7
Introducción	11
Objetivos	14
Marco Teórico	15
Parte Marítima	15
Parte Terrestre	19
Metodología	22
Resultados	25
Cuadros de alternativas con mayor calificación	26
Cuadro de análisis probabilístico	46
Programas de trabajo	48
Fichas técnicas de actividades	49
Plan de control de calidad	53
Plan de seguridad ocupacional	55
Análisis de Resultados	57
Conclusiones	61
Apéndices	62
Cuadros de costos, rendimientos, tiempos y recursos	63
Cuadros comparativos de alternativas de cada actividad	91
Anexos	111
Instalación de tuberías de polietileno	112
Obras de retención y excavaciones	118
Impacto Ambiental	121
Glosario	127
Referencias	128
Adenda	129

# Prefacio

La importancia de este proyecto para la escuela de Ingeniería en Construcción radica en que éste involucra muchas disciplinas de ingeniería, principalmente en el diseño de procesos de construcción, que es base de la carrera, ya que nuestra formación va orientada hacia el control y manejo de proyectos para los cuales es necesario diseñar procesos que ayuden a mejorar la calidad y eficiencia de la construcción en Costa Rica.

El objetivo general de este trabajo es diseñar el proceso constructivo del emisario submarino de la ciudad de Limón, tanto en su parte terrestre como en la parte marítima. Los objetivos específicos para la parte terrestre consisten en la evaluación de las alternativas constructivas por medio de cuatro factores: costos, duración, factibilidad y seguridad, y de acuerdo con esta evaluación proponer un programa de trabajo. En cuanto a la parte marítima se deberán diseñar los procesos constructivos para la excavación en el lecho rocoso y el lanzamiento del emisario al mar. En ambos casos se implementará un programa de control de calidad y de seguridad ocupacional que cumpla con las normas vigentes.

Para finalizar queremos agradecer al Ingeniero Carlos Fernández Córdoba por su incalculable ayuda en la elaboración de este Proyecto de Graduación como nuestro profesor guía, su enorme dedicación a la Escuela de Ingeniería en Construcción y por su perseverancia por reactivar el programa de Licenciatura de nuestra carrera.

# Resumen Ejecutivo

Este proyecto buscó dejar documentado el proceso constructivo del emisario submarino de la ciudad de Limón.

Un emisario submarino consiste en un conducto que canaliza las aguas residuales de una población hacia el mar a una cierta distancia de la orilla y a una cierta profundidad, a la cual, las aguas residuales no representan un peligro de contaminación de las aguas.

Este proyecto estará ubicado en la ciudad de Limón, provincia de Limón, cantón central y distrito central, dentro del distrito portuario administrado por la Junta Administrativa Portuaria para el Desarrollo de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA).

En nuestro país la construcción de este emisario se hizo necesaria debido a que actualmente, las aguas negras de la ciudad de Limón son descargadas sin tratamiento previo directamente en el litoral, contiguo al edificio de la Naval Portuaria, provocando evidentes problemas de contaminación ambiental.

En la construcción es muy poca la experiencia que se tiene en el diseño de procesos constructivos. Es por esta razón que con este trabajo se intentó desarrollar una metodología práctica y sencilla, que pudiera ser de interés y beneficio tanto a profesionales como a los estudiantes de la carrera, que en un futuro también podrían ponerla en práctica, implementarla y mejorarla.

Se consideró que este tipo de investigaciones favorece también a la Escuela de Ingeniería en Construcción debido a que actualmente se cuenta con metodologías para procesos industriales, pero que no se adaptan a las necesidades del área de la construcción.

El proceso constructivo se dividió en dos partes, la parte terrestre que involucra la construcción de la Planta de pretratamiento y la parte marítima que incluye el armado,

lanzamiento y hundimiento del emisario submarino en el mar.

Para la parte terrestre se consideraron las siguientes actividades:

- Ademado de excavación.
- Excavación en arena.
- Demoliciones
- Excavación en roca – coral.
- Concretos.
- Impermeabilización de estructuras.
- Conexión a sistema sanitario.

En el caso de la parte marítima, se evaluaron las siguientes actividades:

- Excavación de zanjas, tanto en la porción marina como en la porción coralina.
- Fabricación de anclajes para la tubería.
- Armado de tubería en porción marina y en porción coralina (más anclajes).
- Colocación de tubería.
- Lanzamiento del emisario al mar.
- Demarcación, transporte y hundimiento de tubería.
- Concreto de zanjas porción marina y porción coralina.

El objetivo principal que se planteó al inicio de este proyecto fue diseñar el proceso constructivo del emisario submarino de la ciudad de Limón. Asimismo, los objetivos específicos para la parte terrestre del proyecto consistieron en evaluar las alternativas constructivas por medio de cuatro factores: costos, duración, factibilidad y seguridad, y de acuerdo con esta evaluación proponer un programa de trabajo. En cuanto a la parte marítima del proyecto, se debieron diseñar los procesos constructivos para la excavación en el lecho rocoso y el lanzamiento del emisario al mar. En ambos casos se implementará un programa de control de calidad y de seguridad ocupacional que cumpla con las normativas vigentes.

La mayoría de las actividades del proyecto tuvieron alternativas que debieron ser calificadas y para esto se utilizó la siguiente metodología.

Primeramente, se utilizaron cuatro criterios para la selección de las mismas, que son:

- Factor Costo
- Factor Tiempo
- Factibilidad constructiva
- Factor Seguridad

Estos factores fueron asignados tomando en cuenta la realidad de las empresas constructoras nacionales. Lo que implicó que los factores de costo y tiempo serían predominantes, por cuanto se debe cumplir con un presupuesto y un programa preestablecidos.

La utilización de estos criterios de selección se fundamenta en que toda actividad relacionada con los procesos de la construcción de obras en general debe ser ejecutada de una manera eficiente, con el menor costo posible y dentro de las posibilidades reales del medio (factibilidad). El factor seguridad es inherente a todas las actividades constructivas sin importar donde se ejecuten, lo que se valora es el aspecto del riesgo asociado.

El mercado actual de la construcción obliga a las compañías constructoras a ser eficientes y a planificar sus actividades de manera que logren ser competitivas.

Por medio de la factibilidad se midieron las posibilidades reales de ejecutar una actividad cualquiera utilizando diferentes alternativas u opciones para su consecución. Este criterio midió el grado en que esta actividad es afectada por la probabilidad de contar o no con los equipos, materiales y personal indispensable para construir una obra determinada. En el caso de este proyecto se emplearon tres criterios de factibilidad, a los cuales se les asignó un factor numérico y son:

- Disponibilidad de equipo ( $F_1$ ), 0.40
- Disponibilidad de materiales ( $F_2$ ), 0.30
- Disponibilidad de personal ( $F_3$ ), 0.30

En el caso del factor seguridad, también se emplearon tres criterios de selección, los cuales son:

- Alto riesgo,  $S = 0$
- Mediano riesgo,  $S = 0.50$
- Bajo riesgo,  $S = 1$

Es importante recalcar que los factores de factibilidad y seguridad fueron criterios subjetivos cuya ponderación dependió de la experiencia.

A cada uno de los criterios de escogencia de actividades se le asignó un puntaje para obtener así una calificación de cada opción evaluada y que fue de 100 puntos como máximo.

Dado lo anterior,

- Al factor Costo se le asignó un máximo de 50 puntos
- Al factor Tiempo se le asignó un máximo de 30 puntos
- A la Factibilidad constructiva se le asignó como máximo 15 puntos
- Al factor Seguridad se le asignó un máximo de 5 puntos

Una vez que se definieron las alternativas para cada actividad, se procedió a evaluar independientemente cada una de acuerdo con los criterios antes mencionados. Para esto se utilizó el siguiente cuadro:

FACTORES	ALTERNATIVAS		
	A	B	C
<b>COSTO</b>	$C_A$	$C_B$	$C_C$
<b>TIEMPO</b>	$T_A$	$T_B$	$T_C$
<b>FACTIBILIDAD</b>	$F_A$	$F_B$	$F_C$
<b>SEGURIDAD</b>	$S_A$	$S_B$	$S_C$

Donde:

- $C_A$  = Costo alternativa A
- $C_B$  = Costo alternativa B
- $C_C$  = Costo alternativa C
- $T_A$  = Tiempo alternativa A
- $T_B$  = Tiempo alternativa B
- $T_C$  = Tiempo alternativa C
- $F_A$  = Factibilidad alternativa A
- $F_B$  = Factibilidad alternativa B
- $F_C$  = Factibilidad alternativa C
- $S_A$  = Seguridad alternativa A
- $S_B$  = Seguridad alternativa B
- $S_C$  = Seguridad alternativa C

Nota: En el caso del proyecto, se analizó como máximo cuatro alternativas para una actividad, pero en realidad, el análisis puede efectuarse para n cantidad de alternativas.

Primeramente se evaluó el costo, el cual se obtuvo mediante los métodos de presupuestación comúnmente empleados. De las

alternativas propuestas se eligió la de menor costo y se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje costo (PC)} = \frac{\text{Menor costo}}{\text{Costo de alternativa}} \times 50$$

De igual forma se evaluaron las opciones para el factor tiempo, el cual se calculó mediante el promedio de los rendimientos máximos y mínimos. Se eligió la alternativa de menor duración promedio y se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje tiempo (PT)} = \frac{\text{Menor tiempo prom}}{\text{Tiempo de alternativa}} \times 30$$

En el caso de la factibilidad constructiva se emplearon los criterios antes mencionados. Una vez asignada la calificación de cada criterio se procedió a realizar una ponderación para obtener una calificación final. Esto se resume en las siguientes fórmulas:

$$\text{Factibilidad de la alternativa (F)} = F_1 + F_2 + F_3$$

Donde  $F_1, F_2, F_3$  = Calificación para el criterio de factibilidad

$$\text{Puntaje factibilidad (PF)} = F \times 15$$

Si se trata de seguridad, también se emplearon los criterios citados anteriormente y se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje seguridad (PS)} = S \times 5$$

Donde S es el valor del criterio de seguridad utilizado, que podrá tener un único valor de 1, 0.50 ó 0, correspondiente a bajo riesgo, mediano riesgo y alto riesgo respectivamente.

Una vez obtenidos los cuatro puntajes de cada opción, se calculó la calificación final de éstas, mediante el empleo de la siguiente fórmula:

$$\text{Calificación final} = PC + PT + PF + PS$$

Una vez escogidas las mejores alternativas de mayor calificación final, se procedió a diseñar el programa de trabajo mediante la técnica de CPM y Pert, utilizando el programa de cómputo WinProject 98, en el cual

se evaluaron diferentes tiempos (pesimista, optimista y promedio).

Adicionalmente, se realizó un análisis probabilístico a una simulación de 20 réplicas (posibles duraciones) de las cuales se obtuvo un tiempo probable promedio.

Una vez tabulados los datos de las 20 réplicas se determinó el tiempo probable promedio para cada actividad. Estos tiempos fueron introducidos en el programa de cómputo antes mencionado, con lo que se obtuvo la duración probable del proyecto, así como la posibilidad de atrasos y la ruta crítica predominante.

A cada una de las actividades que presentaron alternativas en su método constructivo y que por su grado de dificultad pudieran tener muchos imprevistos, se les confeccionó una ficha técnica que incluyó la siguiente información: alternativa con mayor calificación final, posibles problemas de ejecución y un plan de contingencia.

Analizando los resultados obtenidos mediante el uso de esta metodología, se tiene que, por ejemplo, en la parte marítima en la excavación de zanjas de la porción coralina y marina la mejor alternativa resultó ser el uso del aditamento perfilador, ya que al compararlo con las demás opciones, es el que ofreció un mayor rendimiento de excavación, por lo que su costo por unidad excavada resultó ser el menor de las tres opciones. Al ser un equipo más eficiente, los plazos de ejecución fueron más cortos, además su empleo fue de bajo riesgo para el personal involucrado en la actividad, aunque la factibilidad obtuvo el menor puntaje de las tres alternativas debido a la necesidad de importar el equipo.

De igual manera, se analizaron las alternativas resultantes que obtuvieron una mayor calificación final.

Del presente trabajo se pudo concluir lo siguiente:

De las diferentes corridas realizadas para el programa de trabajo empleando los tiempos optimistas, pesimistas, promedios y estándar, se deduce que en todos los casos, la ruta crítica se mantiene independientemente del tiempo que se emplee.

La valoración realizada de los factores de costo y tiempo tienen menos incertidumbre debido a que son factores cuantificables, mientras que los factores de seguridad y factibilidad son basados en la experiencia.

La metodología

En el campo de la construcción la experiencia en la elaboración de procesos constructivos es muy poca, pues las metodologías de diseño que se aplican, están más dirigidas a otras áreas laborales, como por ejemplo, los procesos industriales.

Los resultados obtenidos en el diseño del proceso permiten concluir que sí se puede concluir en el plazo establecido en el proceso licitatorio.

Los factores climáticos jugarán un papel preponderante en el desarrollo de la obra

El control de calidad es de suma importancia en este proyecto, debido a que una falla en el proceso afectaría en gran manera el propósito de la obra.

Es necesaria la implementación de un programa de seguridad estricto, por cuanto este proceso constructivo presenta riesgos asociados muy altos.

# Introducción

## Origen del Proyecto

En el año 1991 la región Atlántica fue sacudida por un sismo y producto de este acontecimiento se vio afectado el sistema del alcantarillado sanitario de la ciudad.

La emergencia obligó al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) a desarrollar el estudio y diseño necesarios para rehabilitar el alcantarillado sanitario, iniciando la primera fase con la colocación de tuberías y pozos de registro, correspondiendo al emisario submarino la etapa final para el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad. A través de éste, se busca aprovechar la dinámica marítima mediante los procesos de dilución y dispersión; así como la participación de la fauna marina para la degradación definitiva de la materia orgánica.

Una vez concluido el diseño, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados promovió una Licitación Pública en la que recibiría ofertas para la construcción del emisario submarino de la ciudad de Limón.

Dicha obra contempla un plazo de ejecución de 10 meses, por lo cual, la constructora adjudicataria requiere un proceso constructivo eficiente para evitar incumplimientos en el plazo contractual, que implicaría cancelar un monto de ₡ 15,000,000 semanales por concepto de multas.

Es importante recalcar que la construcción de este proyecto dio inicio en el mes de julio del año 2002.

Al no contar Costa Rica, con antecedentes en la construcción de este tipo de obras, se busca dejar documentado dicho diseño constructivo para que otros profesionales, estudiantes o el público en general tengan una referencia al respecto.

Al diseñar un proceso constructivo, se quiere encontrar una solución factible que cumpla con los requerimientos de costo, calidad, tiempo y seguridad de manera que los resultados obtenidos del diseño sean una herramienta para la toma de decisiones y permitan evaluar el plazo de ejecución establecido en el cartel de licitación.

## Descripción del Proyecto

### Ubicación del Proyecto

El emisario submarino se ubicará en la ciudad de Limón, provincia de Limón, cantón central y distrito central, dentro del distrito portuario administrado por la Junta Administrativa Portuaria para el Desarrollo de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA) específicamente en las coordenadas 09°59'31" latitud norte y 83°02'12" longitud oeste.

### Partes del Proyecto

#### Parte terrestre (Planta de Preacondicionamiento)

Actualmente, las aguas negras de la ciudad de Limón son descargadas sin tratamiento previo directamente en el litoral, contiguo al edificio de la Naval Portuaria, provocando evidentes problemas de contaminación ambiental (ver Figura 1).



**Figura N°1.** Zona de descarga actual nótese la poca área para la dilución de las agua negras.

Cabe recalcar que dichas aguas previamente fluyen por la red de cloacas y colectores sanitarios a través del sistema de tuberías existente hasta el Pozo de Registro N° PR276S ubicado frente al Parque Abel Robles, contiguo al Park Hotel, en el extremo sureste del cuadrante central, donde se encuentra la estación de bombeo final que impulsa el fluido hasta la Naval.

En sustitución de ese pozo se propone la construcción de una cámara enterrada, desde donde serán derivados los flujos hasta la *planta de preacondicionamiento* a construir.

### Parte Marítima (Emisario Submarino)

El emisario submarino ha sido subdividido en cuatro secciones constructivas: a) Porción terrestre, b) Porción marítima sobre fondo

coralino, c) Porción marítima sobre fondo no coralino, y d) Porción marítima-difusores.

La porción terrestre, comprende la instalación de la tubería de polietileno de alta densidad desde la caja de acceso y limpieza operativa, en la salida de la cachera de impulsión de la planta de preacondicionamiento (est.0+000), hasta el punto de interconexión con la porción marítima en la vecindad de la Oficina Naval (est.0+279.31). La línea de construcción propuesta considera el paso del emisario submarino a través del tajamar, extendiéndose sobre una franja paralela a éste, en el extremo superior de la costa.

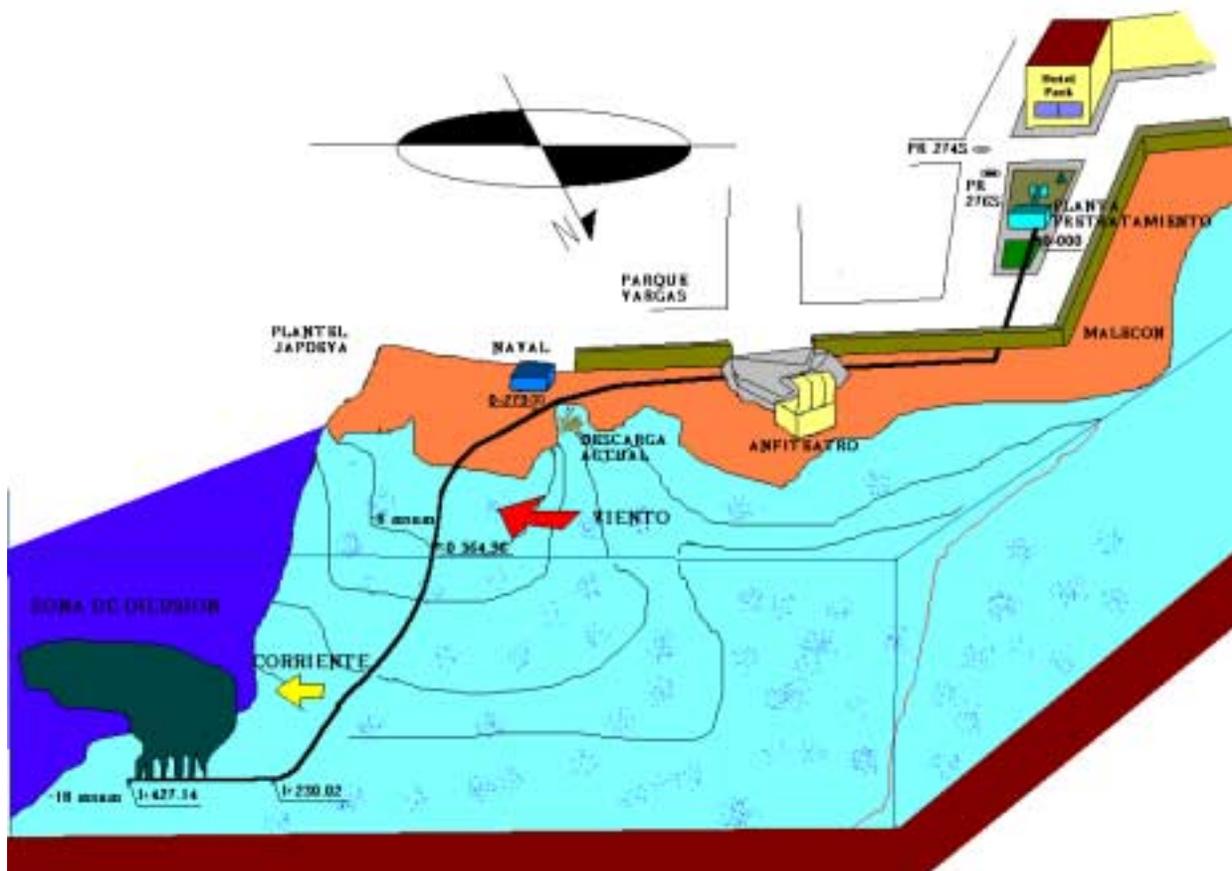
La porción marítima sobre fondo coralino, comprende el sector del emisario submarino que se entenderá bajo el mar sobre las formaciones de coral; desde el punto de interconexión con la porción terrestre (est.0+279.31) y sobre toda la longitud de las formaciones de coral existentes (est.0+564.96).

La porción marítima sobre fondo no coralino, comprende el sector del emisario submarino que se extenderá bajo el mar sobre formaciones rocosas, arenosas o limosas en las

que no están presentes estructuras de coral (est.0+564.96 a est. 1+230.02).

La porción marítima-difusores, comprende el extremo final del emisario submarino, que se extenderá sobre formaciones rocosas, arenosas o limosas, no coralinas, en el que se ha previsto colocar las tuberías de difusión a través de las cuales descargarán los flujos residuales (est. 1+230.02 a est. 1+427.14).

Lo antes descrito aparece gráficamente referenciado en la Figura 2.



**Figura 2.** Esquema de emisario submarino de la ciudad de Limón

# Objetivos

## Objetivo General

- Diseñar un proceso constructivo para la construcción del emisario submarino tanto en su parte terrestre como en la marítima.

## Objetivos Específicos

### PARTE TERRESTRE (Planta de tratamiento de aguas)

- Analizar diferentes opciones para la excavación profunda de la planta de tratamiento de aguas en cuanto a costos, tiempos, factibilidad y seguridad de la metodología a utilizar.
- Analizar el proceso a implementar para el colado del concreto estructural en todas sus etapas a saber: armadura, formaleta, aditivos y colado.
- Comprobar mediante un programa de actividades si los plazos preestablecidos por el propietario del proyecto son viables.
- Implementar un plan de seguridad ocupacional.
- Implementar un programa de control de calidad que cumpla con las normativas vigentes.

### PARTE MARÍTIMA (Emisario Submarino)

- Diseñar el proceso constructivo para la excavación en el lecho rocoso.
- Diseñar el procedimiento constructivo para el lanzamiento del emisario submarino en el mar.
- Comprobar mediante un programa de actividades si los plazos preestablecidos por el propietario del proyecto son viables.
- Implementar un plan de seguridad ocupacional.
- Implementar un programa de control de calidad que cumpla con las normativas vigentes.

# Marco Teórico

## (Consideraciones constructivas)

## Parte Marítima

### Emisario Submarino

Entre las diferentes alternativas para el tratamiento de las aguas negras o servidas, los emisarios submarinos, se presentan como una novedosa solución al problema de la disposición de las aguas residuales en Costa Rica y los países de América Latina y el Caribe.

La alternativa del emisario submarino con pretratamiento (militamices) o *tratamiento primario*, es un método de disposición más atractivo con relación al *tratamiento secundario* con disposición cercana a la costa, en términos de confiabilidad, eficiencia, costo y bajos requerimientos de operación y mantenimiento <sup>(1)</sup>, tomando en cuenta, que se debe evitar las descargas de aguas residuales cerca a comunidades biológicamente sensibles tales como los arrecifes de coral.

Los océanos han sido utilizados indiscriminadamente como un receptáculo de desechos humanos, sin embargo, en términos generales no han sufrido mayores cambios, pues la composición química de las aguas de mar se ha mantenido esencialmente igual por más de un millón de años. Aún más, cuando se compara la enorme cantidad de materia orgánica y sedimentos llevados al mar por los ríos del mundo como resultado de procesos naturales, la contribución de aguas cloacales producidas por el hombre es relativamente pequeña. Un ejemplo de esto se da al observar que la descarga fecal de las anchoas a las aguas costeras del sur de California es equivalente en contenido orgánico (demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos) a las aguas cloacales de alrededor de 90 millones de personas, y siendo este grupo marino sólo uno de los cientos de especies de vida en los océanos <sup>(1)</sup>.

El problema ocurre cuando se concentran los desechos en áreas pequeñas en vez de dispersarlos en áreas más amplias, en donde el proceso natural de purificación actúa más eficientemente. Normalmente, se desarrollan grandes centros poblados a lo largo de los litorales; en vista de la magnitud del océano, es lógico así como económico, que la descarga de las aguas residuales de las ciudades costeras se haga a las aguas marinas adyacentes<sup>(2)</sup>.

Para un tratamiento de aguas negras mediante un emisario submarino es necesario alcanzar diluciones iniciales del orden de 100 a 1 (esto es, por ejemplo, 1 litro de aguas negras en 100 litros de agua limpia) en forma consistente durante la descarga, lo que reduce la concentración de materia orgánica y nutrientes, a niveles que evitan efectos ecológicos adversos.

Después de la descarga, la reducción de organismos patógenos para cumplir con criterios establecidos para playas de recreo se obtiene a través de dilución física y mortalidad en el medio marino hostil. Como ha sido demostrado por numerosos investigadores, los emisarios submarinos apropiadamente diseñados para la descarga de aguas negras típicas, no han producido impactos ecológicos significativamente adversos. Para la descarga de sustancias tóxicas tales como PCBs (bifenilos policlorados), pesticidas, mercurio y otros, se necesitan análisis más profundos con énfasis en el control de las fuentes de origen.

Surge el dilema sobre cuál es la manera más apropiada de disposición final: la adopción de tratamiento convencional de aguas servidas versus emisarios submarinos. A menos que exista una clara justificación, en América Latina no se debe adoptar, a priori, prácticas de algunos países desarrollados que, obedeciendo a razones políticas en vez de técnicas, exigen el tratamiento secundario de aguas residuales. Más bien, en una situación de mar abierto, no compleja, los emisarios submarinos en combinación con tratamiento primario o el pretratamiento sólo para

la remoción de material flotante, grasa y aceite posee muchas ventajas sobre las soluciones convencionales que utilizan tratamiento secundario de aguas residuales con descargas más cercanas al litoral. Por ejemplo, una dilución inicial de 100 a 1 alcanzada por la aplicación de emisarios submarinos está muy lejos de lo que se puede lograr con tratamiento secundario convencional en lo que se refiere a remoción de materia orgánica y nutrientes. Asimismo, la posterior mortalidad de bacterias puede reducir aún más los patógenos a niveles comparables, o menores, a aquellos alcanzados por cloración de los efluentes secundarios. Un argumento adicional que favorece a los emisarios es que los procesos de tratamiento biológico están sujetos frecuentemente a trastornos que podrían resultar en la descarga de aguas residuales crudas en o cerca del litoral. Descontando las fallas de carácter estructural, lo que raramente se produce en diseños modernos, tales descargas no pueden ocurrir con el uso de emisarios submarinos que descargan fuera del litoral. Además, los emisarios submarinos pueden ser diseñados para manejar adecuadamente variaciones estacionales significantes del flujo de las aguas negras, debido a la población transitoria típica de áreas turísticas. Esta flexibilidad no sería tan factible con sistemas biológicos de tratamiento secundario..

El tratamiento secundario convencional también separa el efluente, a un costo elevado, en dos corrientes de aguas servidas: efluente tratado (que es casi siempre clorado) y lodo, ambos usualmente encuentran su camino hacia el ambiente marino por emisarios separados, lo cual puede considerarse superfluo. Finalmente, en plantas convencionales no hay reducción significativa de la mayoría de las sustancias tóxicas.

Un análisis económico de Ludwig <sup>(3)</sup> demuestra que para las aguas servidas urbanas típicas, la diferencia de costo de construcción, mantenimiento y operación entre el tratamiento secundario convencional, por una parte, y los emisarios submarinos largos con sólo tratamiento primario convencional, por la otra, claramente favorece a la última. Esta conclusión se basa en que emisarios submarinos largos (3 a 5 Km.) apropiadamente diseñados que descargan en aguas de profundidades mayores a 20 metros, casi siempre cumplen con estándares tanto de coliformes totales como fecales para playas de

recreo. Limitando el tratamiento sólo para la remoción de flotantes, grasa y aceite, la comparación sería aún más favorable a los emisarios submarinos, aunque para tales descargas se debe evaluar la posible acumulación de sedimento en el fondo y su posterior movimiento hacia el litoral debido a corrientes marinas cerca del mismo. Asimismo, el uso reciente de plásticos más económicos en la construcción de emisarios aumenta la viabilidad de esta alternativa para disposición de aguas servidas, especialmente para comunidades pequeñas e intermedias.

Uno de los materiales más utilizados en este tipo de obra es el polietileno de alta densidad (HDPE) con peso molecular alto y el polietileno de alta densidad con peso molecular extra alto. Del peso molecular dependen las características de dureza, durabilidad, resistencia al impacto, a la abrasión y al agrietamiento por esfuerzo ambiental. El peso molecular extra alto facilita el procedimiento de fusión de extremos de la tubería. La tubería de estos materiales tiene las siguientes ventajas:

- Es ligera y fácil de manejar.
- Puede ser ensamblada fácilmente en la playa por fusión de los extremos.
- Las juntas fusionadas correctamente son más fuertes que la tubería misma, lo que evita futuras fugas en la unión.
- Es suficientemente flexible como para ser colocada fácilmente en una ruta escabrosa, evitándose la remoción de rocas sumergidas, arrecifes, etc.
- El método de fusión de extremos es suficientemente rápido para permitir la instalación de un emisario submarino en pocos días.
- El polietileno es esencialmente inmune a los efectos corrosivos del agua marina y a los ataques de los organismos marinos.
- La tubería de HDPE es suficientemente ligera y fuerte como para ser remolcada y colocada en su sitio usando pequeños botes para remolque y alineación.
- Si es necesario, la tubería puede ser replotada inyectándole aire comprimido.

La tubería de HDPE es apropiada para fondos de arena, lodo, grava y pequeñas rocas, pero requiere pesas externas (usualmente hormigón armado) para mantenerla en su lugar e

impedir que flote o se mueva por las fuerzas hidrodinámicas. También puede colocarse sobre las rocas siempre que no exista una punta o escollo cortante.

Las principales desventajas de la tubería de polietileno son:

- El HDPE es un material relativamente suave que puede ser dañado por las anclas de los grandes barcos. Sin embargo, su alta resistencia al impacto protegerá la tubería de astillarse y romperse.
- En áreas sujetas a las fuerzas destructivas de tormentas en las zonas de oleaje y de mareas, se requiere protección adicional para enterrar o encasillar en concreto o piedras sueltas la tubería, como sucede con la mayoría de los materiales para tubería de emisarios submarinos.
- Si el emisario contiene trampas de aire, puede flotar si hay acumulación de gases.

## Descripción de actividades

La parte marítima del proyecto cuenta con las siguientes actividades:

- Excavación de zanjas, tanto en la porción marina como en la porción coralina.
- Fabricación de anclajes para la tubería.
- Armado de tubería en porción marina y en porción coralina (más anclajes).
- Colocación de tubería.
- Lanzamiento del emisario al mar.
- Demarcación, transporte y hundimiento de tubería.
- Concreto de zanjas porción marina y porción coralina.

## Excavación de zanjas

### Porción coralina

Se refiere a la excavación de 270 metros de longitud y una sección transversal de trinchera de 1.20 metros de ancho por 0.80 metro de profundidad.

Según estudios de laboratorio, el coral es un material que se puede considerar con una dureza similar a la de la piedra caliza, lo que

implica que es blando y que puede ser perfectamente trabajado con equipos de fresado. Además, es altamente poroso por lo que, al excavar muy cerca del mar, se pueden tener grandes infiltraciones de agua.

La excavación de zanjas en esta porción incluye la ruptura del tajamar, el paso de la trinchera a lo largo del anfiteatro (y su posterior reparación) y los pasos subterráneos a través de estructuras de salida de agua pluvial y sanitaria.

### Porción marina

Consta de una excavación de 340 metros longitud con una sección de trinchera de 1.80 metros de ancho por 1.60 metros de profundidad.

El objetivo de esta excavación radica en efectuar una transición entre la parte terrestre y la marítima, pasando desde los 0 m.s.n.m. hasta los -8 m.s.n.m., con el fin de atravesar la zona de rompiente del oleaje, que podría causar daños a la tubería en caso de quedar expuesta.

La excavación se efectúa en coral y en roca, que de igual manera pueden ser fresados.

## Anclajes

Los anclajes cumplen la función de impedir el desplazamiento horizontal de la tubería por efecto de las corrientes.

Se construirán con concreto reforzado de 350 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a los 28 días y llevará tres tipos de aditivos: uno para la protección contra el ataque químico, un superfluidificante y un densificador a base de microsílica.

El acero empleado en la fabricación de los anclajes será de grado 40 y llevará un recubrimiento epóxico para que lo proteja de la corrosión.

En el proyecto se presentan dos tipos de anclajes, uno para colocar dentro de la trinchera (en la zona de rompiente) con forma rectangular, y otro con forma trapezoidal que se colocará en la parte del emisario que descansará en el fondo marino. En ambos casos, irán espaciados a cada 4m.

Los anclajes de concreto deberán ser almacenados cerca del lugar de trabajo. Pero aún así, es necesario contar con el equipo adecuado para trasladarlos desde el área de almacenamiento hasta el sitio de trabajo y para

levantar la tubería de modo que se logren colocar los anclajes por debajo de ésta.

## Armado y colocación de tubería

La selección del sitio para la unión de la tubería se realiza según las condiciones del terreno circundante. Para este proyecto las tuberías correspondientes a la parte coralina serán armadas en su totalidad junto a la trinchera y luego colocadas dentro de la misma.

En lo que corresponde al sistema de tubería para la parte marina puede ser unida en un sitio que reúna las siguientes condiciones: cercano a un estero, accesible, con suficiente área y relativamente plano para realizar el proceso de alineado de la tubería y termofusión (de modo que exista al menos dos tubos de longitud entre la máquina de fusión y orilla del agua), de manera que luego pueda ser lanzada al agua y transportada hasta su sitio de instalación.

## Lanzamiento del emisario

El lanzamiento del emisario al mar dependerá de ciertas condiciones ambientales, tales como: oleaje, corrientes y la batimetría del sitio.

Con base en estas condiciones se decide entre utilizar una estructura de lanzamiento directa al mar o construir la misma estructura pero en un estero, donde las condiciones sean más favorables.

## Demarcación, transporte y hundimiento de la tubería

### Demarcación de la ruta

Para la selección de una ruta submarina, es necesario obtener la mayor cantidad de información posible. Dicha información puede ser obtenida de cartas náuticas, mapas oceanográficos, cartas y sondeos de mar. La inspección visual del fondo marino debe realizarse debido a que pequeños elementos que no aparecen en los mapas pueden causar problemas a la tubería.

El tiempo y dinero empleado en determinar la mejor ruta representa una buena inversión que ahorrará gran cantidad de problemas durante la instalación del emisario.

Es importante mantener un registro en donde se describan las áreas con más problemas y se anoten las condiciones del fondo marino, así como los materiales existentes. Deberán realizarse varias inmersiones para tratar de determinar la ruta más conveniente.

Los obstáculos así como la ruta deben ser señalados mediante el empleo de boyas de diferente color. Las boyas deberán ser lo suficientemente grandes y de colores brillantes para que puedan ser fácilmente visibles, que estén atadas con una cuerda adecuada a un anclaje seguro para prevenir que sean arrastradas por las corrientes, olas y viento. Durante el proceso de construcción es necesario evitar la manipulación de las boyas marcadoras colocándoles la señalización apropiada de manera que cumpla con lo recomendado por las autoridades locales. También se debe informar a los navegantes y pescadores para que eviten chocar contra las boyas y se mantengan alejados de la zona durante la construcción del emisario.

## Hundimiento del emisario

Sin importar si la tubería estará enterrada en una trinchera o si se colocará en el fondo del mar, es importante que en la zona de transición, esto es, la zona en la que la tubería deja la costa e ingresa al mar, ésta sea atrincherada antes de iniciar el hundimiento de la misma.

El diseño del emisario submarino contempla la flotación del mismo con los lastres de concreto acoplados y la tubería llena de aire. Para retener el aire en la tubería se utilizarán tapones de plato sellado en los extremos de ésta. En el extremo cercano a la orilla se colocará una válvula para regular la entrada de agua en el momento de la inmersión y en el extremo opuesto se colocará una válvula de escape de aire que regula la salida de éste cuando está en proceso el hundimiento del emisario.

El proceso de inmersión se realizará en forma gradual comenzando desde la orilla y en dirección hacia el terminal del emisario. Es preferible soltar el aire muy despacio y no rápidamente para evitar que la tubería se asiente en un sitio inadecuado. También hay que asegurarse que no queden bolsas de aire dentro del emisario. El control de la ubicación se realiza empleando botes que ayudan a mantener la dirección del emisario en su posición final

Una vez que el emisario submarino se encuentre en su posición final, deberán perforarse los difusores en la zona indicada en el diseño.

## Concreto de zanjas

Una vez colocada la tubería de polietileno dentro de las trincheras deberá ser protegida con concreto.

Este concreto será de una resistencia de 145 kg/cm<sup>2</sup>, además de incorporar a la mezcla los aditivos antes mencionados.

Además deberá ser colocado empleando equipo especializado, cuya selección dependerá de las condiciones de la zona de trinchera.

# Parte Terrestre

## Planta de Preacondicionamiento

### Control de entrada y rebalse de excedentes

Las aguas que fluyen por la red de cloacas y colectores sanitarios serán recolectadas en una cámara enterrada conocida como cámara de derivación, desde la cual serán conducidas hasta la planta de preacondicionamiento.

Esta cámara de derivación consiste en una estructura subterránea a la cual accesa la tubería de salida del Pozo de Registro N°PR274S (ver Figura 2). Los efluentes líquidos se derivan desde esta cámara hacia la planta de preacondicionamiento por medio de dos canales de transición y sendas tuberías de hierro dúctil.

La cámara de derivación se comunicará con la superficie por medio de un pozo que permite el ingreso de personal para realizar labores de limpieza y mantenimiento.

El dimensionamiento considera las operaciones de desobstrucción y en el caso eventual de interrupciones, su evacuación por rebalse hacia las alcantarillas pluviales existentes.

Elevado sobre el fondo de la cámara, se ha considerado colocar una canaleta de desagüe para verter los desechos acumulados en exceso dentro de ésta, en las tuberías de descarga pluvial que se extienden en paralelo sobre la misma calle del cuadrante.

## Separación de sólidos y control de flujos

Las tuberías, desde la cámara de derivación, ingresan a una cámara de entrada, que comunica con dos canales de conducción y permite la transición de flujos hacia ellos. El ingreso a la cámara de entrada se regula por medio de compuertas deslizantes, colocadas en los extremos de las tuberías de hierro dúctil, y que podrán ser operadas en forma manual o remota por medio del uso de dispositivos electromecánicos.

Los canales de conducción orientan el flujo de desechos a través de un sistema de rejillas que permitirán la separación de sólidos gruesos y otros materiales arrastrados por las corrientes en las alcantarillas y que ingresan indebidamente a los sistemas de tuberías.

Los materiales retenidos por el sistema de rejillas se depositan en un desnivel de fondo y se acumularán temporalmente hasta su remoción manual.

La remoción se realizará arrastrando los materiales sobre los barrotes hasta una canaleta de recolección, desde donde se deslizarán, para su acopio, hacia depósitos de acero inoxidable. Realizada la separación de gruesos, los flujos serán aforados mediante medidores de caudal.

Desde la unidad de medición, se conducirá el caudal efluente hasta una batería de equipos para el tamizado de partículas finas. Se utilizará para esto tubería de hierro dúctil y tres cajas de registro. Sobre la caja de registro de salida, se colocará, para situaciones de emergencia, una compuerta deslizante adicional que será operada únicamente en forma manual.

## Separación de partículas en suspensión

A la caja de salida del componente anterior, se interconectará un sistema de tuberías de distribución provisto con ocho terminales de salida, una por cada equipo de remoción requerido. En cada una de estas salidas será colocada una válvula de compuerta para interrumpir la descarga individual de líquidos.

Se propone la utilización de ocho equipos mecánicos para el tamizado de los desechos líquidos. Estos equipos, conocidos como militamices, se han dispuesto en un nivel inferior al de la cachera de distribución, en función de las condiciones operativas de maniobra y las dimensiones de los mismos, calculados en función del tipo de remoción requerido, el volumen de flujos y las medidas típicas de estos dispositivos en el mercado local e internacional.

Las partículas y sólidos en suspensión que son tamizados, caen en unas cunetas ubicadas en el nivel inferior, bajo la base de los equipos. Los materiales son transportados a través de estas cunetas por medio de tornillos sin fin, de acción electromecánica, que los conducirán hasta las cestas de depósito, que forman parte del componente operativo siguiente.

Los líquidos drenados por los equipos caerán directamente en el tanque cisterna, que se ubicará bajo los dos niveles operativos que ocupará el proceso de separación de partículas.

El tanque cisterna se ha dimensionado para almacenar una fracción del volumen diario procesado, correspondiente a 9 minutos del caudal de bombeo.

La movilización de estos equipos y de los accesorios mecánicos de la cachera y el sistema de tornillos sin fin, obliga al uso de un sistema de grúas, con viga y carro viajero, que permitirá su transporte hasta las áreas de evacuación previstas.

## Sistema de bombeo

Los flujos residuales del sistema de cloacas ingresan a la estación de preacondicionamiento, en la cual los procesos iniciales implican pérdidas de carga que aumentan en gran magnitud la profundidad a la que deberán llegar estos flujos con el fin de completar su tratamiento; esto por tratarse de un proceso mecánico.

En contraposición, el nivel de salida de los mismos debe ser lo suficientemente elevado para permitir su ingreso en el emisario submarino y su conducción por gravedad a través de éste, hasta el punto de descarga final en el fondo marino.

Por esta razón, se ha dispuesto de un sistema de bombeo que incluye tres conjuntos de equipo motor-bomba y el arreglo mecánico de accesorios que permitirá la interconexión de éstos con el conducto de salida.

## Descripción de actividades

Para la parte terrestre se contará con las siguientes actividades:

- Ademado de excavación.
- Excavación en arena.
- Demoliciones
- Excavación en roca – coral.
- Concretos.
- Impermeabilización de estructuras.
- Conexión a sistema sanitario.

## Ademado de excavación

De acuerdo al análisis de estratos realizados por un laboratorio, se determinó un alto grado de fisuramiento del coral y una gran inestabilidad en el estrato arenoso, por lo que deberá analizarse la posibilidad de utilizar un sistema de ademado acorde con las posibilidades.

Puede elegirse entre dos sistemas que son: el de pantalla perforada, que consiste en realizar perforaciones hasta una profundidad que garantice la estabilidad de las paredes de la excavación. Dichas perforaciones deben ser rellenadas con concreto para garantizar la impermeabilización de la pantalla.

El otro método a estudiar consiste en el empleo del tablestacado, que se colocará en todo el perímetro a excavar de manera que se dé estabilidad a las paredes laterales para evitar su colapso al momento de realizar la excavación profunda de la planta de pretratamiento.

Dependiendo de la sección transversal de la planta, se hincará la tablestaca hasta 6 ó 12 metros de profundidad.

## Excavación en arena

Una vez solucionado el problema de estabilidad de la arena, la excavación de la misma se hará empleando alguno de los métodos más comúnmente utilizados en la excavación de este tipo de material.

Según estudios de laboratorio la profundidad a la que se encuentra la arena es de hasta 5 metros, con presencia de nivel freático desde los 3m de profundidad, debido a que la planta de pretratamiento se construirá a tan sólo 25 m de distancia del mar.

## Demoliciones

Lo único que deberá demolerse es una pared del tanque de almacenamiento de la caseta de bombeo existente, que se encuentra a una profundidad que varía desde el nivel 0 hasta el nivel -6m.

## Excavación roca – coral

La excavación de roca – coral va desde los –5 m hasta los –12m.

Dadas las características del coral, éste puede ser desbastado mediante el empleo de fresadoras hidráulicas.

Es importante mencionar que en este tipo de excavación se deberá emplear un buen sistema de bombeo para abatir el agua infiltrada hasta un nivel que permita la adecuada operación del equipo.

## Concretos

Se empleará concreto reforzado de 280 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a los 28 días y llevará tres tipos de aditivos: uno para la protección contra el ataque químico, un superfluidificante y un densificador a base de microsíllica.

El sistema de encofrados dependerá de varios factores, entre ellos: costo, tiempo de ensamblado y desencofrado, manipulación y disponibilidad, entre otros.

El acero de refuerzo empleado será grado 40 y tendrá que ser modulado de acuerdo al diseño estructural de la planta de pretratamiento.

Cuando se haya finalizado la chorroa de la estructura de la planta, todas las caras internas

deberán ser impermeabilizadas utilizando un producto de última generación, que actúa por penetración entre los poros del concreto.

## Conexión a sistema sanitario

Una vez concluidas todas las actividades, tanto de la parte marítima como de la parte terrestre, se realiza la conexión al sistema sanitario, de manera que el emisario submarino entre en funcionamiento.

# Metodología

Al momento de diseñar un proceso constructivo surgen distintas metodologías para una misma actividad. Esto implica que se debe realizar un análisis de las alternativas para obtener una que cumpla con los criterios de escogencia propuestos para este trabajo.

Estos criterios pueden ser muchos, pero para efectos del proyecto, se utilizaron los siguientes:

- Factor Costo
- Factor Tiempo
- Factibilidad constructiva
- Factor Seguridad

Estos factores se asignaron tomando en cuenta la realidad de las empresas constructoras nacionales. Lo que implica que los factores de costo y tiempo fueron predominantes por cuanto se debe cumplir con un presupuesto y un programa preestablecidos. La utilización de estos criterios de selección se fundamentó en que toda actividad relacionada con los procesos de la construcción de obras en general debe ser ejecutada de una manera eficiente, con el menor costo posible y dentro de las posibilidades reales del medio (factibilidad). El factor seguridad es inherente a todas las actividades constructivas sin importar donde se ejecuten, lo que se valoró es el aspecto del riesgo asociado.

El mercado actual de la construcción obliga a las compañías constructoras a ser eficientes y a planificar sus actividades de manera que logren ser competitivas.

El aspecto económico está íntimamente ligado con el factor tiempo, ya que en principio a mayor duración de las actividades, mayor será la carga económica por equipo y mano de obra. Si a esto se le suma la pérdida monetaria producto de la disminución en el valor adquisitivo de la moneda con el tiempo, se concluye que a mayor duración de un proyecto, la utilidad esperada disminuye corriéndose el riesgo de terminar el proyecto con pérdidas.

La factibilidad mide las posibilidades reales de ejecutar una actividad cualquiera utilizando diferentes alternativas u opciones para su consecución. Este criterio midió el grado en que una actividad es afectada por la posibilidad de contar o no con los equipos, materiales y personal indispensable para construir una obra determinada. En el caso de este proyecto se emplearon tres criterios de factibilidad, a los cuales se les asignó un factor numérico, a saber:

- Disponibilidad de equipo ( $F_1$ ), 0.40
- Disponibilidad de materiales ( $F_2$ ), 0.30
- Disponibilidad de personal ( $F_3$ ), 0.30

En el caso del factor seguridad, también se emplearon tres criterios de selección, los cuales fueron:

- Alto riesgo, 0
- Mediano riesgo, 0.50
- Bajo riesgo, 1

Es importante recalcar que los factores de factibilidad y seguridad son criterios subjetivos cuya ponderación dependerá de la experiencia.

A cada uno de los criterios de escogencia de actividades se le asignó un puntaje para obtener así una calificación de cada opción evaluada y que fue de 100 puntos como máximo.

Dado lo anterior,

- Al factor Costo se le asignó un máximo de 50 puntos
- Al factor Tiempo se le asignó un máximo de 30 puntos
- A la Factibilidad constructiva se le asignaron como máximo 15 puntos
- Al factor Seguridad se le asignó un máximo de 5 puntos.

Una vez que se definieron las alternativas para cada actividad, se procedió a evaluar independientemente cada una de acuerdo con los criterios antes mencionados. Para esto se utilizó el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.** Selección de alternativa

FACTORES	ALTERNATIVAS		
	A	B	C
<b>COSTO</b>	C <sub>A</sub>	C <sub>B</sub>	C <sub>C</sub>
<b>TIEMPO</b>	T <sub>A</sub>	T <sub>B</sub>	T <sub>C</sub>
<b>FACTIBILIDAD</b>	F <sub>A</sub>	F <sub>B</sub>	F <sub>C</sub>
<b>SEGURIDAD</b>	S <sub>A</sub>	S <sub>B</sub>	S <sub>C</sub>

Donde:

C<sub>A</sub> = Costo alternativa A

C<sub>B</sub> = Costo alternativa B

C<sub>C</sub> = Costo alternativa C

T<sub>A</sub> = Tiempo alternativa A

T<sub>B</sub> = Tiempo alternativa B

T<sub>C</sub> = Tiempo alternativa C

F<sub>A</sub> = Factibilidad alternativa A

F<sub>B</sub> = Factibilidad alternativa B

F<sub>C</sub> = Factibilidad alternativa C

S<sub>A</sub> = Seguridad alternativa A

S<sub>B</sub> = Seguridad alternativa B

S<sub>C</sub> = Seguridad alternativa C

Primeramente se evaluó el costo, el cual se obtuvo mediante los métodos de presupuestación comúnmente empleados. De las alternativas propuestas se eligió la de menor costo y se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje costo (PC)} = \frac{\text{Menor costo}}{\text{Costo de alternativa}} \times 50$$

De igual forma se evaluaron las opciones para el factor tiempo, el cual se calculó mediante el promedio de los rendimientos máximos y mínimos. Se eligió la alternativa de menor duración promedio y se evaluó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje tiempo (PT)} = \frac{\text{Menor tiempo prom}}{\text{Tiempo de alternativa}} \times 30$$

En el caso de la factibilidad constructiva se emplearon los criterios antes mencionados. Una vez asignada la calificación de cada criterio se procedió a realizar una ponderación para obtener una calificación final. Esto se resume en las siguientes fórmulas:

$$\text{Factibilidad de la alternativa (F)} = F_1 + F_2 + F_3$$

Donde F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> = Calificación para el criterio de factibilidad

$$\text{Puntaje factibilidad (PF)} = F \times 15$$

Si se trata de seguridad, también se emplearon los criterios citados anteriormente y se obtuvo la siguiente fórmula:

$$\text{Puntaje seguridad (PS)} = S \times 5$$

Donde S es el valor del criterio de seguridad utilizado, que tuvo un único valor de 1, 0.50 ó 0, correspondiente a bajo riesgo, mediano riesgo y alto riesgo, respectivamente.

Una vez obtenidos los cuatro puntajes de cada opción, se calculó la calificación final de la misma, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Calificación final} = PC + PT + PF + PS$$

Una vez escogidas las mejores alternativas de mayor calificación final, se procedió a diseñar el programa de trabajo mediante la técnica de CPM y Pert, utilizando el programa de cómputo WinProject 98 de Microsoft, en el cual se evaluaron diferentes tiempos, tales como: Tiempo pesimista, Tiempo optimista y Tiempo promedio.

Adicionalmente, se realizó un análisis probabilístico a una simulación de 20 réplicas (posibles duraciones) de las cuales se obtuvo un tiempo probable promedio. El procedimiento para su obtención fue la generación aleatoria de dos valores R1 y R2 comprendidos entre 0 y 1, con los cuales, basados en una distribución triangular, dio como resultado las siguientes fórmulas:

$$\text{Si } R1 \leq \frac{(t \text{ prom} - t \text{ opt})}{(t \text{ pes} - t \text{ opt})}$$

entonces:

$$T \text{ probable} = t \text{ opt} + (t \text{ prom} - t \text{ opt}) * \sqrt{R1}$$

$$\text{Si } R1 > \frac{(t \text{ prom} - t \text{ opt})}{(t \text{ pes} - t \text{ opt})}$$

entonces,

$$T \text{ probable} = t \text{ pes} - (t \text{ pes} - t \text{ prom}) * \sqrt{R2}$$

donde:

t probable = tiempo probable  
t prom = tiempo promedio  
t opt = tiempo optimista  
t pes = tiempo pesimista

Una vez tabulados los datos de las 20 réplicas se determinó el tiempo probable promedio para cada actividad. Estos tiempos se introdujeron en el programa de cómputo antes mencionado, con lo que se obtuvo la duración probable del proyecto, así como la posibilidad de atrasos y la ruta crítica predominante.

A cada una de las actividades que presentaron alternativas en su método constructivo y que por su grado de dificultad pueden tener imprevistos, se le confeccionó una ficha técnica que incluyó la siguiente información: alternativa con mayor calificación final, posibles problemas de ejecución y un plan de contingencia.

# Resultados

- i. Cuadros de alternativas con mayor calificación
- ii. Cuadro de análisis probabilístico
- iii. Programas de Trabajo
- iv. Fichas Técnicas de actividades
- v. Plan de Control de Calidad
- vi. Plan de Seguridad Ocupacional

## **Cuadros de alternativas con mayor calificación**

## Actividad: Excavación zanja porción coralina

OPCION 2			
EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	572,00	M3	\$30,67
CALIFICACIÓN		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	13,00	19,00	25,00
CALIFICACIÓN		30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,10	0,30	0,10
CALIFICACIÓN		7,50	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1.00
CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		92,50	
Excel 2000			

## Actividad: Excavación zanja porción marina

OPCION 2			
EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	245,00	m3	\$183,98
CALIFICACION		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	9,00	22,50	36,00
CALIFICACION		30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,10	0,30	0,10
CALIFICACION		7,50	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00
CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		92,50	
Programa de cómputo: Excel2000			

## Actividad: Concreto zanjas porción coralina

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	687,00	m3	\$9,27
	CALIFICACION		50,00
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	6,00	9,00	12,00
	CALIFICACION		30,00
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,40	0,30	0,30
	CALIFICACION		15,00
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
	CALIFICACION		5,00
	<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	100,00	

Programa de cómputo: Excel 2000

## Actividad: Concreto zanjas porción marina

OPCION 2			
CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	245,00	m3	\$135,78
	CALIFICACION		50,00
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	6,00	13,00	20,00
	CALIFICACION		30,00
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,30	0,30	0,30
	CALIFICACION		13,50
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
		0,50	
	CALIFICACION		2,50
	<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	96,00	
Excel 2000			

## Actividad: Traslado del emisario al sitio de hundimiento

OPCION 2			
TRASLADO DE TUBERÍA ESTERO CIENEGUITA A SITIO DE HUNDIMIENTO			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	1,00	GLOBAL	\$825,72
	CALIFICACION		50,00
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	0,33	0,50	0,66
	CALIFICACION		30,00
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,20	0,30	0,15
	CALIFICACION		9,75
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
	0,00		
	CALIFICACION		0,00
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		89,75	
Excel 2000			

## Actividad: Excavación en arena

OPCION 1			
EXCAVADORA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	300,00	M3	\$15,13
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>100,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Excavación en roca - coral

OPCION 2			
EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	2500,00	M3	\$21,06
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	25,00	33,00	41,00
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,10	0,30	0,15
CALIFICACION		8,25	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>93,25</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto de sello

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	25,31	M3	\$25,39
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	0,45	0,54	0,63
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>100,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto losa inferior (nivel -12.00 m)

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	116,00	M3	\$16,42
CALIFICACION		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00
CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto paredes y columnas del tanque de almacenamiento

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	125,00	M3	\$15,72
CALIFICACION		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00
CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto losa superior tanque almacenamiento (Nivel -8.25 m)

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	62,00	M3	\$16,42
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>97,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto paredes y columnas nivel bombeo y microtamices

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	62,00	M3	\$16,42
	CALIFICACION	50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00
	CALIFICACION	30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30
	CALIFICACION	12,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00
	CALIFICACION	5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>97,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto losa nivel parshall y pasarela (Nivel -5.70 m)

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	62,00	M3	\$16,42
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	0,94	1,28	1,61
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>97,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto paredes nivel parshall (Nivel -5.00 m a -2.44 m)

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	62,00	M3	\$16,42
CALIFICACION		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00
CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto paredes nivel parshall (Nivel -2.44 m a 0.00 m)

OPCION 1			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	62,00	M3	\$16,42
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	0,73	1,10	1,46
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>97,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Concreto nivel entrepiso superior (Nivel 0.00 m)

OPCION 2			
CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	28,00	M3	\$42,61
CALIFICACION		42,59	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	0,58	0,79	1,00
CALIFICACION		30,00	
FACTIBILIDAD	DISPONIBILIDAD DE EQUIPO	MATERIALES	PERSONAL
	0,30	0,30	0,30
CALIFICACION		13,50	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>91,09</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Ademado de excavación

OPCION 1			
TABLESTACADO			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	720,00	M2	\$274,09
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	32,00	35,00	38,00
CALIFICACION		29,57	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>96,57</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Demoliciones

OPCION 1			
MARTILLO HIDRAULICO			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	125,00	M2	\$8,58
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>100,00</b>	
Excel 2000			

## Actividad: Impermeabilización de estructuras

OPCION 2			
PENETRON PLUS			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	720,00	M2	\$11,39
CALIFICACION		50,00	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
	23,00	27,00	31,00
CALIFICACION		30,00	
<b>FACTIBILIDAD</b>	<b>DISPONIBILIDAD DE EQUIPO</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00
CALIFICACION		5,00	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>100,00</b>	
Excel 2000			

# **Cuadro de análisis probabilístico**



# Programas de Trabajo

- Tiempo Pesimista
- Tiempo Optimista
- Tiempo Promedio
- Tiempo Probable
- Tiempo Estándar
- Diagrama de Pert

# Fichas técnicas de actividades

### EXCAVACIONES EN CORAL (Porción marina)

<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Empleo de aditamento perfilador</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Falla de equipo Malas condiciones climáticas Oleaje Problemas con la importación del equipo
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Equipo nacionalizado con martillo hidráulico En caso de mal tiempo u oleaje, esperar a que condiciones mejoren.

### CONCRETO EN ZANJAS

<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Chorrea directa con tolva</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Falla de equipo Malas condiciones climáticas Oleaje
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Subcontratar concretos premezclados En caso de mal tiempo u oleaje, esperar a que condiciones mejoren.

### TRASLADO DE EMISARIO AL SITIO DE HUNDIMIENTO

<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Traslado tubería estero Cieneguita a sitio hundimiento</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Falla de equipo (remolcador y botes) Malas condiciones climáticas Oleaje Permisos
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Alquiler de más equipo. En caso de mal tiempo u oleaje, esperar a que condiciones mejoren.

<b>CHORREA DE CONCRETO DE PLANTA</b>	
<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Chorrea directa con tolva</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Falla de equipo Malas condiciones climáticas
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Subcontratar concretos premezclados. En caso de mal tiempo, esperar a que condiciones mejoren.

<b>ADEMADO</b>	
<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Tablestacado</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Falla de equipo Dureza extrema del material Importación del material Malas condiciones climáticas
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Subcontratar equipo de hincas de tablestacas. Realizar la actividad por muro perforado En caso de mal tiempo, esperar a que condiciones mejoren.

<b>DEMOLICIONES</b>	
<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Martillo hidráulico</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Falla de equipo Dureza extrema del material Malas condiciones climáticas
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Subcontratar martillo hidráulico. Realizar la actividad con perforadora neumática. En caso de mal tiempo, esperar a que condiciones mejoren.

## IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS

<b>ALTERNATIVA CON MAYOR CALIFICACIÓN:</b>	<b>Penetron Plus (distribuido por Intaco)</b>
<b>POSIBLES PROBLEMAS DE EJECUCIÓN:</b>	Atrasos en la entrega de material Exceso de agrietamiento Falta de oxidación de membrana de cura Malas condiciones climáticas
<b>PLAN DE CONTINGENCIA A IMPLEMENTAR:</b>	Compra de material con anticipación. Utilización de Xypex Relleno de grietas con Hydro Plug. Esperar a que se complete la oxidación o realizar remoción mecánica. En caso de mal tiempo, esperar a que condiciones mejoren.

# **Plan de Control de Calidad**

# Programa de control de calidad

Es importante mantener a lo largo del proyecto un sistema continuo de recolección de muestras con el fin de detectar cualquier anomalía en la calidad final de los trabajos.

Este proyecto, al contar con dos zonas claramente diferenciadas que son la parte terrestre y la parte marina, divide automáticamente los métodos que regirán la toma de muestras.

La parte terrestre se basa en su mayoría en el control de calidad del concreto, el cual debe cumplir con una serie de especificaciones por encontrarse en contacto con el agua marina. De ahí la necesidad de que el control de calidad se lleve a cabo continuamente con el fin de amortiguar los efectos del ataque químico y garantizar su durabilidad.

Se establece como mínimo la toma de tres cilindros por 7m<sup>3</sup> de concreto, y así comprobar la resistencia a los 7 y a los 28 días. En vista de que el programa de chorreas es continuo, se deben manejar los datos de la manera más expedita posible, con el fin de evitar atrasos en la obra.

En la parte marina se amplía más el sistema de recolección de datos, ya que se tiene que hacer pruebas a la tubería, y así poder garantizar la junta con el fin de evitarle serios problemas.

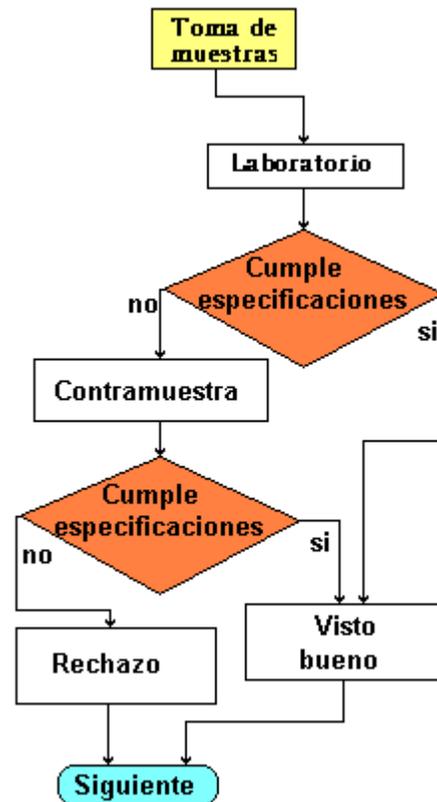
El procedimiento de control de calidad es llevado a cabo mediante el uso de ultrasonido en cada una de las juntas con el fin de que no sufran inclusiones de aire o una termofusión deficiente.

Los concretos tendrán el mismo proceso del concreto de la planta de tratamiento, además, en el caso de los anclajes se deberá poner especial cuidado en la aplicación de la pintura epóxica al acero.

La graduación de los agregados gruesos y finos de ser verificada cada 50 m<sup>3</sup>.

Antes de proceder con la producción de los concretos, tanto de la parte terrestre como de la marina, los agregados deben ser sometidos a las pruebas de aceptación que establecen las especificaciones.

El procedimiento para la aprobación o rechazo de muestras es el siguiente:



# **Plan de Seguridad Ocupacional**

# Plan de Seguridad

Dentro de las medidas de mitigación que se deberán utilizar para disminuir todos los riesgos asociados con el proceso constructivo se deberá implantar un plan de disposición de desechos y un plan de seguridad ocupacional.

Las recomendaciones que se puedan seguir para mitigar el efecto producido por la generación de los desechos provenientes del proceso constructivo, eventualmente resultan en costos bajos y porque no, generar ahorros.

Entre los análisis que se deben considerar se pueden mencionar los siguientes:

Planificar cuidadosamente las necesidades de materiales en cada etapa del proyecto.

Instruir al personal para que se aprovechen al máximo todos los materiales y que comprenda la necesidad de mantener el orden dentro de la obra.

Por el espacio disponible, llevar al sitio únicamente los materiales necesarios, si es posible, se deben llevar los materiales cortados y conformados de acuerdo a los requerimientos.

Se deben reforzar las medidas de prevención cuando se trata de desechos que pueden resultar peligrosos para la salud, por ejemplo: solventes, tratamientos superficiales en metales y encofrados, evitar dentro de lo posible el uso de materiales con componentes ecotóxicos, esto debido a la cercanía del mar con el proyecto.

Considerar la posibilidad de reutilizar los materiales que han sido empleados en una fase del proyecto.

Todos los materiales provenientes de las excavaciones deben ser llevados a un sitio seguro y seleccionado con anterioridad.

Las anteriores recomendaciones, pueden ser integradas a un plan de seguridad e higiene ocupacional, que según Decreto Ejecutivo N° 001-67-I Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo, establece las medidas concretas que deben ser cumplidas para garantizar la protección a la salud de los trabajadores durante el proceso constructivo del proyecto.

El orden, junto con la limpieza es lo más importante en la prevención de accidentes, debido a que disminuye la confusión y la

distracción entre los trabajadores. Un ambiente limpio, es un ambiente sano.

El orden tiene que ser incluido en las operaciones como parte de la rutina diaria.

Hay que hacer hincapié en el hecho de que es responsabilidad de cada trabajador mantener el orden y la limpieza.

Deberá existir un sitio especialmente acondicionado para que los trabajadores guarden las herramientas y a su vez debe existir un encargado del cuarto de herramientas para la inspección y reparación de las mismas.

Toda herramienta defectuosa tiene que ser reparada en forma inmediata o en su defecto ser sustituida con una herramienta nueva.

Los materiales como el cemento en bolsas, deben ser dispuestos de tal manera que los trabajadores puedan levantarlos siguiendo el procedimiento recomendado.

Todos los trabajadores deberán tener a disposición el equipo mínimo de seguridad:

- Máscaras o caretas respiratorias.
- Gafas y pantallas protectoras normales (contra proyección de partículas) y especiales (radiaciones luminosas o caloríficas).
- Cascos para toda clase de proyecciones violentas o posible caída de materiales. Guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzado especial.
- Trajes o equipos especiales para trabajos específicos.
- Protectores apropiados para los oídos.
- Chalecos reflectivos.
- Cualquier otro dispositivo o prenda que pueda proteger al trabajador contra los riesgos propios de su trabajo.

Las recomendaciones anteriores tienen que ser seguidas al pie de la letra y de ser necesario, el proyecto deberá contar con una persona que será la encargada de inspeccionar y garantizar el cumplimiento de las mismas.

# Análisis de Resultados

El objetivo principal de este trabajo consistió en seleccionar las alternativas mejor calificadas para diseñar un proceso constructivo para el proyecto del Emisario Submarino de la ciudad de Limón.

Es importante indicar, que al ser esta obra la primera en su tipo en el país, se tienen que adaptar procedimientos y rendimientos de actividades similares, excepto en aquellas en donde se ha consultado a expertos en la materia (ver referencias).

Para cumplir con dicho objetivo se realizó un estudio de las diferentes alternativas constructivas de algunas de las actividades del proceso. Este análisis se aplicó únicamente a aquellas actividades que contaron con más de una alternativa para desarrollar en cada proceso. En el resto de las actividades, este estudio no se efectuó por tratarse de procesos normales y sin opciones distintas.

Inicialmente se analizaron los resultados obtenidos para las actividades de la Parte Marítima. Tanto en la excavación de la trinchera de la porción coralina como la porción marina, la mejor alternativa resultó ser el uso del aditamento perfilador, ya que al compararlo con las demás opciones, es el que ofreció un mayor rendimiento de excavación, por lo que su costo por unidad excavada resultó ser el menor de las tres opciones. Al ser un equipo más eficiente, los plazos de ejecución fueron más cortos; además su empleo resultó ser de bajo riesgo para el personal involucrado en la actividad, aunque la factibilidad fuera la menor de las tres alternativas debido a la necesidad de importar el equipo.

En grado de importancia para la excavación de trincheras en la porción marina, el segundo lugar fue ocupado por la opción de explosivos que fue una alternativa que contó con una alta factibilidad de ejecución aunque se catalogó como un proceso de alto riesgo por todo lo que implica.

Asimismo, en la excavación de trincheras para la porción coralina, el empleo del martillo hidráulico ocupó el segundo lugar. Esta pudo ser considerada como alternativa viable aunque el

factor plazo representó más del doble que la primera opción seleccionada.

Para la colocación del concreto en la porción marina, se compararon dos opciones, siendo la chorrea con bomba estacionaria la más recomendable, debido principalmente a su rendimiento. La simple combinación del equipo de bombeo con las mezcladoras de concreto hizo que la actividad se desarrollara de una forma muy veloz con lo que se logró ahorrar tiempo y dinero; esto en beneficio de la obra. En cuanto a la factibilidad, presentó un alto grado de confianza ya que se logró contar con el equipo durante la mayor cantidad de tiempo posible, siendo la probabilidad de falla muy baja.

La segunda alternativa implicó la utilización del sistema de tolva, pero por su bajo rendimiento resultó una opción costosa.

El factor seguridad afectó por igual las dos alternativas estudiadas por lo que no se consideró un factor determinante en la selección de la metodología a emplear.

El análisis de alternativas para la chorrea del concreto en la trinchera en su parte coralina dio como resultado que la opción más recomendable era la chorrea directa con tolva.

Al contrario de la chorrea de trincheras en la parte marítima, ésta presentó la ventaja de que el acceso del equipo a la zona de trinchera era más sencillo, por esto la combinación de tolva y grúa para realizar el trabajo resulta la mejor opción en cuanto a costos, tiempo, factibilidad y seguridad.

Como segunda opción se consideró la chorrea con bomba estacionaria, aunque el rendimiento era similar a la opción anterior, el costo de los equipos de bombeo la convirtió en una alternativa más cara. La factibilidad se vio afectada debido a que la disponibilidad del equipo dependerá de la programación utilizada por la propietaria del mismo.

Todas las opciones comparadas tuvieron el mismo factor de seguridad por lo que no fue determinante en la selección del método.

Para el proceso de lanzamiento de la tubería, la alternativa más viable fue armar la tubería, colocar los anclajes y proceder con el lanzamiento, todo en los alrededores del estero de Cieneguita. Esta opción representó la mejor alternativa en cuanto a costos y tiempo, el aspecto de factibilidad presentó una desventaja con respecto al resto de alternativas debido a las condiciones sociales de la zona (vandalismo) que puede resultar en daños al equipo. En cuanto a espacio disponible para efectuar las labores, no se encontró inconveniente y la distancia de transporte desde el estero al sitio de hundimiento es corta; por último el factor seguridad asociado fue igual para todas las alternativas.

La segunda opción que se consideró fue realizar las actividades en la zona del estero de los canales del Tortuguero, el costo asociado con esta actividad fue cuatro veces y media más oneroso que la anterior opción. La distancia que había que recorrer para transportar la tubería al sitio de hundimiento fue cinco veces mayor que la alternativa elegida, lo que la convirtió en una opción con baja factibilidad y con un riesgo más alto que las otras opciones, dados los problemas implicados en el traslado.

En lo que corresponde a la parte Terrestre del proyecto, para el ademado de la excavación, se analizaron dos opciones viables. Según el criterio de selección, la alternativa de tablestacas fue la más adecuada. Esta básicamente fue la de menor costo, aunque fue una opción con mayor plazo de ejecución que la otra alternativa, la diferencia no se consideró como sustancial cuando se las comparó. Al final la ponderación de los diferentes criterios la determinaron como la opción a utilizar.

La opción de ademado empleando muro perforado ocupó el segundo lugar, sin embargo, el costo asociado fue el doble de la alternativa de tablestacas, en cuanto a factibilidad y seguridad, presentó iguales condiciones con respecto al primer método.

El análisis para la excavación en arena, indicó que la mejor alternativa era el uso de excavadora, al tener ésta un mayor rendimiento, el factor costo y el factor tiempo disminuyeron. El criterio de factibilidad fue alto ya que la permanencia del equipo en el sitio de obra sería constante y por esto podría ser empleado en

otras fases de la construcción. El aspecto de seguridad es un factor que fue igual para las opciones consideradas.

En lo concerniente a la excavación de la roca-coral, el empleo del aditamento perfilador fue la opción más viable debido a la calificación de los factores de costo y tiempo. El factor de factibilidad constructiva para esta alternativa fue bajo, debido principalmente a la necesidad de importar el equipo. Por último, el aspecto de la seguridad estableció que es una herramienta de uso seguro para el personal que interviene en la construcción.

Como segunda alternativa se consideró la opción de explosivos, sin embargo su implementación debería estar condicionada a que se garantice que las estructuras existentes cerca del sitio de construcción no sean afectadas. Esta situación provocó que el factor de seguridad de la alternativa decayera y se convirtiera en una situación de alto riesgo.

La tercera opción para esta alternativa fue la utilización de un martillo hidráulico, que en comparación con los explosivos poseía una suma de factores muy parecida, por lo tanto la convirtió en un método que debe ser considerado en caso de no poder utilizar explosivos.

Para efectuar las demoliciones indicadas, el empleo de un martillo hidráulico resultó por mucho la opción más indicada, obteniendo los máximos puntajes en los criterios de selección. De las tres alternativas analizadas para la colocación del concreto en las principales fases de construcción de la planta de pretratamiento, la combinación de una tolva con grúa fue la opción que mejor puntaje obtuvo. En este caso el factor determinante fue el costo, ya que fue la actividad más económica de las opciones analizadas. Además, los criterios de tiempo y seguridad fueron iguales para todas las alternativas analizadas. La factibilidad del equipo fue más baja que en el resto de opciones, pero ésta situación se mejora con una adecuada planificación de actividades.

En cuanto a la segunda alternativa, la opción de bomba estacionaria se presentó como un método más barato que el empleo con bomba telescópica, si a esto se le añadía el hecho de que tuvo mayor factibilidad, quedaba ubicada como la segunda alternativa a considerar en caso de ser necesario. Sin embargo, por aspecto constructivo, debería estudiarse la opción de realizar las chorreas de las paredes de la planta

de pretratamiento empleando la combinación de hormigoneras y bomba telescópica.

Para el proceso de impermeabilización se compararon dos opciones, la primera fue utilizando el impermeabilizante XYPEX y la segunda alternativa fue empleando el impermeabilizante Penetrón Plus. De la comparación respectiva se dedujo que el empleo de la segunda alternativa fue la más adecuada, ya que obtuvo la máxima calificación en los cuatro factores de selección de alternativas.

Con la información que se obtuvo de los rendimientos y el análisis de alternativas se procedió a montar el programa de trabajo.

En la parte marítima se dedujo que aunque existieran varias actividades con grandes holguras, las actividades dependerían absolutamente de las condiciones climáticas, y por lo tanto la realización de las mismas estaba condicionada a este factor. Esto hizo que se tuviera que idear una serie de planes de contingencia y, por lo tanto, la persona encargada de la ejecución de la obra debería establecer prioridades muy claras para evitar atrasos, principalmente en la importación de materiales y equipos.

Retomando las condiciones climáticas, se sabe que la zona de Limón presenta condiciones adversas para el periodo comprendido de Octubre a Febrero, presentando altas marejadas como producto directo de la temporada de Huracanes y lluvias en el Caribe, lo que implicó que el hundimiento del emisario debería hacerse a más tardar en Octubre, ya que después se tornaría sumamente difícil predecir las condiciones climáticas adecuadas para tal actividad.

Ante tal necesidad, se debió programar la excavación de las zanjas lo antes posible conjuntamente con el armado de la tubería lo cual es primordial, ya que sin duda el no poder realizar en esta fecha la colocación de tubo implicaría atrasos que incluirían la paralización de la actividad hasta marzo o sea una demora de más de cuatro meses.

Hubo que tener en cuenta que los materiales y la maquinaria deberían encontrarse en el proyecto lo antes posible, por cuanto la situación podría tornarse crítica, si a la postre dichas importaciones presentaran atrasos o inconvenientes, tales como manufactura deficiente o daños durante el transporte lo cual

imposibilitaría la colocación del tubo en la fecha esperada.

La probabilidad de tener riesgos tales como el ingreso de un huracán o marejadas fue sumamente difícil de cuantificar por cuanto no es posible determinarla con la información que se maneja en el país y además siempre que se depende de condiciones climáticas todo lo que se diga es especulación, o sea, el clima es sumamente variable e impredecible aún por expertos en la materia.

Es por eso que las actividades de importación, anclajes y armado deberían realizarse en el tiempo previsto y en caso contrario prever tales atrasos con un buen plan de contingencia que tome en cuenta posibles soluciones a problemas como desperfectos en maquinaria, importación de repuestos o adquisición de más equipo y aumento de personal.

Atraso en actividades como la elaboración de los anclajes y el armado que se suponen son actividades fáciles y controlables podrían dar al traste con la intención de hundir la tubería en Octubre, no obstante, si se consigue realizarlas en el menor tiempo posible sería probable sumergir la tubería en Septiembre, lo cual resultaría sumamente ventajoso y evitaría atrasos por mal tiempo.

Analizando los diferentes métodos constructivos para la excavación de la trinchera se determinó que es posible aumentar la producción con el uso del aditamento perfilador, es más, este método superó por mucho a los métodos convencionales para excavación en roca. Sin embargo, un proyecto no debería depender de una máquina por lo que los métodos convencionales podrían convertirse en una contingencia viable para solventar cualquier atraso por daño de la máquina o por bajo rendimiento.

No cabe duda al afirmar que la excavación es indispensable, de hecho, debería terminarse cuanto antes para proseguir con el hundimiento del emisario, esto significa que la excavación de la porción marina debería ser finalizada utilizando el método apropiado y que de acuerdo a los resultados, el perfilador sería el óptimo, ya que requiere poco mantenimiento y trabaja perfectamente debajo del agua.

Del análisis probabilístico, se obtuvo la duración promedio del proyecto, lo cual resultó importante, sin embargo, ésta no contempla

atrasos debido a inclemencias del tiempo o catástrofes naturales.

Observando el programa de trabajo se determinó que la ruta crítica permanece prácticamente invariable, ya que la planta de pretratamiento tuvo mayor duración y por lo tanto la parte marina no llegó a ser ruta crítica, excepto que no se cumpliera con el objetivo de hundirla a más tardar en octubre.

En caso de no poder cumplir con la meta del hundimiento en esa fecha, se tendría que esperar hasta que existan las condiciones climáticas idóneas de lo contrario el oleaje podría causar daños en la tubería y pérdida de los anclajes.

En la parte terrestre, los resultados mostraron que la mayoría de las actividades son parte de la ruta crítica, esto debido a dos principales razones, que la excavación de la planta fue precedida por la excavación de las zanjas de la parte marina y segundo a que las actividades fueron lineales, o sea que la chorrea del segundo nivel depende del fin del primer nivel.

Al resultar una programación lineal, el atraso en actividades como chorreas o encofrados afectaría directamente la ruta crítica y por lo tanto éste debería diluirse entre las actividades posteriores ya sea aumentando los turnos laborables o incrementando el número de cuadrillas con tal de recuperar el tiempo perdido. Todo esto tomando en cuenta los problemas de índole laboral y de productividad.

Actividades tales como el ademado debería contar con la importación de la tablestaca, lo cual involucraría cierto riesgo en cuanto a un posible atraso por parte de las navieras o por problemas de calidad del material. Se previó la instalación de la tablestaca con el fin de disminuir el caudal de entrada y así poder abatir el agua que entra del mar por las cavernas del coral.

La realización de las actividades según el modelo constructivo utilizado, dependería en gran forma del grado de abatimiento del agua y en caso de que el sistema de bombeo sea insuficiente se tendría que recurrir a otra metodología constructiva, ya sea para poder abatir el nivel del agua o algún sistema constructivo alternativo.

# Conclusiones

Luego de realizar diferentes análisis y haber efectuado las valoraciones de cada actividad, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

De las diferentes corridas realizadas para el programa de trabajo empleando los tiempos optimistas, pesimistas, promedios y estándar, se dedujo que en todos los casos, la ruta crítica se mantiene independientemente del tiempo que se emplee.

La valoración realizada utilizando los factores de costo y tiempo presentó una menor incertidumbre debido a que éstos son cuantificables, mientras que los factores de seguridad y factibilidad están basados en la experiencia.

La metodología de selección de las alternativas estudiadas en el presente trabajo resultó un sistema que puede ser implementado para cualquier proyecto, independientemente del tipo de obra que se construya.

En nuestro país la experiencia en la elaboración de procesos constructivos es casi nula, pues las metodologías de diseño que se aplican, están más dirigidas a otras áreas laborales, como por ejemplo, los procesos industriales.

Los resultados obtenidos en el diseño del proceso permitieron concluir que sí se puede concluir según el plazo establecido en el proceso licitatorio.

Los factores climáticos jugarían un papel preponderante en el desarrollo de la obra.

# Apéndices

- i. Cuadros de costos, rendimientos, tiempos y recursos de las alternativas.
- ii. Cuadros comparativos de alternativas de cada actividad.

## **Cuadros de costos, rendimientos, tiempos y recursos de las alternativas.**

Nota: Los cuadros que se presentan a continuación fueron realizados en el programa de cómputo Excel 2000.

## PARTE MARINA

### EXCAVACION ZANJA PORCION CORALINA

CANTIDAD

572,00m3

OPCION 1	
EMPLEO DE MARTILLO HIDRAULICO	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
2,05m3/hr	1,63m3/hr
TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
279,02hr	350,92hr
<b>35,00 días</b>	<b>44,00 días</b>
COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 690LC	\$60,00
MARTILLO 20-30 TON	\$35,00
1 COMPRESOR AIRE	\$18,00
2 BARRENOS	\$8,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$121,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
3 PEONES	\$5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$18,83</b>
COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$139,83</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 76,00 /m3</b>

OPCION 2	
EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
5,42m3/hr	2,82m3/hr
TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
105,54hr	202,84hr
<b>13,00 días</b>	<b>25,00 días</b>
COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA KOMATZU PC400	\$85,00
PERFILADORA	\$28,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$113,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
1 OPERARIOS	\$3,70
2 PEONES	\$3,52
<b>TOTAL</b>	<b>\$13,38</b>
COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$126,38</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 30,67 /m3</b>

OPCION 3	
EXPLOSIVOS	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
1,50m3/hr	1,20m3/hr
TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
381,33hr	476,67hr
<b>48,00 días</b>	<b>60,00 días</b>
COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 690LC	\$60,00
1 COMPRESOR AIRE	\$18,00
2 BARRENOS	\$8,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$86,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
3 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$22,35</b>
COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
1.2KG EXPLOSIVOS	\$2,35
<b>TOTAL</b>	<b>\$2,35</b>
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$108,35</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 82,61 /m3</b>

**EXCAVACION ZANJA PORCION MARINA**

<b>CANTIDAD</b>	<b>245,00m3</b>
-----------------	-----------------

<b>OPCION 1</b>	
EMPLEO DE MARTILLO HIDRAULICO	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
1,51m3/hr	0,56m3/hr

<b>OPCION 2</b>	
EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
3,24m3/hr	0,84m3/hr

<b>OPCION 3</b>	
EXPLOSIVOS	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
1,65m3/hr	0,49m3/hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
162,25hr	437,50hr
<b>20,00 días</b>	<b>55,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
75,62hr	291,67hr
<b>9,00 días</b>	<b>36,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
148,48hr	500,00hr
<b>19,00 días</b>	<b>63,00 días</b>

COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA KOMATZU PC400	\$85,00
MARTILLO 20-30 TON	\$35,00
1 COMPRESOR AIRE	\$18,00
1 BARCAZA	\$18,94
1 REMOLCADOR	\$200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$356,94</b>

COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA KOMATZU PC400	\$85,00
PERFILADORA	\$28,00
1 BARCAZA	\$18,94
1 REMOLCADOR	\$200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$331,94</b>

COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA KOMATZU PC400	\$85,00
1 COMPRESOR AIRE	\$18,00
2 BARRENOS	\$8,00
1 BARCAZA	\$18,94
1 REMOLCADOR	\$200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$329,94</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
3 PEONES	\$5,28
2 BUZOS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$48,83</b>
COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$405,77</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
1 OPERARIOS	\$3,70
2 PEONES	\$3,52
2 BUZOS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$43,38</b>
COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$375,32</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
3 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
2 BUZOS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$52,35</b>
COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
1.2KG EXPLOSIVOS	\$20,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$20,28</b>
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$382,29</b>

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 392,05 /m3</b>
------------------------------	----------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 183,98 /m3</b>
------------------------------	----------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 377,56 /m3</b>
------------------------------	----------------------

**CONCRETO ZANJAS PORCION CORALINA**

<b>CANTIDAD</b>	<b>687,00m3</b>
-----------------	-----------------

<b>OPCION 1</b>	
CHORREA DIRECTA CON TOLVA	
<b>RENDIMIENTO</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
14,00m3/hr	7,00m3/hr

<b>OPCION 2</b>	
CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA	
<b>RENDIMIENTO</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
14,00m3/hr	7,00m3/hr

<b>OPCION 3</b>	
CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
<b>RENDIMIENTO</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
14,00m3/hr	7,00m3/hr

<b>TIEMPO</b>	
<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
49,07hr	98,14hr
<b>6,00 días</b>	<b>12,00 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
49,07hr	98,14hr
<b>6,00 días</b>	<b>12,00 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
49,07hr	98,14hr
<b>6,00 días</b>	<b>12,00 días</b>

<b>COSTOS</b>	
<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO POR HORA</b>
2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
TOLVA	\$10,00
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 190LC	\$25,00
TOTAL	\$75,00

<b>COSTOS</b>	
<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO POR HORA</b>
2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00
TOTAL	\$160,00

<b>COSTOS</b>	
<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO POR HORA</b>
2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
TOTAL	\$190,00

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
<b>PERSONAL</b>	<b>COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)</b>
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
TOTAL	\$22,35

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
<b>PERSONAL</b>	<b>COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)</b>
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
TOTAL	\$22,35

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
<b>PERSONAL</b>	<b>COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)</b>
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
TOTAL	\$22,35

<b>COSTO MATERIALES</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO POR M3</b>
TOTAL	\$0,00
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$97,35</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO POR M3</b>
TOTAL	\$0,00
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$182,35</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO POR M3</b>
TOTAL	\$0,00
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$212,35</b>

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 9,27 /m3</b>
------------------------------	--------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 17,37 /m3</b>
------------------------------	---------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 20,22 /m3</b>
------------------------------	---------------------

## CONCRETO ZANJAS PORCION MARINA

CANTIDAD	245,00m <sup>3</sup>
----------	----------------------

OPCION 1	
CHORREA DIRECTA CON TOLVA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
3,00m <sup>3</sup> /hr	1,00m <sup>3</sup> /hr

OPCION 2	
CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
5,00m <sup>3</sup> /hr	1,50m <sup>3</sup> /hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
81,67hr	245,00hr
<b>10,00 días</b>	<b>31,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
49,00hr	163,33hr
<b>6,00 días</b>	<b>20,00 días</b>

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
BATIDORA 4 SACOS	\$10,00
TOLVA	\$10,00
1 BARCAZA	\$18,94
1 REMOLCADOR	\$200,00
BOBCAT 773	\$20,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$258,94</b>

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 CHOMPIPA 7M3	\$20,00
BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00
1 BARCAZA	\$18,94
1 REMOLCADOR	\$200,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$358,94</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
2 BUZOS	\$60,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$82,35</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
2 BUZOS	\$60,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$82,35</b>

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$341,29</b>
-------------------	-----------------

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$441,29</b>
-------------------	-----------------

COSTO PROMEDIO POR M3	<b>\$ 170,65 /m<sup>3</sup></b>
-----------------------	---------------------------------

COSTO PROMEDIO POR M3	<b>\$ 135,78 /m<sup>3</sup></b>
-----------------------	---------------------------------

## CONCRETO ANCLAJES

<b>CANTIDAD</b>	<b>174,00m3</b>
-----------------	-----------------

ARMADURA ANCLAJES	
6.604,38kg	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
45,00kg/hr	20,00kg/hr

ENCOFRADO METALICO	
10 UNIDADES DE CHORREA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
0,10m3/hr	0,05m3/hr

CHORREA ANCLAJES	
174,00m3	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
0,82m3/hr	0,41m3/hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
146,76hr	330,22hr
<b>18,00 días</b>	<b>41,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
100,00hr	200,00hr
<b>13,00 días</b>	<b>25,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
212,20hr	424,39hr
<b>27,00 días</b>	<b>53,00 días</b>

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
MONTACARGAS	\$6,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$6,00</b>

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1CHOMPIPA 7M3	\$20,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$20,00</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
3 OPERARIOS	\$11,09
3 PEONES	\$5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$16,37</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
3 OPERARIOS	\$11,09
3 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$19,89</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$16,19</b>

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR m3
	\$0,00

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
	\$0,00

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$16,37</b>
--------------------------	----------------

<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$25,89</b>
--------------------------	----------------

<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$36,19</b>
--------------------------	----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 13,09 /m3</b>
------------------------------	---------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 345,17 /m3</b>
------------------------------	----------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 58,85 /m3</b>
------------------------------	---------------------

**ARMADO DE TUBERÍA PORCION CORALINA (EST 0+000 A 0+2**

CANTIDAD	280,00m
	24TUBOS

TERMOFUSION DE TUBERIA	
SOLDADURA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
2,00hr/pega	3,00hr/pega

COLOCACION DE TUBERIA	
UBICACIÓN EN ZANJA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
32,00ml/hr	16,00ml/hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
48,00hr	72,00hr
<b>6,00 días</b>	<b>9,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
8,75hr	17,50hr
<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
MAQUINA SOLDAR HPDE	\$50,00
EXCAVADORA KOMATSU 200	\$40,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$90,00</b>

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
EXCAVADORA KOMATSU 200	\$40,00
EXCAVADORA JONH DEERE 690 E LC	\$60,00
HITACHI 270 LX	\$60,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$9,86
4 PEONES	\$7,04
<b>TOTAL</b>	<b>\$23,06</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
6 PEONES	\$10,56
<b>TOTAL</b>	<b>\$24,11</b>

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$113,06</b>
-------------------	-----------------

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$184,11</b>
-------------------	-----------------

COSTO PROMEDIO POR ML	<b>\$ 45,22 /m</b>
-----------------------	--------------------

COSTO PROMEDIO POR ML	<b>\$ 7,67 /m</b>
-----------------------	-------------------

**ARMADO DE TUBERÍA PORCION MARINA (MAS ANCLAJES)**

<b>CANTIDAD</b>	<b>1.147,00m</b>
-----------------	------------------

<b>TERMOFUSION DE TUBERIA</b>	
SOLDADURA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
1,75hr/pega	3,00hr/pega

<b>COLOCACIÓN DE ANCLAJES</b>	
1 UNIDAD@4 METROS	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
6,00und/hr	2,00und/hr

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
167,27hr	286,75hr
<b>21,00 días</b>	<b>36,00 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
47,79hr	143,38hr
<b>6,00 días</b>	<b>18,00 días</b>

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
MAQUINA SOLDAR HPDE	\$50,00
EXCAVADORA KOMATSU 200	\$40,00
1 BOTE	\$10,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$100,00</b>

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
EXCAVADORA KOMATSU 200	\$40,00
3 BOTE	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$70,00</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$9,86
4 PEONES	\$7,04
<b>TOTAL</b>	<b>\$23,06</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
4 PEONES	\$7,04
<b>TOTAL</b>	<b>\$20,59</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR ML
	\$0,00

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR ML

<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$123,06</b>
--------------------------	-----------------

<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>	<b>\$90,59</b>
--------------------------	----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR ML</b>	<b>\$ 51,81 /m</b>
------------------------------	--------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR ML</b>	<b>\$ 5,66 /m</b>
------------------------------	-------------------

## INSTALACIONES PROVISIONALES DEL EMISARIO

MUELLE PARA LANZADO DE TUBERIA EN ESTERO		CAMINO ACCESO PARA EXCAVACION DE TRINCHERA	
60,00m <sup>2</sup>		570,00m <sup>2</sup>	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
1,25m <sup>2</sup> /hr	0,65m <sup>2</sup> /hr	20,00m <sup>2</sup> /hr	10,00m <sup>2</sup> /hr
TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
48,00hr	92,31hr	28,50hr	57,00hr
<b>6,00 días</b>	<b>12,00 días</b>	<b>4,00 días</b>	<b>7,00 días</b>
COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
EXCAVADORA HITACHI 270 LX	\$60,00	EXCAVADORA KOMATSU 200	\$40,00
MARTINETE GRAVEDAD	\$25,00		
<b>TOTAL</b>	<b>\$85,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$40,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
3 OPERARIOS	\$11,09	2 OPERARIOS	\$7,39
4 PEONES	\$7,04	6 PEONES	\$10,56
1 SOLDADOR	\$14,78		
<b>TOTAL</b>	<b>\$39,07</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$24,11</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO	MATERIAL	COSTO POR M2
GLOBAL	\$4.560,00	COSTO M2	\$8.550,00
	\$4.560,00		\$8.550,00
TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$124,07</b>	TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$64,11</b>
COSTO PROMEDIO GLOBAL	<b>\$13.264,1</b>	COSTO PROMEDIO GLOBAL	<b>\$11.290,8</b>

## DIFUSORES Y VALVULA LENGÜETA

DIFUSORES		COLOCACION DE VALVULA	
30,00 und		1,00 und	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
3,00und/hr	2,00und/hr	0,50und/hr	0,25und/hr
TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
10,00hr	15,00hr	2,00hr	4,00hr
<b>5,00 días</b>	<b>8,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>
COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
BOMBA HIDRAULICA	\$25,00	BOMBA HIDRAULICA	\$25,00
EQUIPO SCUBA	\$20,00	EQUIPO SCUBA	\$20,00
BOTE	\$10,00	BOTE	\$10,00
TALADRO HIDRÁULICO	\$1,10	TALADRO HIDRÁULICO	\$1,10
TOTAL	\$56,10	TOTAL	\$56,10
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 BUZOS	\$90,00	2 BUZOS	\$90,00
2 OPERARIOS	\$7,39	2 OPERARIOS	\$7,39
TOTAL	\$97,39	TOTAL	\$97,39
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML	MATERIAL	COSTO POR ML
TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$153,49</b>	TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$153,49</b>
COSTO PROMEDIO POR UND	<b>\$ 61,40 /UND</b>	COSTO PROMEDIO POR UND	<b>\$ 409,31 /UND</b>

## TRASLADO DE EMISARIO AL SITIO DE HUNDIMIENTO

TRASLADO DE TUBERÍA ESTERO MOIN A SITIO HUNDIMIENTO	
12,45 km	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
1,00 km/hr	0,50 km/hr

TRASLADO DE TUBERÍA ESTERO CIENEGUITA A SITIO DE HUNDIMIENTO	
2,65 km	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
1,00 km/hr	0,50 km/hr

DIRECTO AL SITIO DE HUNDIMIENTO	
1.147,00m	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
24,00ml/hr	8,00ml/hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
12,45hr	24,90hr
<b>1,56 días</b>	<b>3,11 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
2,65hr	5,30hr
<b>0,33 días</b>	<b>0,66 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
47,79hr	143,38hr
<b>5,97 días</b>	<b>17,92 días</b>

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
REMOLCADOR	\$1.500,00
5 BOTES	\$50,00
TOTAL	\$1.550,00

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
REMOLCADOR	\$1.500,00
5 BOTES	\$50,00
TOTAL	\$1.550,00

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
2 BOTES	\$20,00
EXCAVADORA KOMATSU 200	\$40,00
TOTAL	\$60,00

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 BUZOS	\$90,00
4 OPERARIOS	\$14,78
4 PEONES	\$7,04
TOTAL	\$111,82

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 BUZOS	\$90,00
4 OPERARIOS	\$14,78
4 PEONES	\$7,04
TOTAL	\$111,82

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 BUZOS	\$90,00
1 OPERARIOS	\$3,70
1 PEONES	\$1,76
TOTAL	\$95,46

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$1.661,82</b>
----------------------	-------------------

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$1.661,82</b>
----------------------	-------------------

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$155,46</b>
-------------------	-----------------

COSTO PROMEDIO TOTAL	<b>\$3.879,32</b>
-------------------------	-------------------

COSTO PROMEDIO TOTAL	<b>\$825,72</b>
-------------------------	-----------------

COSTO PROMEDIO TOTAL	<b>\$1.857,41</b>
-------------------------	-------------------

## HUNDIMIENTO DE TUBERÍA

DEMARCACIÓN DE RUTA	
1.147,00m	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
25,00ml/hr	12,50ml/hr

HUNDIMIENTO	
1.147,00m	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
100,00ml/hr	50,00ml/hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
45,88hr	91,76hr
<b>15,29 días</b>	<b>30,59 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
11,47hr	22,94hr
<b>1,04 días</b>	<b>2,09 días</b>

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 BOTES	\$10,00
TOTAL	\$10,00

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
6 BOTES	\$60,00
REMOLCADOR	\$75,00
TOTAL	\$135,00

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 BUZOS	\$90,00
2 OPERARIOS	\$7,39
TOPOGRAFO	\$25
TOTAL	\$97,39

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
2 BUZOS	\$90,00
4 OPERARIOS	\$14,78
4 PEONES	\$7,04
TOTAL	\$111,82

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR ML

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$107,39</b>
-------------------	-----------------

TOTAL COSTOS/HORA	<b>\$246,82</b>
-------------------	-----------------

COSTO PROMEDIO TOTAL/ METRO	<b>\$6,44</b>
-----------------------------	---------------

COSTO PROMEDIO TOTAL/ METRO	<b>\$3,70</b>
-----------------------------	---------------

## PARTE TERRESTRE

### EXCAVACION ARENA

CANTIDAD

**300,00m<sup>3</sup>**

OPCION 1	
EXCAVADORA	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
9,60m <sup>3</sup> /hr	3,90m <sup>3</sup> /hr

OPCION 2	
BACK HOE	
RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO
3,80m <sup>3</sup> /hr	2,40m <sup>3</sup> /hr

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
5,84hr	14,38hr
<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>

TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO
14,76hr	23,38hr
<b>2,00 días</b>	<b>3,00 días</b>

COSTOS	
--------	--

COSTOS	
--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA HITACHI 270LX	\$60,00
2 VAGONETAS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$90,00</b>

COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 BACK HOE 416C	\$26,00
2 VAGONETAS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$56,00</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$2,46
2 PEONES	\$3,52
<b>TOTAL</b>	<b>\$12,14</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$3,70
3 PEONES	\$5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$15,14</b>

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3

COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$102,14</b>
---------------------	-----------------

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$71,14</b>
---------------------	----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 15,13 /m<sup>3</sup></b>
------------------------------	--------------------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 22,95 /m<sup>3</sup></b>
------------------------------	--------------------------------

**EXCAVACION ROCA-CORAL**

<b>CANTIDAD</b>	<b>2500,00m3</b>
-----------------	------------------

<b>OPCION 1</b>	
EMPLEO DE MARTILLO HIDRAULICO	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
4,55m3/hr	3,43m3/hr

<b>OPCION 2</b>	
EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
7,48m3/hr	4,52m3/hr

<b>OPCION 3</b>	
EXPLOSIVOS	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
4,50m3/hr	3,20m3/hr

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
329,67hr	437,32hr
<b>41,00 días</b>	<b>55,00 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
200,53hr	331,86hr
<b>25,00 días</b>	<b>41,00 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
333,33hr	468,75hr
<b>42,00 días</b>	<b>59,00 días</b>

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 690LC	\$60,00
MARTILLO 20-30 TON	\$35,00
1 COMPRESOR AIRE	\$18,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$113,00</b>

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA KOMATZU PC400	\$85,00
PERFILADORA	\$28,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$113,00</b>

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 690LC	\$60,00
1 COMPRESOR AIRE	\$18,00
2 BARRENOS	\$8,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$86,00</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
3 PEONES	\$5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$18,83</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
1 OPERARIOS	\$3,70
2 PEONES	\$3,52
<b>TOTAL</b>	<b>\$13,38</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
3 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$22,35</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M3
1.2KG EXPLOSIVOS	\$2,35
<b>TOTAL</b>	<b>\$2,35</b>

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$131,83</b>
---------------------	-----------------

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$126,38</b>
---------------------	-----------------

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$108,35</b>
---------------------	-----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 33,04 /m3</b>
------------------------------	---------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 21,06 /m3</b>
------------------------------	---------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 30,49 /m3</b>
------------------------------	---------------------

**CONCRETO SELLO**

<b>CANTIDAD</b>	<b>25,31m3</b>
-----------------	----------------

<b>OPCION 1</b>	
CHORREA DIRECTA CON TOLVA	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
7,00m3/hr	5,00m3/hr

<b>OPCION 2</b>	
CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
7,00m3/hr	5,00m3/hr

<b>OPCION 3</b>	
CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
7,00m3/hr	5,00m3/hr

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
3,62hr	5,06hr
<b>0,45 días</b>	<b>0,63 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
3,62hr	5,06hr
<b>0,45 días</b>	<b>0,63 días</b>

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
3,62hr	5,06hr
<b>0,45 días</b>	<b>0,63 días</b>

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
TOLVA	\$10,00
GRUA 75 TON	\$80,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$22,35</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$22,35</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIOS	\$7,39
5 PEONES	\$8,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$22,35</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$152,35</b>
---------------------	-----------------

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$182,35</b>
---------------------	-----------------

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$212,35</b>
---------------------	-----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 25,39 /m3</b>
------------------------------	---------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 30,39 /m3</b>
------------------------------	---------------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 35,39 /m3</b>
------------------------------	---------------------

LOSA INFERIOR (Nivel -12.00m)				CANTIDAD	116,00m <sup>3</sup>				
<b>ARMADURA</b>		<b>ENCOFRADO METALICO</b>		<b>OPCION 1</b>		<b>OPCION 2</b>		<b>OPCION 3</b>	
12296.0kg		40.00m <sup>2</sup>		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
<b>RENDIMIENTO</b>		<b>RENDIMIENTO</b>		<b>RENDIMIENTO</b>		<b>RENDIMIENTO</b>		<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO								
176.50kg/hr	157.40kg/hr	1.64m <sup>2</sup> /hr	1.61m <sup>2</sup> /hr	14.00m <sup>3</sup> /hr	7.00m <sup>3</sup> /hr	14.00m <sup>3</sup> /hr	7.00m <sup>3</sup> /hr	14.00m <sup>3</sup> /hr	7.00m <sup>3</sup> /hr
<b>TIEMPO</b>		<b>TIEMPO</b>		<b>TIEMPO</b>		<b>TIEMPO</b>		<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO								
69.67hr	78.12hr	24.39hr	28.27hr	8.29hr	16.57hr	8.29hr	16.57hr	8.29hr	16.57hr
<b>9,00 días</b>	<b>10,00 días</b>	<b>3,00 días</b>	<b>4,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>
<b>COSTOS</b>		<b>COSTOS</b>		<b>COSTOS</b>		<b>COSTOS</b>		<b>COSTOS</b>	
<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>		<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>		<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>		<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>		<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA								
GRUA 75 TON	\$80.00	GRUA 75 TON	\$80.00	2CHOMPFA 7M3	\$40.00	2CHOMPFA 7M3	\$40.00	2CHOMPFA 7M3	\$40.00
				TOLVA	\$10.00	BOMBA ESTACONARIA	\$120.00	BOMBA TELESCOPICA	\$150.00
				GRUA 75 TON	\$80.00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>		<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>		<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>		<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>		<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1MAESTRO OBRA	\$6.16								
4OP	\$14.78	2OP	\$7.39	6OPERAROS	\$22.18	6OPERAROS	\$22.18	6OPERAROS	\$22.18
6PEONES	\$10.56	5PEONES	\$8.80	8PEONES	\$14.08	8PEONES	\$14.08	8PEONES	\$14.08
<b>TOTAL</b>	<b>\$31,50</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$22,35</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>
<b>COSTO MATERIALES</b>		<b>COSTO MATERIALES</b>		<b>COSTO MATERIALES</b>		<b>COSTO MATERIALES</b>		<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M <sup>3</sup>								
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>								
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$111,50</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$102,35</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$172,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$202,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$232,42</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ ,67 /m<sup>3</sup></b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 67,12 /m<sup>3</sup></b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 16,42 /m<sup>3</sup></b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 19,28 /m<sup>3</sup></b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 22,13 /m<sup>3</sup></b>

PAREDES Y COLUMNAS DEL TANQUE ALMACENAMIENTO

CANTIDAD 125,00m3

ARMADURA		ENCOFRADO METALICO		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
13250,0kg		118,00m2		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
176,50kg/hr	157,40kg/hr	1,64m2/hr	1,41m2/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
75,07hr	84,18hr	71,95hr	83,69hr	6,07hr	12,14hr	6,07hr	12,14hr	6,07hr	12,14hr
<b>9,00 días</b>	<b>11,00 días</b>	<b>9,00 días</b>	<b>10,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
				TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00	BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
				GRUA 75 TON	\$80,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
4 OP	\$14,78	3 OP	\$11,09	4 OPERARIOS	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78
6 PEONES	\$10,56	6 PEONES	\$8,80	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$31,50</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$26,05</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$111,50</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$106,05</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$165,02</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$195,02</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$225,02</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ ,67 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 69,54 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 15,72 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 18,57 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 21,43 /m3</b>

LOSA SUPERIOR TANQUE ALMACENAMIENTO (Nivel -8.25 m)

CANTIDAD	62,00m <sup>3</sup>
----------	---------------------

ARMADURA		ENCOFRADO METALICO		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
6572,0kg		115,66m <sup>2</sup>		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
68,30kg/hr	51,22kg/hr	1,34m <sup>2</sup> /hr	1,11m <sup>2</sup> /hr	14,00m <sup>3</sup> /hr	7,00m <sup>3</sup> /hr	14,00m <sup>3</sup> /hr	7,00m <sup>3</sup> /hr	14,00m <sup>3</sup> /hr	7,00m <sup>3</sup> /hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
96,22hr	128,31hr	86,31hr	104,19hr	4,43hr	8,86hr	4,43hr	8,86hr	4,43hr	8,86hr
12,00 días	16,00 días	11,00 días	13,00 días	1,00 días	1,00 días	1,00 días	1,00 días	1,00 días	1,00 días
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
				TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00	BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
				GRUA 75 TON	\$80,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
4 OP	\$14,78	3 OP	\$11,09	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18
7 PEONES	\$12,32	7 PEONES	\$8,80	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$33,26</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$26,05</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$113,26</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$106,05</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$172,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$202,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$232,42</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 1,9 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 86,57 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 16,42 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 19,28 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 22,13 /m3</b>

PAREDES Y COLUMNAS NIVEL BOMBEO Y MICROTAMICES

CANTIDAD	<b>138,10m3</b>
----------	-----------------

ARMADURA		ENCOFRADO METALICO		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
14638,60kg		115,65m2		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
176,50kg/hr	157,40kg/hr	1,64m2/hr	1,41m2/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MAXIMO	MINIMO
82,94hr	93,00hr	70,52hr	82,02hr	9,86hr	19,73hr	9,86hr	19,73hr	9,86hr	19,73hr
<b>10,00 días</b>	<b>12,00 días</b>	<b>9,00 días</b>	<b>10,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
				TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00	BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
				GRUA 75 TON	\$80,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
4 OP	\$14,78	3 OP	\$11,09	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18
6 PEONES	\$10,56	5 PEONES	\$8,80	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$31,50</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$26,05</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$111,50</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$106,05</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$172,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$202,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$232,42</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ ,67 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 69,54 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 16,42 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 19,28 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 22,13 /m3</b>

LOSA NIVEL PARSHALL Y PASARELA ( Nivel -5.70m)

CANTIDAD **45,00m3**

ARMADURA		ENCOFRADO METALICO		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
4770,0,00kg		26,00m2		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
68,30kg/hr	51,22kg/hr	1,340m2/hr	1,11m2/hr	6,00m3/hr	3,50m3/hr	6,00m3/hr	3,50m3/hr	6,00m3/hr	3,50m3/hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
69,84hr	93,13hr	19,40hr	23,42hr	7,50hr	12,86hr	7,50hr	12,86hr	7,50hr	12,86hr
<b>9,00 días</b>	<b>12,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>3,00 días</b>	<b>0,94 días</b>	<b>1,61 días</b>	<b>0,94 días</b>	<b>1,61 días</b>	<b>0,94 días</b>	<b>1,61 días</b>
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
				TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00	BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
				GRUA 75 TON	\$80,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
4 OP	\$14,78	4 OP	\$14,78	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18
7 PEONES	\$12,32	7 PEONES	\$10,56	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$33,26</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$31,50</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$113,26</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$111,50</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$172,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$202,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$232,42</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 1,9 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 91,02 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 36,3 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 42,61 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 48,93 /m3</b>

PAREDES NIVEL PARSHALL (Nivel -5.00 a -2.44m)

CANTIDAD	119,00m3
----------	----------

ARMADURA		ENCOFRADO METALICO		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
12508,00kg		130,40m2		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
176,50kg/hr	157,40kg/hr	1,64m2/hr	1,41m2/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
70,87hr	79,47hr	79,51hr	92,48hr	8,50hr	17,00hr	8,50hr	17,00hr	8,50hr	17,00hr
9,00 días	10,00 días	10,00 días	12,00 días	1,00 días	2,00 días	1,00 días	2,00 días	1,00 días	2,00 días
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
				TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00	BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
				GRUA 75 TON	\$80,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
4 OP	\$22,18	4 OP	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78
6 PEONES	\$10,56	5 PEONES	\$8,80	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$38,90</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$29,74</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$118,90</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$109,74</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$165,02</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$195,02</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$225,02</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$,71 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 71,96 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 15,72 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 18,57 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 21,43 /m3</b>

PAREDES NIVEL PARSHALL (nivel -2.44 a 0.00m)

CANTIDAD **178,50m3**

ARMADURA		ENCOFRADO METALICO		OPCION 1		OPCION 2		OPCION 3	
18762,00kg		195,60m2		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA		CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
176,50kg/hr	157,40kg/hr	1,64m2/hr	1,41m2/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr	14,00m3/hr	7,00m3/hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
106,30hr	119,20hr	119,27hr	138,72hr	5,86hr	11,72hr	5,86hr	11,72hr	5,86hr	11,72hr
<b>13,00 días</b>	<b>15,00 días</b>	<b>15,00 días</b>	<b>17,00 días</b>	<b>0,73 días</b>	<b>1,46 días</b>	<b>0,73 días</b>	<b>1,46 días</b>	<b>0,73 días</b>	<b>1,46 días</b>
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
				TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00	BOMBA TELESCOPICA	\$150,00
				GRUA 75 TON	\$80,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$190,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
4 OP	\$22,18	3 OP	\$11,09	4 OPERARIOS	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78	4 OPERARIOS	\$14,78
5 PEONES	\$8,80	5 PEONES	\$8,80	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$37,14</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$26,05</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$35,02</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$117,14</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$106,05</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$165,02</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$195,02</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$225,02</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ ,7 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 69,54 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 15,72 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 18,57 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 21,43 /m3</b>

NIVEL ENTREPISO SUPERIOR (Nivel 0.00m)

CANTIDAD **28,00m3**

FORMALETA		ARMADURA		PANEL MULTITUBULAR		OPCION 1		OPCION 2	
185,30m2		2968,00kg		185,30m2		CHORREA DIRECTA CON TOLVA		CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
1,34m2/hr	1,11m2/hr	76,50kg/hr	57,40kg/hr	4,95m2/hr	3,75m2/hr	6,00m3/hr	3,50m3/hr	6,00m3/hr	3,50m3/hr
TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
138,28hr	166,94hr	38,80hr	51,71hr	37,43hr	49,41hr	4,67hr	8,00hr	4,67hr	8,00hr
<b>17,00 días</b>	<b>21,00 días</b>	<b>5,00 días</b>	<b>6,00 días</b>	<b>5,00 días</b>	<b>6,00 días</b>	<b>0,58 días</b>	<b>1,00 días</b>	<b>0,58 días</b>	<b>1,00 días</b>
COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS		COSTOS	
COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA						
GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	GRUA 75 TON	\$80,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00	2 CHOMPIPA 7M3	\$40,00
						TOLVA	\$10,00	BOMBA ESTACIONARIA	\$120,00
						GRUA 75 TON	\$80,00		
<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$80,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$130,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$160,00</b>
COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16						
3 OP	\$11,09	4OP	\$14,78	3 OP	\$11,09	6 OPERARIOS	\$22,18	6 OPERARIOS	\$22,18
7 PEONES	\$12,32	6 PEONES	\$10,56	5 PEONES	\$8,80	8 PEONES	\$14,08	8 PEONES	\$14,08
<b>TOTAL</b>	<b>\$29,57</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$31,50</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$26,05</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$42,42</b>
COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M3	MATERIAL	COSTO POR M3						
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$109,57</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$111,50</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$106,05</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$172,42</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$202,42</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 89,44 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 1,67 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 24,38 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 36,3 /m3</b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M3</b>	<b>\$ 42,61 /m3</b>

## LIMPIEZA Y DESMONTE

<b>CANTIDAD</b>	<b>465,00m<sup>2</sup></b>
-----------------	----------------------------

<b>OPCION 1</b>	
BACK HOE	
<b>RENDIMIENTO</b>	
MAXIMO	MINIMO
30,00m <sup>2</sup> /hr	13,50m <sup>2</sup> /hr

<b>TIEMPO</b>	
MINIMO	MAXIMO
15,50hr	34,44hr
<b>2,00 días</b>	<b>4,00 días</b>

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
EQUIPO	COSTO POR HORA
1 BACK HOE 416C	\$23,00
2 VAGONETAS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$53,00</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16
3 PEONES	\$5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$11,44</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
MATERIAL	COSTO POR M <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$64,44</b>
---------------------	----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>2</sup></b>	<b>\$ 2,96 /m<sup>2</sup></b>
---	-------------------------------

ADEMADO DE EXCAVACION							
				<b>CANTIDAD</b>		<b>720,00m<sup>2</sup></b>	
<b>OPCION 1</b>				<b>OPCION 2</b>			
TABLA ESTACADO				MURO PERFORADO			
720,00m <sup>2</sup>				720,00m <sup>2</sup>			
<b>RENDIMIENTO</b>				<b>RENDIMIENTO</b>			
<b>MAXIMO</b>		<b>MINIMO</b>		<b>MAXIMO</b>		<b>MINIMO</b>	
2,80m <sup>2</sup> /hr		2,40m <sup>2</sup> /hr		3,42m <sup>2</sup> /hr		2,10m <sup>2</sup> /hr	
<b>TIEMPO</b>				<b>TIEMPO</b>			
<b>MINIMO</b>		<b>MAXIMO</b>		<b>MINIMO</b>		<b>MAXIMO</b>	
257,14hr		300hr		210,53hr		342,86hr	
<b>32,00 días</b>		<b>38,00 días</b>		<b>26,00 días</b>		<b>43,00 días</b>	
<b>COSTOS</b>				<b>COSTOS</b>			
<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>				<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>			
<b>EQUIPO</b>		<b>COSTO POR HORA</b>		<b>EQUIPO</b>		<b>COSTO POR HORA</b>	
MARTINETE DELMAG		\$180,00		1 EXCAVADORA KOMATSU PC400		\$85,00	
GRUA 75TON		\$80,00		PERFORADORA 40CM <sup>2</sup>		\$157,00	
GUA		\$30,00		2 CHOMPPA 7M <sup>3</sup>		\$40,00	
EXTRACTOR		\$45,00		BOMBA TELESCOPICA		\$150,00	
<b>TOTAL</b>		<b>\$335,00</b>		<b>TOTAL</b>		<b>\$432,00</b>	
<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>				<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>			
<b>PERSONAL</b>		<b>COSTO POR HORA</b>		<b>PERSONAL</b>		<b>COSTO POR HORA</b>	
		(INCLUYE CARGAS SOCIALES)				(INCLUYE CARGAS SOCIALES)	
1 MAESTRO OBRA		\$6,16		1 MAESTRO OBRA		\$6,16	
2 OPERARIOS		\$7,39		3 OPERARIOS		\$3,70	
3 PEONES		\$5,28		4 PEONES		\$7,04	
<b>TOTAL HR</b>		<b>\$18,83</b>		<b>TOTAL</b>		<b>\$16,90</b>	
<b>COSTO MATERIALES</b>				<b>COSTO MATERIALES</b>			
<b>MATERIAL</b>		<b>COSTO POR M<sup>2</sup></b>		<b>MATERIAL</b>		<b>COSTO POR M<sup>2</sup></b>	
TABLA ESTACA		\$138,00		CONCRETO ESTRUCTURAL		\$181,00	
<b>TOTAL</b>		<b>\$138,00</b>		<b>TOTAL</b>		<b>\$181,00</b>	
<b>TOTAL COSTOS/HORA</b>		<b>\$353,83</b>		<b>TOTAL COSTOS</b>		<b>\$629,90</b>	
<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>2</sup></b>		<b>\$ 274,09 /m<sup>2</sup></b>		<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>2</sup></b>		<b>\$ 409,22 /m<sup>2</sup></b>	

DEMOLICIONES			
		<b>CANTIDAD</b>	<b>125,00m<sup>2</sup></b>
<b>OPCION 1</b>		<b>OPCION 2</b>	
MARTILLO HIDRAULICO		ROMPEDORA NEUMATICA	
<b>RENDIMIENTO</b>		<b>RENDIMIENTO</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
12,35m <sup>2</sup> /hr	9,60m <sup>2</sup> /hr	5,60m <sup>2</sup> /hr	4,40m <sup>2</sup> /hr
<b>TIEMPO</b>		<b>TIEMPO</b>	
<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
10,12hr	13,02hr	22,32hr	28,41hr
<b>1,00 días</b>	<b>2,00 días</b>	<b>3,00 días</b>	<b>4,00 días</b>
<b>COSTOS</b>		<b>COSTOS</b>	
<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>		<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO POR HORA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO POR HORA</b>
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 190LC	\$25,00	1 COMPRESOR A REY PUNTA	\$22,00
MARTILLO 10-15 TON	\$24,00	1 BACKHOE 416C	\$23,00
2 VAGONETAS	\$30,00	2 VAGONETAS	\$30,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$79,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$75,00</b>
<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>		<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
<b>PERSONAL</b>	<b>COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)</b>
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
1 OPERAR DS	\$3,70	2 OPERAR D	\$7,39
3 PEONES	\$5,28	3 PEONES	\$5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$15,14</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$18,83</b>
<b>COSTO MATERIALES</b>		<b>COSTO MATERIALES</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO POR M<sup>2</sup></b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO POR M<sup>2</sup></b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$94,14</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$93,83</b>
<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>2</sup></b>	<b>\$ 8,58 /m<sup>2</sup></b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>2</sup></b>	<b>\$ 18,77 /m<sup>2</sup></b>

**ESTRUCTURA DE DERIVACION Y REBALSE**

<b>CANTIDAD</b>	<b>6,75m<sup>3</sup></b>
-----------------	--------------------------

<b>CHORREA EN SITIO</b>	
<b>RENDIMIENTO</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>MINIMO</b>
0,30m 3,hr	0,20m 3,hr

<b>TIEMPO</b>	
<b>MINIMO</b>	<b>MAXIMO</b>
22,50hr	33,75hr
<b>3,00 días</b>	<b>4,00 días</b>

<b>COSTOS</b>	
---------------	--

<b>COSTO HORARIO EQUIPO</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>COSTO POR HORA</b>
1 EXCAVADORA JOHN DEERE 190LC	\$ 25,00
1 CHOMPA 7M 3	\$ 20,00
TOLVA	\$ 10,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$55,00</b>

<b>COSTO HORARIO MANO OBRA</b>	
<b>PERSONAL</b>	<b>COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)</b>
1 MAESTRO OBRA	\$ 6,16
1 OPERARIO	\$ 3,70
3 PEONES	\$ 5,28
<b>TOTAL</b>	<b>\$15,14</b>

<b>COSTO MATERIALES</b>	
<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO POR M<sup>3</sup></b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$70,14</b>
---------------------	----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 280,54 /m<sup>3</sup></b>
---	---------------------------------

**IMPERMEABILIZACION DE ESTRUCTURAS**

<b>CANTIDAD</b>	<b>720,00m<sup>2</sup></b>
-----------------	----------------------------

<b>OPCION 1</b>		<b>OPCION 2</b>	
XYPEX		PENETRON PLUS	
RENDIMIENTO		RENDIMIENTO	
MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
2,93m 2/hr	1,95m 2/hr	3,87m 2/hr	2,90m 2/hr

TIEMPO		TIEMPO	
MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
245,73hr	369,23hr	186,05hr	248,28hr
<b>31,00 días</b>	<b>46,00 días</b>	<b>23,00 días</b>	<b>31,00 días</b>

COSTOS		COSTOS	
--------	--	--------	--

COSTO HORARIO EQUIPO		COSTO HORARIO EQUIPO	
EQUIPO	COSTO POR HORA	EQUIPO	COSTO POR HORA
<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$0,00</b>

COSTO HORARIO MANO OBRA		COSTO HORARIO MANO OBRA	
PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)	PERSONAL	COSTO POR HORA (INCLUYE CARGAS SOCIALES)
1 MAESTRO OBRA	\$6,16	1 MAESTRO OBRA	\$6,16
2 OPERARIO	\$7,39	2 OPERARIO	\$7,39
2 PEONES	\$5,28	2 PEONES	\$3,52
<b>TOTAL</b>	<b>\$18,83</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$17,07</b>

COSTO MATERIALES		COSTO MATERIALES	
MATERIAL	COSTO POR M <sup>2</sup>	MATERIAL	COSTO POR M <sup>2</sup>
XYPEX	\$10,14	PENETRON	\$6,35
<b>TOTAL</b>	<b>\$10,14</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$6,35</b>

<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$18,83</b>	<b>TOTAL COSTOS</b>	<b>\$17,07</b>
---------------------	----------------	---------------------	----------------

<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 17,86 /m<sup>2</sup></b>	<b>COSTO PROMEDIO POR M<sup>3</sup></b>	<b>\$ 11,39 /m<sup>2</sup></b>
---	--------------------------------	---	--------------------------------

## **Cuadros comparativos de alternativas de cada actividad**

Nota: Los cuadros que se presentan a continuación fueron realizados en el programa de cómputo Excel 2000.

## EXCAVACION ZANJA PORCION CORALINA

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
EMPLEO DE MARTILLO HIDRAULICO				EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR				EXPLOSIVOS			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	572,00	m3	\$76,00		572,00	m3	\$30,67		572,00	m3	\$82,61
CALIFICACION		20,18		CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		18,57	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	35,00	39,50	44,00		13,00	19,00	25,00		48,00	54,00	60,00
CALIFICACION		14,43		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		10,56	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,15	0,30	0,20		0,10	0,30	0,10		0,35	0,30	0,30
CALIFICACION		9,75		CALIFICACION		7,50		CALIFICACION		14,25	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00						1,00		0,50
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		2,50	
CALIFICACIÓN FINAL		49,36		CALIFICACIÓN FINAL		92,50		CALIFICACIÓN FINAL		45,87	

EXCAVACION ZANJA PORCION MARINA

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
EMPLEO DE MARTILLO HIDRAULICO				EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR				EXPLOSIVOS			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	245,00	m3	\$392,05		245,00	m3	\$183,98		245,00	m3	\$377,56
CALIFICACION		23,46		CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		24,36	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	PROMEDI	MAXIMO
	20,00	37,50	55,00		9,00	22,50	36,00		19,00	41,00	63,00
CALIFICACION		18,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		16,46	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DAD DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,15	0,30	0,20		0,10	0,30	0,10		0,35	0,30	0,30
CALIFICACION		9,75		CALIFICACION		7,50		CALIFICACION		14,25	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00						1,00		0,50
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		2,50	
CALIFICACIÓN FINAL		56,21		CALIFICACIÓN FINAL		92,50		CALIFICACIÓN FINAL		57,58	

CONCRETO ZANJAS PORCION CORALINA

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	687,00	m3	\$9,27		687,00	m3	\$17,37		687,00	m3	\$20,22
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		26,69		CALIFICACION		22,92	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO
	6,00	9,00	12,00		6,00	9,00	12,00		6,00	9,00	12,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,40	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00						1,00		
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		100,00		CALIFICACIÓN FINAL		75,19		CALIFICACIÓN FINAL		70,67	

CONCRETO ZANJAS PORCION MARINA

OPCION 1				OPCION 2			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	245,00	m3	\$170,65		245,00	m3	\$135,78
CALIFICACION		39,78		CALIFICACION		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO
	10,00	20,50	31,00		6,00	13,00	20,00
CALIFICACION		19,02		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,40	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00		CALIFICACION		13,50	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
		0,50				0,50	
CALIFICACION		2,50		CALIFICACION		2,50	
CALIFICACIÓN FINAL		76,31		CALIFICACIÓN FINAL		96,00	

TRASLADO DE EMISARIO AL SITIO DE HUNDIMIENTO

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
TRASLADO DE TUBERÍA ESTERO MOIN A SITIO HUNDIMIENTO				TRASLADO DE TUBERÍA ESTERO CIENEGUITA A SITIO DE HUNDIMIENTO				DIRECTO AL SITIO DE HUNDIMIENTO			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	1,00	GLOBAL	\$3.879,32		1,00	GLOBAL	\$825,72		1,00	GLOBAL	\$1.857,41
CALIFICACION		10,64		CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		4,84	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	PROMEDI	MAXIMO
	1,56	2,33	3,11		0,33	0,50	0,66		5,97	11,95	17,92
CALIFICACION		6,39		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		1,25	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,10	0,30	0,15		0,20	0,30	0,15		0,25	0,30	0,20
CALIFICACION		8,25		CALIFICACION		9,75		CALIFICACION		11,25	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
	0,00				0,00				0,00		
CALIFICACION		0,00		CALIFICACION		0,00		CALIFICACION		0,00	
CALIFICACIÓN FINAL		25,28		CALIFICACIÓN FINAL		89,75		CALIFICACIÓN FINAL		17,34	

## EXCAVACION ARENA

OPCION 1				OPCION 2			
EXCAVADORA				BACK HOE			
<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
	300,00	M3	\$15,13		300,00	M3	\$22,95
<b>CALIFICACION</b>		<b>50,00</b>		<b>CALIFICACION</b>		<b>32,97</b>	
<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>PROMEDI</b>	<b>MAXIMO</b>	<b>TIEMPO (DIAS)</b>	<b>MINIMO</b>	<b>PROMEDI</b>	<b>MAXIMO</b>
	1,00	1,50	2,00		2,00	2,50	3,00
<b>CALIFICACION</b>		<b>30,00</b>		<b>CALIFICACION</b>		<b>18,00</b>	
<b>FACTIB.</b>	<b>DISPONIB. DE EQUIPO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>FACTIB.</b>	<b>DISPONIB. DE EQUIPO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PERSONAL</b>
	0,40	0,30	0,30		0,40	0,30	0,30
<b>CALIFICACION</b>		<b>15,00</b>		<b>CALIFICACION</b>		<b>15,00</b>	
<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>	<b>SEGURIDAD</b>	<b>ALTO RIESGO</b>	<b>MEDIANO RIESGO</b>	<b>BAJO RIESGO</b>
			1,00				1,00
<b>CALIFICACION</b>		<b>5,00</b>		<b>CALIFICACION</b>		<b>5,00</b>	
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>100,00</b>		<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		<b>70,97</b>	

Diseño del proceso constructivo del proyecto Emisario Submarino de la Ciudad de Limón

EXCAVACION ROCA-CORAL

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
EMPLEO DE MARTILLO HIDRAULICO				EMPLEO DE ADITAMENTO PERFILADOR				EXPLOSIVOS			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	2500,00	M3	\$33,04		2500,00	M3	\$21,06		2500,00	M3	\$30,49
CALIFICACION		18,84		CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		20,42	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO
	69,00	80,00	91,00		25,00	33,00	41,00		69,00	83,50	98,00
CALIFICACION		12,38		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		11,86	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,10	0,30	0,15		0,10	0,30	0,15		0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		8,25		CALIFICACION		8,25		CALIFICACION		15,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00		0,00		
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		0,00	
CALIFICACIÓN FINAL		44,47		CALIFICACIÓN FINAL		93,25		CALIFICACIÓN FINAL		47,27	

CONCRETO SELLO

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	25,31	M3	\$25,39		25,31	M3	\$30,39		25,31	M3	\$35,39
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		41,77		CALIFICACION		35,87	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDI	MAXIMO
	0,45	0,54	0,63		0,45	0,54	0,63		0,45	0,54	0,63
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,40	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		11,48	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		100,00		CALIFICACIÓN FINAL		90,27		CALIFICACIÓN FINAL		71,72	

LOSA INFERIOR (Nivel -12.00m)

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	116,00	M3	\$16,42		116,00	M3	\$19,28		116,00	M3	\$22,13
CALIFICACION 50,00				CALIFICACION 42,59				CALIFICACION 37,09			
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00
CALIFICACION 30,00				CALIFICACION 30,00				CALIFICACION 30,00			
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION 12,00				CALIFICACION 13,50				CALIFICACION 12,75			
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				1,00
CALIFICACION 5,00				CALIFICACION 5,00				CALIFICACION 5,00			
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		91,09		CALIFICACIÓN FINAL		84,84	

## PAREDES Y COLUMNAS DEL TANQUE ALMACENAMIENTO

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	125,00	M3	\$15,72		125,00	M3	\$18,57		125,00	M3	\$21,43
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,31		CALIFICACION		36,67	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		90,81		CALIFICACIÓN FINAL		84,42	

LOSA SUPERIOR TANQUE ALMACENAMIENTO (Nivel -8.25 m)

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	62,00	M3	\$16,42		62,00	M3	\$19,28		62,00	M3	\$22,13
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,59		CALIFICACION		37,09	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00						1,00		
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		91,09		CALIFICACIÓN FINAL		84,84	

## PAREDES Y COLUMNAS NIVEL BOMBEO Y MICROTAMICES

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	138,10	M3	\$16,42		138,10	M3	\$19,28		138,10	M3	\$22,13
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,59		CALIFICACION		37,09	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		91,09		CALIFICACIÓN FINAL		84,84	

LOSA NIVEL PARSHALL Y PASARELA ( Nivel -5.70m)

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	45,00	M3	\$36,30		45,00	M3	\$42,61		45,00	M3	\$48,93
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,59		CALIFICACION		37,09	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	0,94	1,28	1,61		0,94	1,28	1,61		0,94	1,28	1,61
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		91,09		CALIFICACIÓN FINAL		84,84	

PAREDES NIVEL PARSHALL (Nivel -5.00 a -2.44m)

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	119,00	M3	\$15,72		119,00	M3	\$18,57		119,00	M3	\$21,43
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,31		CALIFICACION		36,67	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00		1,00	1,50	2,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		90,81		CALIFICACIÓN FINAL		84,42	

PAREDES NIVEL PARSHALL (nivel -2.44 a 0.00m)

OPCION 1				OPCION 2				OPCION 3			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA				CHORREA CON BOMBA TELESCOPICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	178,50	M3	\$15,72		178,50	M3	\$18,57		178,50	M3	\$21,43
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,31		CALIFICACION		36,67	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	0,73	1,10	1,46		0,73	1,10	1,46		0,73	1,10	1,46
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30		0,25	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50		CALIFICACION		12,75	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		90,81		CALIFICACIÓN FINAL		84,42	

## NIVEL ENTREPISO SUPERIOR (Nivel 0.00m)

OPCION 1				OPCION 2			
CHORREA DIRECTA CON TOLVA				CHORREA CON BOMBA ESTACIONARIA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	28,00	M3	\$36,30		28,00	M3	\$42,61
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		42,59	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	0,58	0,79	1,00		0,58	0,79	1,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		13,50	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		97,00		CALIFICACIÓN FINAL		91,09	

## ADEMADO DE EXCAVACION

OPCION 1				OPCION 2			
TABLA ESTACADO				MURO PERFORADO			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	720,00	M2	\$274,09		720,00	M2	\$409,22
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		33,49	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	32,00	35,00	38,00		26,00	34,50	43,00
CALIFICACION		29,57		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,20	0,30	0,30		0,20	0,30	0,30
CALIFICACION		12,00		CALIFICACION		12,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		96,57		CALIFICACIÓN FINAL		80,49	

## DEMOLICIONES

OPCION 1				OPCION 2			
MARTILLO HIDRAULICO				ROMPEDORA NEUMATICA			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	125,00	M2	\$8,58		125,00	M2	\$18,77
CALIFICACION		50,00		CALIFICACION		22,85	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	1,00	1,50	2,00		3,00	3,50	4,00
CALIFICACION		30,00		CALIFICACION		12,86	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,40	0,30	0,30		0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00		CALIFICACION		15,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		100,00		CALIFICACIÓN FINAL		55,71	

## IMPERMEABILIZACION DE ESTRUCTURAS

OPCION 1				OPCION 2			
XYPEX				PENETRON PLUS			
COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO
	720,00	M2	\$17,86		720,00	M2	\$11,39
CALIFICACION		31,90		CALIFICACION		50,00	
TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO	TIEMPO (DIAS)	MINIMO	TIEMPO PROMEDIO	MAXIMO
	31,00	38,50	46,00		23,00	27,00	31,00
CALIFICACION		21,04		CALIFICACION		30,00	
FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL	FACTIB.	DISPONIB. DE EQUIPO	MATERIAL	PERSONAL
	0,40	0,30	0,30		0,40	0,30	0,30
CALIFICACION		15,00		CALIFICACION		15,00	
SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO	SEGURIDAD	ALTO RIESGO	MEDIANO RIESGO	BAJO RIESGO
			1,00				1,00
CALIFICACION		5,00		CALIFICACION		5,00	
CALIFICACIÓN FINAL		72,94		CALIFICACIÓN FINAL		100,00	

# Anexos

- i. Instalación de tuberías de polietileno.
- ii. Obras de retención y excavaciones.
- iii. Impacto Ambiental.

## Instalación de tuberías de polietileno

La instalación de tuberías construidas de materiales convencionales generalmente requiere que la colocación y junta del tubo se haga pieza por pieza en la trinchera. Esto implica que la zanja sea lo suficientemente ancha como para dar espacio a uno o dos instaladores, sus herramientas y que les quede lugar para trabajar.

Debido a la flexibilidad y resistencia natural de la tubería de polietileno, ésta puede ser preensamblada junto a la trinchera, donde hay suficiente espacio para realizar rápida y eficientemente el procedimiento de unión (juntas), permitiendo una mejor inspección de las mismas una vez terminadas antes de introducir la tubería en la trinchera.

Una vez que la tubería haya sido unida, puede ser colocada en la trinchera mediante una simple operación. La trinchera puede ser muy angosta en comparación con los anchos que se utilizan en tuberías de materiales convencionales y puede ser excavada por un sinnúmero de tipos de maquinaria.

Debido a que el polietileno es un material sensible al calor, la unión por termofusión crea un enlace molecular, o sea un traslado o intercambio de moléculas que hacen que la unión sea tan estable y resistente como las paredes del tubo mismo.

Esto implica que al utilizar la termofusión como una solución práctica para la unión de la tubería, se garantice la impermeabilización absoluta de la misma y por lo tanto, en aplicaciones marinas se tenga homogeneidad en las propiedades mecánicas a lo largo del tramo, con esto se asegura que el tubo no sufrirá desacoples en las uniones.

## Zanjeo

El ancho máximo de la trinchera será de aproximadamente el diámetro del tubo más 60 cm y siempre que sea posible será tan angosta como el diámetro del tubo más 30 cm. La importancia del ancho de la trinchera no es tanto su costo, que claro está es un factor, sino la eficiencia del sistema final. Tanto las paredes como el piso de la trinchera deben ser planos para facilitar una adecuada consolidación y compactación del material de relleno (ver Figura 3).

En suelos muy gruesos o con muchas piedras grandes o protuberancias, puede ser necesario cortar de más y extender una cama de grava fina en la base de la trinchera para eliminar esfuerzos en la tubería. No es recomendable utilizar arena ordinaria para este propósito porque es posible que se lave dejando al tubo sin soporte.

La conformación de la base de la trinchera es importante. Debe ser lo suficientemente plana y a nivel o graduada con la pendiente correcta donde se especifique. Una instalación donde esto es significativo sería un sistema de flujo por gravedad. La gradiente puede conseguirse por medio de grava o piedra finamente triturada. En caso de que se trate con un suelo pobre, deberá estabilizarse la base de la trinchera habiendo drenado primero el área. En terreno rocoso, no deberá instalarse la tubería directamente sobre la superficie dura. La trinchera debería cortarse de 15 a 30 cm de más por debajo de la profundidad requerida y rellenarse nuevamente con tierra o grava fina. Las trincheras realizadas en terreno suelto pueden requerir un talud desde los bordes superiores hasta su base para prevenir el colapso de las paredes de las mismas (ver Figura 3 b).

En algunos casos es preferible excavar una trinchera con una sección superior más ancha de corte recto hasta la parte superior del tubo (ver Figura 3 c). En cualquiera de los casos, el relleno de la trinchera no será una carga adicional en el tubo.

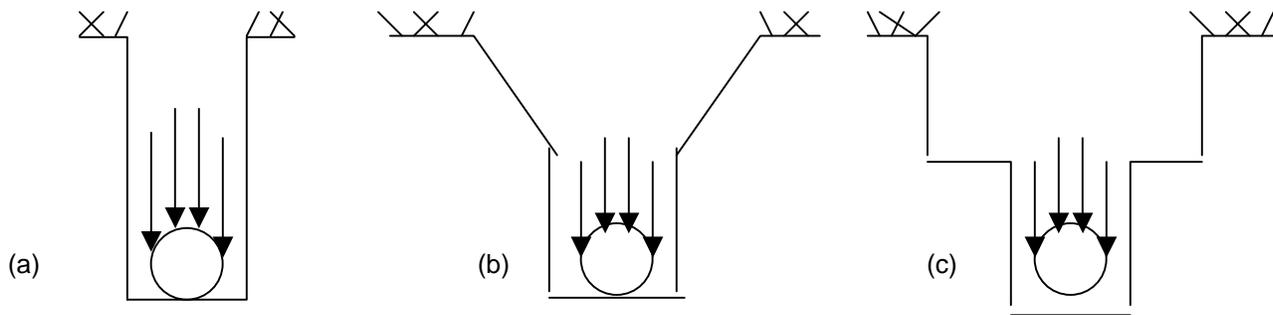


Figura 3. Configuraciones de trincheras (Word 2000)

## Deflexión

Usualmente es necesario negociar curvas en la construcción de largos tramos de tubería. La flexibilidad natural del polietileno permitirá que tramos de tubo tengan cierto radio. Las trincheras pueden, sin embargo, ser excavadas para

ajustarse a curvas que estén dentro de las capacidades del tubo.

El grado en que un tubo puede ser doblado en frío alrededor de un radio depende de la razón SDR. El cuadro mostrado a continuación enlista los radios de curvatura mínimos recomendados para cualquier tamaño de tubo.

Razón SDR	Radio de curvatura mínimo, (en diámetros)
32.5	40
26	36
21	32
17	26
15.5	24
11 y menores	20

Cuadro 2. Deflexión vs. SDR (Word 2000)

## Términos utilizados en una trinchera

**Fundación y encamado:** El uso de material de fundación puede ser requerido únicamente cuando sea necesario elevar la base de la trinchera hasta el nivel del tubo, o cuando se encuentre un suelo inestable o rocoso en el fondo de la misma. Como se mencionó anteriormente, este material puede ser tierra o grava fina.

**Relleno inferior:** Este relleno provee estabilidad al tubo desde los lados y la parte inferior. El mejor material es roca triturada, grava fina o arena gruesa, y deberá introducirse con una herramienta angosta para asegurarse de que el

material está bien consolidado a los lados del tubo como alrededor de él. El material de relleno debe introducirse a la trinchera gradualmente de manera que el proceso de compactación pueda ser llevado simultáneamente con la colocación. Si se aplica mucho material al mismo tiempo, éste puede causar un efecto de puente con lo cual se formarán cavidades bajo el tubo, lo cual provocará posteriormente una pérdida de soporte del tubo.

**Relleno superior:** Arena gruesa, grava fina o piedra triturada. Esta sección del relleno deberá llevarse a cabo de la misma manera que en el relleno inferior. El material deberá ser adicionado gradualmente en capas de 100 – 150 mm y compactada simultáneamente. El relleno superior

deberá llegar hasta 150 – 300 mm sobre la corona del tubo, dependiendo del tamaño del mismo.

**Relleno final:** Este relleno puede ser el material original excavado u otro suelo adecuado, que no contenga rocas excesivamente grandes que puedan dañar el tubo inicialmente o permitir un posterior lavado y pérdida de consolidación. El relleno deberá ser compactado a un mínimo del 90% del Próctor Estándar.

En sitios donde el nivel freático sea muy alto el tubo tenderá a flotar. Este efecto deberá impedirse mediante una cantidad extra de relleno para asegurarse de que el tubo permanecerá en su lugar. La profundidad requerida de esta cubierta depende del diámetro exterior del tubo, el peso del mismo vacío, la densidad del suelo saturado y la densidad del agua.

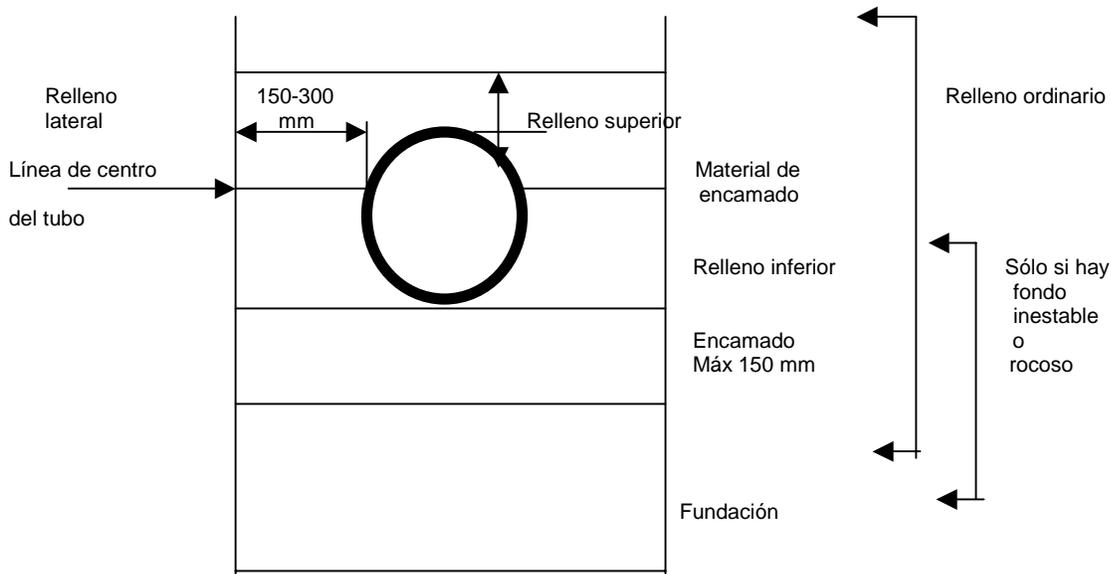


Figura 4. Configuración de trinchera y terminología (Word 2000)

## Procedimientos de prueba

### Prueba de presión fuera de la trinchera

Se recomienda realizar una prueba de presión anterior a la instalación del tubo.

Una vez que el tubo haya sido unido, se llena con agua; cuidadosamente se extrae el aire atrapado. Se somete el tubo a una presión hidrostática de prueba que deberá ser 1.5 veces la presión de diseño por un máximo de tres horas. Durante este tiempo, será necesario añadir agua periódicamente para mantener la presión; esto compensará el estrangulamiento inicial del tubo. La tensión en la línea de presión se determina por observación; sin embargo no es necesario medir

la cantidad de agua utilizada. Posteriormente se examinan todas las juntas, cualquier goteo o fuga deberá ser reparado.

### Pruebas en la trinchera

Se llena la tubería con agua una vez colocada; se extrae cuidadosamente el aire atrapado. Se somete el elemento del sistema que se encuentre a mayor profundidad a una presión de 1.5 veces la presión de diseño y se revisa si hay fugas. Cuando, según criterio técnico, las condiciones locales requieran que la trinchera sea rellena inmediatamente después de instalada la tubería, se aplica la presión de prueba una vez terminado el relleno, pero no antes del tiempo de curado de cualquier concreto que se pueda haber utilizado (aprox. 36 horas para la fragua inicial).

Los procedimientos de prueba consisten en dos etapas: la expansión inicial y la fase de prueba. Cuando la presión de prueba es aplicada a un tubo lleno de agua, éste se expande. Durante la expansión inicial, se debe adicionar suficiente agua al sistema en intervalos de una hora durante tres horas para mantener la presión. Luego de aproximadamente cuatro horas, la expansión inicial debe haber finalizado y la prueba en sí puede iniciar.

Cuando se va a iniciar la prueba, el tubo está lleno de agua y es sometido a una presión de 1.5 veces la presión de diseño del sistema. La fase de prueba no debe exceder las tres horas, luego de este tiempo cualquier falta de agua deberá ser repuesta y medida. Se añade y mide el agua necesaria para regresar el sistema a la presión de prueba y se compara ésta con la máxima permisible en el Cuadro 3.

Una prueba de fuga opcional consiste en mantener la presión de prueba por un periodo de más de cuatro horas, y luego dejar caer la presión en 10 psi (0.69 Mpa). Si la presión se mantiene dentro de un 5% de la presión objetivo por una hora, indica que no hay fugas en el sistema.

## Aplicaciones marinas

La tubería de polietileno es ideal para el uso en aplicaciones marinas, a saber, océanos, lagos, estanques, pantanos o ríos. El cruce de éstas áreas con tuberías de polietileno tiene algunas similitudes y algunas diferencias con instalaciones normales tierra adentro.

Los tubos de polietileno, debido a su densidad de sección de corte, flotará cerca o en la superficie del líquido. Si se transporta un líquido comparable al líquido externo permitirá al polietileno flotar con la corona del tubo justo por debajo de la superficie.

Las cualidades inherentes de los tubos de polietileno de flexibilidad, bajo peso, resistencia a la corrosión, longitudes homogéneas y resistencia a la abrasión permite su aceptación en dragados, estanques de aireamiento y otros. Las principales preocupaciones a la hora de instalar tuberías marinas son las siguientes:

- a) flotación o hundimiento
- b) capacidades de presión interna
- c) resistencia al colapso del tubo
- d) anclajes

### PERMISIBLE DE EXPANSIÓN BAJO LA PRESIÓN DE PRUEBA

Tamaño nominal del tubo	Litros por 100 m de tubo			Tamaño nominal del tubo	Litros por 100 m de tubo		
	1 hora	2 horas	3 horas		1 hora	2 horas	3 horas
mm				mm			
50.8	0.9224	1.3836	1.7295	508	32.284	63.415	92.24
76.2	1.153	1.7295	2.8825	558.8	40.355	80.71	121.065
101.6	1.4989	2.8825	4.612	609.6	51.885	102.617	153.349
127	2.4213	4.7273	7.2639	711.2	63.415	127.983	193.704
152.4	3.459	6.918	10.377	762	71.486	145.278	220.223
203.2	5.765	11.53	17.295	812.8	80.71	164.879	247.895
254	8.6475	14.989	24.213	914.4	103.77	207.54	311.31
304.8	12.683	26.519	39.202	1066.8	138.36	276.72	415.08
355.6	16.142	32.284	48.426	1219.2	172.95	311.31	495.79
406.4	19.601	38.049	57.65	1371.6	207.54	345.9	576.5
457.2	25.366	49.579	74.945				

**Cuadro 3.** Tabla de permisibles de expansión bajo la presión de prueba (Word 2000)

## Flotación o hundimiento

Una tubería de polietileno con densidades comparables del líquido tanto dentro como fuera de ella flotará en equilibrio en la superficie. Un incremento del 10 – 20% en el peso del tubo, hundirá el tubo hasta el fondo, siempre y cuando no existan corrientes submarinas.

En el caso de instalación bajo el agua, es importante seleccionar el peso apropiado (anclajes) y el espaciamiento del mismo. Cuando sea posible, la tubería submarina deberá instalarse en una trinchera.

## Presión interna

Una tubería marina, como cualquier otra, deberá ser diseñada para soportar la presión prevista y picos de presión. En algunos casos, otros parámetros de diseño requieren una pared más gruesa que con la presión de trabajo. En estos casos, el diseño para mar adentro prevalecerá sobre la porción marina y el diseño convencional prevalecerá para la porción terrestre.

## Resistencia al colapso

La resistencia al colapso del tubo debido a dobleces, cargas externas o fuerzas ambientales debe ser direccionada. El tubo, siendo sumergido, estará sujeto a presiones externas del agua que lo rodea. La presión puede tener el efecto de causar el colapso si el tubo está sólo parcialmente lleno o en el peor de los casos, totalmente vacío. Si el tubo está lleno y sus extremos abiertos, la presión dentro del mismo normalmente igualará o excederá la presión de afuera, dependiendo del bombeo y no se debe considerar una situación de colapso.

## Anclajes de tuberías de polietileno

Un factor a considerar durante el flotamiento y remolque de la tubería del emisario submarino, es el peso de los anclajes, debido a los efectos ocasionados por las deflexiones y/o torsiones que se presentan en el proceso. Es importante que las distancias entre los anclajes no sean muy grandes para evitar deformaciones permanentes en la tubería.

Básicamente existen dos consideraciones para determinar el peso apropiado para anclar la

tubería de HDPE en el fondo marino. El primero consiste en determinar cuánto lastre es necesario para evitar la flotación y prevenir el movimiento horizontal del emisario debido a corrientes en áreas fuera de la zona de rompiente del oleaje; la segunda consideración consiste en prevenir el movimiento dentro de la zona de rompiente del oleaje durante las peores condiciones de tormenta.

El *factor de hundimiento* que no es más que la gravedad específica del sistema, se usa como un indicador de la estabilidad de la tubería y su resistencia a las diversas fuerzas hidrodinámicas ejercidas por el mar.

La selección del diseño del anclaje se basa primordialmente en tres aspectos a saber:

- Facilidad de sujetar los anclajes a la tubería,
- Resistencia de los seguros a la corrosión del agua salada y,
- Facilidad de colar el concreto.

Existen muchos diseños de anclajes, pero se prefiere el uso de los de tipo rectangular en vez de los de tipo circular ya que estos no rodarán cuando sean sometidos a las fuerzas laterales de las corrientes.

Los anclajes rectangulares se clasifican en tres tipos, según el diámetro de tubería de HDPE que se utilice.

Para el moldeo de los anclajes de concreto se deben usar aditivos que aumenten su resistencia química al agua de mar, por ejemplo los aditivos a base de *silica fume*. También se deben usar aditivos que combatan el pH del suelo marino y un aditivo adicional para contrarrestar la agresión mecánica debido al contacto de los bloques con el agua de mar. El peso específico del concreto deberá estar entre 2247 a 2568 kg/m<sup>3</sup> y deberá tener una resistencia final mínima de 350 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Además deberán estar reforzados con acero. Los anclajes de concreto para tubos de 100 mm o menores pueden ser reforzados con malla electrosoldada. Los tornillos, tuercas, etc., utilizadas en tuberías submarinas deberán ser resistentes a la corrosión.

La longitud entre anclajes, puede variar de acuerdo al tamaño del tubo. Un tubo de tamaño nominal de 50 mm o menos tendría anclajes espaciados de 1.8 a 2.4 metros. Tamaños de 75 a 300 mm deberán tener anclajes distanciados a 2.4 – 3.7 metros y tubos mayores a 350 mm, sus anclajes estarán a intervalos de 3.7 – 4.6 metros.

Una tubería con los anclajes sujetos en tierra firme deberá ser manipulada con extremo cuidado para no abollarla.

Cuando resulte de beneficio mantener flotando la tubería o que su perfil esté en o cerca de la superficie, se pueden utilizar collares de flotamiento o tuberías taponadas de polietileno paralelas.

Una tubería utilizada para transportar un medio gaseoso o uno que tenga periodos de bolsas de aire deberá ser anclado pesadamente para mantener su posición en el fondo. Las tuberías que transporten líquidos se pueden anclar de forma más liviana.

Es importante mencionar que es posible tener corrientes con velocidades de 24 metros por segundo debidas a la acción del oleaje. Con estas condiciones es necesario tomar consideraciones adicionales en el diseño, como peso adicional en anclajes, menor espaciamiento de los anclajes y/o tubos de paredes más gruesas. Enterrar tuberías marinas, que no siempre es posible, no debe considerarse como una solución cuando la corriente exceda velocidades 6 metros por segundo.

## Inspección post instalación

Una vez que la tubería haya sido hundida, es recomendable que buzos experimentados y competentes la revisen para asegurarse que:

- a) La tubería se encuentra en la dirección correcta.
- b) Se le permitió a la línea de tubería seguir el contorno del fondo, sin que haciendo de puente en alguna depresión del mismo. Todos los anclajes deberán estar en el fondo para resistir mejor cualquier fuerza de levantamiento debida a las corrientes.
- c) En el caso de un emisario submarino, todos los difusores están intactos y en posición vertical.
- d) Cualquier cinturón u otro objeto sujeto alrededor del tubo durante el proceso de hundimiento, ha sido removido.
- e) Para la tubería colocada en trinchera, el tubo está localizado en el centro de la misma y no descansa sobre ningún escombros o roca que la pueda dañar. Si existe alguna roca deberá eliminarse.
- f) En caso de que el tubo vaya enterrado, el proceso de relleno no ha dañado la tubería y el espesor de la cubierta sobre el tubo es el correcto.
- g) En la zona de transición, el tubo se encuentra bien posicionado en la trinchera y a una adecuada profundidad
- h) para evitar posibles socavaciones por mareas.

# Obras de retención y excavaciones

## Tipos de muros y sus características asociadas

Se deben distinguir dos tipos de estructuras de retención: a) las rígidas o semirígidas, es decir, aquellas en que la forma de la estructura no cambia como resultado del empuje lateral y solo experimentan una rotación o traslación como un todo, sin que aparezcan deformaciones por flexión y b) las flexibles, en las que la estructura puede deformarse sin daños importantes.

Entre las estructuras rígidas o semirígidas se pueden mencionar los muros de concreto de gravedad, los muros en voladizo, muros de contrafuerte, muros de semi-gravedad y los muros de celosía o tipo celular (ver Figura 5).

Entre las estructuras flexibles figuran los muros de gravedad con gaviones, los muros de tierra armada, el suelo reforzado, las pantallas continuas de concreto y las pantallas de tablestacas metálicas (ver Figura 5).

Otra clasificación, quizá preferible, hace la distinción por la forma de trabajo o de resistir los empujes de las tierras, lo que conlleva una misma forma de análisis. Así se puede distinguir entre las que resisten por peso y las que lo hacen por empotramiento bajo el nivel de excavación (más eventuales apoyos o anclajes) y flexión.

Entre las estructuras que resisten por peso se pueden mencionar los muros de concreto de gravedad, los muros en voladizo, muros de contrafuerte, muros de semigravedad, muros de celosía o tipo celular, muros de gravedad con gaviones, y muros de tierra armada o suelo reforzado.

## Muros tablestacados

El muro tablestacado es el tipo de muro de contención más común cuando se trata de

construcciones ribereñas. Por lo general es más económico que el muro de gravedad. El muro se conforma hincando tablestacas a lo largo de la línea requerida; posteriormente puede excavarse el suelo al frente del tablestacado (hincados y dragados) o rellenarse por detrás de éste (hincados y rellenados). A menudo se provee un soporte lateral cerca al extremo superior del muro mediante el uso de barras tensoras y bloques de anclaje. El trabajo de los bloques consiste en la movilización de la resistencia pasiva del suelo, y por tanto, deben estar colocados por detrás de la zona activa del muro. El comportamiento del muro es muy complejo debido a la interacción suelo – estructura que resulta de la flexibilidad de las tablestacas.

## Excavaciones

Además de la resistencia estructural del muro, se debe estudiar la estabilidad de las paredes de la excavación, la posibilidad de una falla por baja capacidad de soporte en el terreno y los posibles efectos de sifonamiento o falla de fondo cuando se utilicen métodos de bombeo para abatir el nivel freático.

En caso de excavaciones profundas en las que existan edificios cercanos, se deberán conducir estudios especiales para calcular las posibles deformaciones del terreno producto de la excavación. Estas deformaciones no deberán exceder los límites admisibles, a partir de los cuales puedan generarse daños en los edificios.

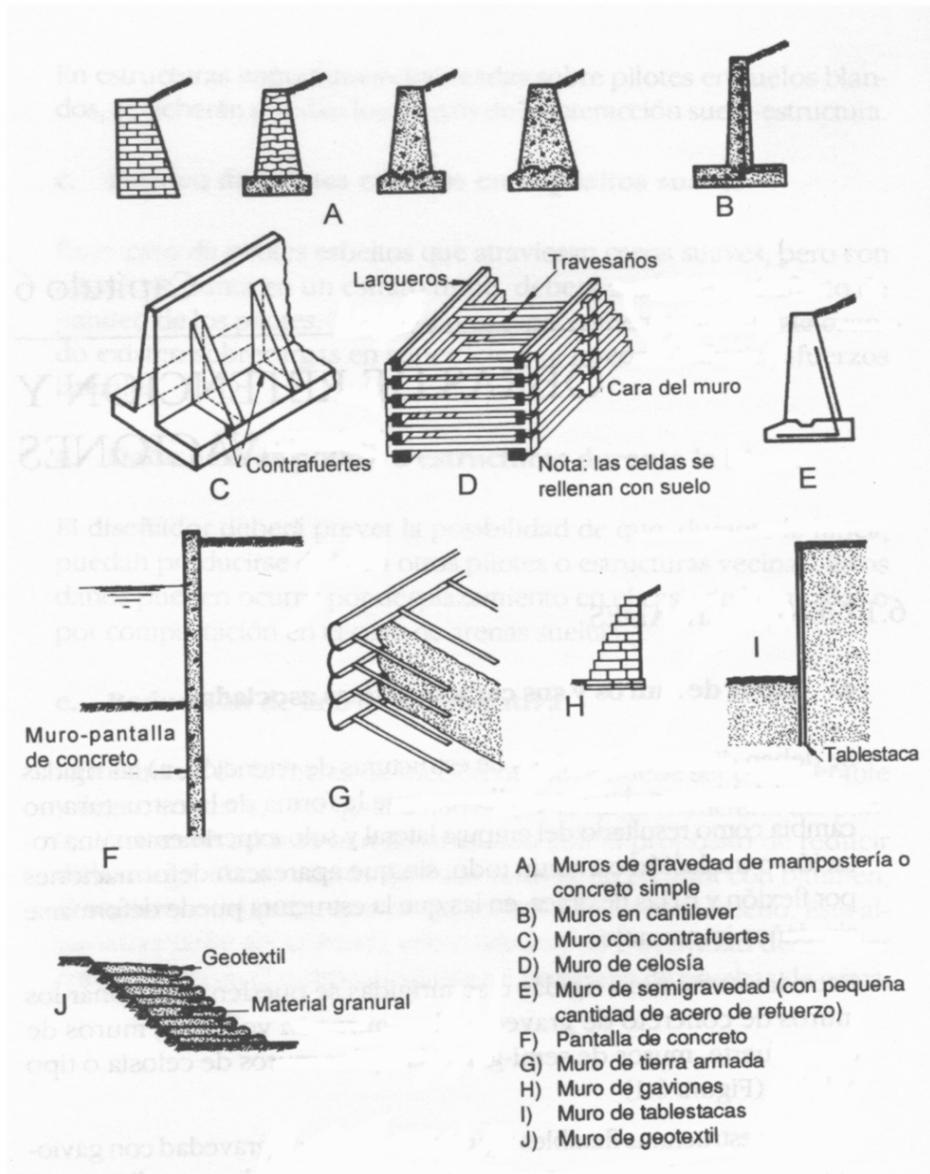


Figura 5. Algunos tipos de muros

## Riesgos inherentes

Deberá revisarse que toda excavación sea segura contra:

- a) Falla por la inestabilización del terreno en las paredes.
- b) Falla por deficiencias en la capacidad de soporte en el fondo.
- c) Sifonamiento o falla de fondo por subpresiones.
- d) Daños en estructuras vecinas por deformaciones del terreno producidas por la excavación.

La profundidad de los estudios que se ejecuten deberá ser congruente con el tipo de excavación proyectada y su importancia así como con las características del medio. Debe quedar claro que el riesgo que se asume al no estudiar una excavación o no proveer con protecciones a las zanjas es siempre alto y puede ocasionar hasta la pérdida de vidas humanas. Por otro lado, proteger excavaciones que de por sí no representan peligro es innecesario y costoso.

## Estabilidad de las paredes

En el caso de arenas deberán utilizarse sistemas de soporte temporal siempre que la pendiente de los taludes sea mayor o igual que el ángulo de fricción del material. Para excavaciones por debajo del nivel freático es necesario utilizar sistemas de soporte, siempre que se requiera el bombeo del agua dentro de la excavación.

## Sifonamiento o falla de fondo por subpresiones

El sifonamiento es la pérdida de resistencia total de un suelo producto de la acción de las fuerzas de filtración. Puede producirse principalmente durante la etapa de bombeo del agua en las excavaciones.

## Recomendaciones generales

Antes de excavar se debe verificar:

- Las condiciones del suelo
- La proximidad de los edificios, instalaciones de servicio público, carreteras de mucho tráfico y cualquier otra fuente de vibraciones
- Si el suelo ha sido alterado en alguna manera
- Proximidad de arroyos, alcantarillas antiguas, cables soterrados, etc.
- Equipos, equipos de protección del personal, materiales de apuntalamiento (o ademado), letreros, barricadas, luces, maquinaria, etc.

Mientras se excava se debe observar:

- Si cambian las condiciones del suelo, especialmente después de haber llovido
- Si las condiciones indican algo de oxígeno o gas en la zanja
- Las condiciones del apuntalamiento o ademado y si es adecuado según avanza la obra
- La manera de entrar y salir de la excavación
- Cambios en el movimiento de vehículos; mantenga los camiones lejos de los muros de la excavación
- Que el material excavado esté a más de 60 cm de los bordes de la zanja
- Colocación de los equipos pesados o tuberías
- Si las pantallas portátiles de protección de zanjas son adecuadas
- Posición correcta de las riostras atravesadas o gatos y si son adecuados para evitar que pueda desplazarse el apuntalamiento
- Que los trabajadores conocen los procedimientos apropiados y seguros y que no se exponen pasando por alto estas verificaciones.

# Evaluación del Impacto Ambiental

## Introducción

La descarga de efluentes de aguas residuales al mar por medio de emisarios submarinos y sistemas de difusores representa una alternativa viable para los muchos centros poblados del mundo que están ubicados en las áreas costeras, particularmente en los países en desarrollo en los que los recursos financieros son limitados. Tales sistemas, una vez diseñados, construidos y operados, pueden aprovechar al máximo la capacidad innata de asimilación del ambiente marino, que funciona como una planta de tratamiento y disposición y, cuando están planificados apropiadamente no producirán ningún impacto indeseable en tales aguas marinas.

## Consideraciones del impacto ambiental

Los posibles efectos de las descargas de aguas residuales en las aguas marinas pueden clasificarse como de salud pública, estéticos y sobre la ecología marina.

### Efectos sobre la salud pública

La preocupación de la salud pública con relación a los requerimientos bacteriológicos en aguas de recreación está basada en la prevención del contacto entre personas que utilizan las aguas para actividades recreativas y los organismos patogénicos que pueden estar presentes en tales aguas si están afectadas por cantidades significativas de aguas negras.

Las consideraciones de salud pública son aún de mayor importancia en aguas en las que se cosechan mariscos. Existe evidencia concluyendo que las enfermedades tales como la tifoidea y la hepatitis son transmitidas por mariscos provenientes de aguas contaminadas.

Han ocurrido casos severos de envenenamiento resultantes de la descarga directa de contaminantes a aguas marinas, tales como el caso de la bahía de Minamata en el Japón, en el que grandes cantidades de

metilmercurio tóxico ingresaron a la bahía. Sin embargo, tales incidentes no están asociados con sistemas que descargan aguas negras normales provenientes de alcantarillados a través de sistemas apropiados de disposición marina.

### Efectos estéticos

La preocupación estética se relaciona con la posible presencia de materias provenientes de aguas negras, tales como sólidos flotantes, grasa y aceite, que resultan en contaminación visual y olfativa y en la decoloración de las aguas marinas cuando la dilución es insuficiente. El pretratamiento y diseño apropiado de los sistemas de emisarios submarinos con difusores puede proporcionar un control efectivo de los problemas estéticos.

### Efectos ecológicos

Incluyen el impacto de las sustancias relacionadas con las aguas negras en todo tipo de organismos marinos, incluyendo posibles sustancias tóxicas tales como hidrocarburos clorados (DDT, PCB, por sus siglas en inglés) y metales, los efectos del enriquecimiento en plancton por nutrientes y su relación con eutroficación, y los efectos de las materias en partículas en organismos benthicos.

## Parámetros de diseño para disposición marina

Sólo algunos parámetros son importantes y aplicables cuando los efluentes son descargados al mar abierto, incluyendo la protección a la salud pública, consideraciones estéticas, particularmente relacionadas con materia flotante, y sustancias tóxicas tales como DDT, PCB, etc., que persistirán y pueden causar daño ecológico, aunque no son usualmente un factor típico de efluentes municipales de aguas negras.

Todos los demás constituyentes de aguas negras, tales como *demanda bioquímica de oxígeno (DBO)*, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, salinidad y nutrientes, no son de significancia cuando los efluentes son descargados al mar abierto a través de emisarios submarinos largos diseñados apropiadamente y equipados con sistemas difusivos adecuados, en

los que se alcanzan inmediatamente valores de la dilución inicial de un mínimo de 100 a 1.

La materia flotante persistente que puede regresar a la costa del mar y causar daños a la estética debe removerse antes de la descarga.

Las sustancias tóxicas anteriormente mencionadas no pueden removerse del efluente a los niveles necesarios, a bajo costo, y deben eliminarse a través del control de la fuente.

## **Consideraciones de pretratamiento para la disposición marina**

La selección del tratamiento no puede separarse sensiblemente del método de disposición final del efluente pretratado. Esta asociación es importante debido a las diferencias extremas en las capacidades de los cuerpos receptores de agua para aceptar contaminantes residuales, que varían entre la capacidad de casi cero de un arroyo pequeño hasta la máxima capacidad del mar abierto.

Al considerar las opciones de pretratamiento para disposición marina del efluente, se establecen tres tipos de tratamiento, a saber: *tratamiento preliminar, tratamiento primario y sistemas de tratamiento secundario.*

Cuando el agua residual es descargada al mar abierto a través de un emisario submarino largo, diseñado apropiadamente con un sistema difusor adecuado, sólo se necesita remover los sólidos de gran tamaño, incluyendo los flotantes persistentes antes de la descarga. Los procesos normales de sedimentación, flotación y los procesos químicos o biológicos secundarios, resultan en la remoción de cantidades excesivas de materia, incluyendo sólidos finos, los que serán asimilados rápidamente por el ambiente marino sin ningún impacto significativo.

En realidad, el mar funciona como una instalación de tratamiento similar al uso de un área de tierra con lagunas de estabilización o procesos mecánicos. La diferencia esencial es que los recursos relativamente ilimitados de oxígeno disuelto y las grandes cantidades de energía están disponibles en forma natural para proporcionar el tratamiento requerido.

El método óptimo de tratamiento es la utilización de tamices rotativos o militamices. Se hace notar que las principales diferencias en las características del efluente se relacionan con la

remoción de sólidos sedimentables y suspendidos y, en menor proporción, con la remoción de grasa. Sin embargo, los militamices remueven materias flotantes y grasa en partículas, que son significativas en relación con el impacto estético en el ambiente marino. El único impacto adverso de la descarga de grasa está relacionado con la formación de una capa de aceite, pero cuando la dilución inicial es insuficiente, la concentración de esta materia en la pluma mezclada efluente/agua marina es muy baja y este problema queda eliminado.

## **Influencia de las consideraciones de diseño sobre el impacto ambiental**

### **Ubicación del emisario submarino**

Es el factor más importante al considerar el impacto ambiental de los sistemas de disposición marina.

Donde sea factible, el emisario debe localizarse en un área de mínima sensibilidad ambiental, esto es, en mar abierto en vez de un estuario o bahía. El punto o puntos de descarga deberán seleccionarse de tal forma que eviten un impacto innecesario sobre las áreas de recreación o de mariscos.

### **Profundidad de la descarga**

En donde la topografía natural del mar lo permita, la descarga deberá hacerse a 20 m o más. Esto es importante por dos razones básicas.

Primero, que existe estratificación significativa en la columna de agua marina, especialmente durante los meses de época seca y en consecuencia la pluma de aguas negras/agua marina no subirá a la superficie del mar, sino que permanecerá sumergida en una ubicación intermedia. Esta condición es óptima pues evita campos superficiales y residuos que aparecerían en la superficie sobre la sección de difusión, o quedarían sumergidos indefinidamente o por un tiempo suficiente provocando una mayor difusión debido a corrientes marinas y, por lo tanto, concentraciones superficiales menores.

Segundo, cuando las materias residuales, incluyendo flotantes tales como partículas de frutas, heces, etc., se descargan a una

profundidad de 20 m o más, la presión resultante modifica la materia para que no flote y sí se sedimente hacia el lecho del mar.

## **Difusores y dilución inicial**

Los difusores de emisarios submarinos constan de conductos con orificios circulares ubicados en cada lado del conducto, usualmente justo sobre el centro de la tubería. El efluente de aguas negras es descargado en chorros turbulentos circulares desde estos orificios y, siendo menos denso que el agua receptora del mar, sube hacia la superficie. En el cuerpo de agua receptor, la columna del efluente se diluye debido a su incorporación en las aguas marinas y crece en tamaño a medida que sube. Dependiendo del espacio entre orificios, de la velocidad de escape y de la profundidad del agua, los chorros pueden emerger juntos antes de llegar a la superficie o a una altura máxima de ascenso. La dilución resultante a esta altura máxima de ascenso se llama dilución inicial.

Con un diseño apropiado del difusor se pueden obtener fácilmente valores de dilución inicial de 100 a 1 y, con aguas razonablemente profundas, se pueden obtener valores aún mayores.

## **Corrientes marinas**

En la planificación y el diseño de emisarios submarinos es de suma importancia el conocimiento completo de los regímenes de corrientes marinas. Las corrientes deben medirse en todas las estaciones del año y a varias profundidades para desarrollar la información requerida para el análisis de la circulación general costera y de la hidrodinámica, para determinar dilución inicial, incluyendo la consideración de inmersión, para la predicción de dilución y transporte de campo lejano y, en resumen, para predecir la probabilidad del impacto del campo de aguas residuales.

## **Influencia del diseño funcional del emisario submarino en el impacto ambiental**

El diseño funcional total de un sistema de disposición submarina incluye la determinación

de la longitud del emisario submarino, la correspondiente profundidad de la descarga, la longitud y orientación del difusor y el diseño hidráulico específico de la tubería y del difusor, incluyendo forma, número, tamaño y distancia entre orificios. Un diseño apropiado incluirá una combinación de dilución inicial, de subsiguiente dispersión horizontal debido a la corriente marina sobre la pluma de aguas negras formada inicialmente y de la desaparición bacteriana suficiente para reducir la concentración de coliformes totales desde su valor inicial hasta un valor final que satisfaga el estándar para la protección de todos sus usos benéficos.

## **Influencia de la construcción del emisario submarino sobre el impacto ambiental**

Los emisarios submarinos pueden clasificarse en tres categorías generales: colocados, remolcados y flotados. El emisario submarino colocado es construido tendiendo y juntando pequeñas secciones de tubería en el lecho marino. El remolcado es construido ensamblando secciones de tubería en la costa y remolcando el emisario submarino encima del lecho marino hasta su posición final. El emisario submarino flotado también se construye en la costa, pero se mantiene a flote hasta su posición final y luego se sumerge.

En la construcción del emisario submarino existen dos zonas principales de actividad, requiriendo cada una de ellas una técnica diferente, esto es, zona cercana al litoral o de oleaje y zona mar adentro.

### **Zona cercana al litoral o de oleaje**

Para la construcción dentro de esta zona se requiere que la tubería se coloque en una zanja excavada a una profundidad suficiente como para proporcionar protección a la tubería durante los períodos de mar bravo. En áreas arenosas en zonas de oleaje la tubería debe enterrarse a una profundidad por debajo del nivel del perfil mínimo que puede esperarse, y/o acondicionarse con otros aditamentos para mantener su estabilidad. Cuando el lecho marino es rocoso, la tubería puede colocarse en una zanja excavada, rellena y cubierta por una capa protectora de concreto.

## Zona mar adentro

Dependiendo del ambiente marino particular, a cierta profundidad en el mar, no será necesario enterrar la tubería. Esta profundidad puede ser tan llana como 10 m en ciertas áreas y, en el caso de Honolulu, se consideró que fuera de 27 m debido a la posibilidad de ocurrencia de olas de tsunamis.

## Materiales de las tuberías

Cada vez se están usando más tuberías de alta densidad de polietileno y polipropileno para la construcción de emisarios submarinos. Tales materiales plásticos no sólo son altamente resistentes al agua marina, sino que al ser menos densos que el agua, pueden hacerse flotar hacia su ubicación llenos de aire y equipados con pesos de anclaje, remolcarse hasta su ubicación y hundirse directamente en el lecho marino por medio de ventilación controlada.

También se construyen de hierro fundido, hierro dúctil, concreto reforzado y acero forrado y revestido.

## Efectos ambientales

### General

La construcción de tuberías submarinas en excavaciones a través de la zona de oleaje causará disturbios temporales en el lecho marino en las inmediaciones del área de ubicación de la tubería; sin embargo, esto no constituye un problema significativo. Realmente, las porciones expuestas de tuberías grandes se convierten en el nuevo hábitat de animales marinos.

### Anclas de barcos

Los emisarios submarinos pueden ser dañados seriamente por las anclas de los barcos cuando se construyen en zonas de actividad portuaria. Durante la planificación, se deben tomar las medidas necesarias a fin de asegurarse que la ubicación del emisario se agregue en las cartas náuticas usadas por los marinos. En aguas relativamente poco profundas en las que existe navegación intensa, la tubería del emisario submarino debe enterrarse y los difusores deben construirse colocando tubos ascendentes.

## Pesca comercial

Otro problema puede presentarse en lugares donde existe pesca comercial cercana al difusor, cuando los difusores están construidos en tuberías ascendentes.

## Accesorios metálicos

Ha habido casos de fallas de pernos y otros accesorios metálicos usados en las uniones de las tuberías y en los buzones de inspección.

## Tuberías de acero

Deben estar equipadas con sistemas catódicos de protección para prevenir la corrosión por efecto del agua marina. Tales aditamentos requieren de un mantenimiento continuo para asegurar su protección apropiada.

## Tuberías de plástico

Donde se ha colocado tuberías de plástico por flotación y hundimiento con ventilación con aire, es de primordial importancia que se instalen aditamentos para prevenir el reingreso de aire en la tubería después de su instalación. De igual importancia es el mantenimiento de tales instalaciones para asegurarse que la tubería no reflote.

## Información de base requerida para evaluar los impactos ambientales

### Información general del proyecto

El documento de Evaluación de Impacto Ambiental deberá proporcionar los siguientes datos básicos con relación al sistema propuesto:

- a) Un mapa (escala 1:20,000 u otra apropiada) del área que será servida por el sistema, incluyendo un esquema que muestre la ubicación de las principales instalaciones de desagüe (interceptores principales, estaciones de bombeo, unidades de pretratamiento y emisario submarino). Este mapa también deberá mostrar los ríos, lagunas, todas las

playas del área, zonas de cosecha de mariscos, donde sea aplicable, así como los contornos generales de las profundidades de las aguas marinas (a intervalos de 10 m).

- b) Los parámetros básicos del proyecto, incluyendo población y caudal de aguas negras, tanto actuales como para condiciones de diseño.
- c) Datos relacionados con las contribuciones significativas de desechos industriales.
- d) Consideraciones de pretratamiento y planificación funcional de instalaciones para la opción seleccionada del mismo.
- e) Un resumen de las alternativas de ubicación consideradas para el emisario submarino y las bases ambientales y económicas para la selección de la alternativa del proyecto.
- f) Un resumen de los usos benéficos de las aguas marinas que requieren protección, que podría incluir deportes de contacto primario, pesca comercial y deportiva, cosecha de mariscos, recursos marinos, consideraciones estéticas y otros.
- g) Los estándares microbiológicos que se utilizarán en la evaluación del impacto y el monitoreo del sistema para asegurar la protección de usos benéficos.

También se deberá incluir información referente a las fuentes de contaminación que no serán eliminadas por el sistema de recolección y disposición de aguas residuales, tales como las áreas marginales, pues sus aguas servidas podrían continuar causando contaminación a playas contiguas, culpando inevitablemente al emisario submarino. La inclusión de tales datos en el documento puede servir para eliminar una futura confusión sobre el particular.

Finalmente, el documento Evaluación del Impacto Ambiental debe presentar conclusiones que claramente describan, tanto los impactos positivos como los negativos (temporales y continuos) del sistema propuesto.

## **Impacto sobre la salud pública**

El programa de monitoreo del emisario submarino busca evaluar la presencia de aguas negras en las estaciones de monitoreo. Para este fin, los coliformes totales representan la herramienta más lógica de evaluación, dado que sus

estándares para aguas de recreación varían considerablemente en todo el mundo. Este programa de monitoreo debe efectuarse durante un año antes de poner en operación el emisario submarino.

Cuando las condiciones estéticas en el agua son satisfactorias, las materias de origen cloacal se han reducido a niveles satisfactorios.

## **Impacto estético**

La evaluación del posible deterioro estético de las aguas marinas se realiza a través del monitoreo de tales aguas para descubrir particularmente grasas y materias flotantes de origen cloacal que no deben ser visibles, además no debe existir decoloración de las aguas marinas, la transmisión de luz natural no debe ser reducida en ningún punto fuera de la zona de dilución inicial y no debe existir olor indeseable de origen cloacal.

## **Impacto ecológico – información biológica y química**

La evaluación de los posibles efectos ecológicos de las descargas de aguas residuales en las aguas marinas requiere de un análisis cuidadoso de los usos benéficos que deben protegerse. La cuidadosa atención al planificar un programa de estudio que producirá respuestas útiles es preferible a la recolección de grandes cantidades de datos químicos y biológicos que no tendrían ningún propósito práctico.

Una prioridad de los estudios biológicos es describir la situación bajo el mar suficientemente bien como para proteger cualquier recurso valioso de la región, especialmente de los alimentos de origen marino.

Los cambios naturales en las condiciones marinas (causados por variaciones en las corrientes, grandes tormentas, manchas solares, etc.) causan cambios en la vida marina, que pueden ser confundidos con los producidos por un emisario submarino. Por esta razón es necesario evaluar la situación en otro lugar en que las condiciones sean similares a la zona del emisario.

## **Programas de monitoreo para necesidades de evaluación**

Un programa completo de monitoreo para una descarga de aguas residuales a las aguas marinas incluiría análisis comprensivos del agua residual, así como de las aguas receptoras y de los sedimentos marinos en los alrededores de la descarga. Los análisis podrían incluir parámetros físicos (flujo de aguas residuales y contenido de sólidos, transparencia y temperaturas del agua marina), parámetros químicos (DBO, oxígeno disuelto, nutrientes, metales pesados y carbón orgánico) y parámetros biológicos (coliformes, plancton, organismos benéficos y toxicidad).

# Glosario

**AyA:** Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

**Demanda bioquímica de oxígeno (DBO):** Cantidad de oxígeno que se requiere para la oxidación aeróbica biológica de los sólidos orgánicos de las aguas negras o desechos, tomándose como unidad (DBO.5) el consumido en cinco días a una temperatura constante de 20°C.

**Emisario submarino:** Conducto que canaliza las aguas residuales de una población hacia el mar a una cierta distancia de la orilla, evacuando por conductos difusores situados perpendicularmente a la corriente dominante, en forma de Y o de V, a lo largo de los cuales se sitúan orificios de vertido.

**m.s.n.m.:** Metros sobre el nivel del mar.

**Planta de Preacondicionamiento:** Se eliminan aquellas partículas gruesas que podrían dañar las instalaciones del proceso (piedras, palos, trapos, plásticos, etc.) mediante rejillas y trituradores. Otras materias finas también se eliminan en esta fase, como las arenas (por precipitación,  $v=0.30\text{m/s}$ ) o las grasas (por flotación).

**Tratamiento de las aguas negras:** Proceso por el cual los sólidos que el líquido contiene son separados parcialmente, haciendo que el resto de los sólidos orgánicos complejos muy putrescibles queden convertidos en sólidos minerales o en sólidos orgánicos relativamente estables. La magnitud de este cambio depende del proceso de tratamiento empleado. Una vez completado todo proceso de tratamiento, es aún necesario disponer de los líquidos y los sólidos que se hayan separado.

**Tratamiento Primario:** Tratamiento por sedimentación, digestión y disposición de lodos. En esta fase se decanta el agua para

clarificarla y se habla de tratamiento físico o físico-químico según se añadan o no, reactivos al agua. Estos reactivos pueden ser: cloruro férrico, sulfato de alúmina, cal, entre otros; que aglomeran las materias en suspensión (coagulación, floculación). El tratamiento físico-químico se adapta bien a las variaciones de caudal, temperatura y calidad del agua.

Los cuerpos flotantes se eliminan por barrido y los sedimentos con rasquetas, éstos constituyen los lodos primarios que se tratan aparte, espesándolos, digiriéndolos y extrayéndose a continuación el exceso de agua por filtración, prensado, desecación, etc.

**Tratamiento Secundario:** Tratamiento mediante clasificadores primarios, tratamiento biológico de lodos activados, clasificadores secundarios, digestión de lodos, disposición y cloración. Para conseguir una reducción importante de la materia orgánica que pasa al tratamiento primario, se introduce en esta fase un tratamiento biológico (los químicos son muy costosos), cuyo fundamento se basa en la destrucción de la materia orgánica por microorganismos bacterianos.

# Referencias

1. Salas, H. 1988 Emisarios Submarinos: Alternativa viable para la disposición de aguas negras de ciudades costeras en América Latina y el Caribe. CEPIS.
  2. Salas, H. 1988 Emisarios Submarinos: Enfoque general, conceptos básicos de diseño y requerimientos de datos para América Latina y el Caribe. CEPIS.
  3. Ludwig, R. 1988 Evaluación del impacto ambiental, ubicación y diseño de emisarios submarinos. Documento de la E.I.A, Reporte de Marc No. 43 . Centro de investigación de monitoreo y evaluación, O.M.S.
  4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). 1993 Estadísticas y datos básicos sobre población en América Latina y el Caribe. Notas sobre la Economía y el Desarrollo.
  5. Hilleboe, H. 1986. Manual de Tratamiento de Aguas Negras. Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York.
  6. "Redes de Saneamiento Público". 1994. Biblioteca Atrium de las Instalaciones Agua. v.6 , p.p. 20, 87.
  7. Berry, P.; Reid, D. 1993 Mecánica de suelos. McGraw - Hill.
  8. Asociación Costarricense de Geotecnia. 2001 Código de Cimentaciones de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Consultas personales a expertos:**
9. Richer, Y. B. Sc.A. 2002. SPG HYDRO INTERNATIONAL INC. Québec, Canadá. Entrevista, consulta telefónica y correo electrónico.
  10. Bourgeois, A. 2002. ENVIRO ACCES. Montreal, Canadá. Entrevista, consulta telefónica y correo electrónico.

# Adenda

Según las observaciones realizadas después de la lectura del Comité Evaluador y durante la exposición de este Proyecto de Graduación, se adjunta la Evaluación del Impacto Ambiental de un Emisario Submarino (en términos generales, no específicos de este proyecto) en el capítulo de Anexos.

Además, se desea aclarar que la construcción de este proyecto dio inicio en julio del presente año; que es un proyecto real y no ficticio y que dos de los integrantes del grupo trabajan para la Empresa Constructora que está llevando a cabo la construcción del Emisario Submarino.