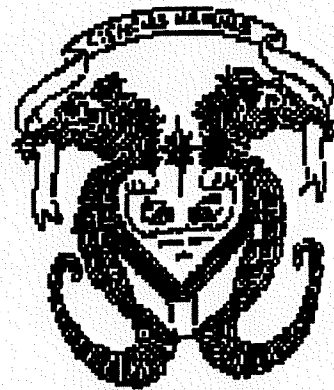
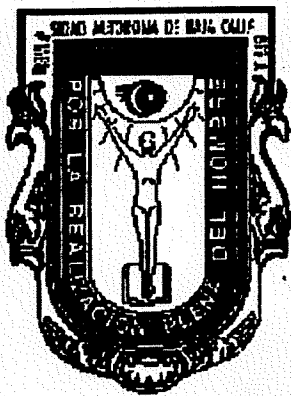


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE  
BAJA CALIFORNIA  
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS



**DISEÑO DE UNA TOMA DE AGUA DE MAR  
Y SU RED DE DISTRIBUCION PARA LA  
U.A.B.C. CAMPUS ENSENADA**

**TESIS**  
QUE PARA OBTENER  
EL TITULO DE  
**OCEANOLOGO**  
PRESENTA

**Fernando Marván Gargollo**

ENSENADA, B.C.

ENERO, 1996

---

## **RESUMEN**

En este trabajo se propone el diseño de una toma de agua de mar para los laboratorios de acuicultura de la UABC. Para realizar este trabajo, se consultó bibliografía sobre los aspectos oceanográficos de la zona así como de manuales de construcción marina y de cálculos de bombeo. Posteriormente se hizo un balance entre estos parámetros y se seleccionaron dos sistemas de bombeo.

El primer sistema consiste de una bomba principal de 30 HP y tubería de 6 pulgadas de diámetro, una bomba auxiliar de 10 HP y tubería de 4 pulgadas, un aljibe 66,000 galones con altura de bombeo de 15 m y 75 m lineales de tubería en tierra.

El segundo sistema consta de una bomba principal de 40 HP y tubería de 8 pulgadas de diámetro, una bomba auxiliar de 30 HP con tubería de 6 pulgadas, un aljibe de 150,000 galones con altura de bombeo de 15 m y 603 m lineales de tubería en tierra.

En ambos sistemas se propone la misma trayectoria de tubería para la bocatoma. Esta se caracteriza por ser aérea en una primer etapa utilizando un poste y una roca como soporte y cable galvanizado con alma de fibra de 1/2" de diámetro como tensor. En la segunda etapa se propone el uso de tubería flexible que mediante un cable de acero inoxidable de 3/4" de diámetro, es guiada a otra roca sobre la cual se sumerge terminando en una "pichancha" por donde se obtiene el agua requerida.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA


FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS

**DISEÑO DE UNA TOMA DE AGUA DE MAR Y SU RED DE DISTRIBUCION PARA LA  
UABC CAMPUS ENSENADA**

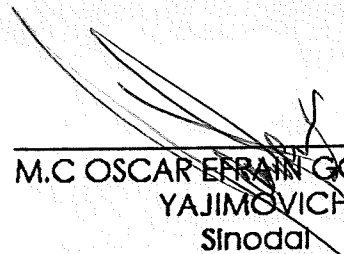
Tesis de Licenciatura

Presenta

**FERNANDO MARVAN GARGOLLO**



M.C. JOSE RAMON LUNA HERNANDEZ  
Director de Tesis



M.C OSCAR EFRAIN GONZALEZ  
YAJIMOVICH  
Sinodal



Oc. VICTOR GENDROP FUNES  
Sinodal

Ensenada, B.C. Enero de 1996

---

## **DEDICATORIA**

Llegar a Ensenada a estudiar Oceanología fué para mi algo muy nuevo y un cambio en mi vida. Con el paso del tiempo, las ciencias marinas hicieron de mi carrera una pasión y un reto a saber mas sobre la mar. Este trabajo se lo quiero dedicar primera mente a mis padres por el apoyo que siempre me han dado durante mis estudios y mis decisiones. También a un "no se qué " que me trajo a aquí y me dió la fuerza para realizarme dentro de la carrera y por ultimo a ese mar gris que golpea con fuerza las rocas de Punta Morro y a esa neblina melancólica que me es fuente de inspiración.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todos mis amigos de generación "Los corchos generación XL" porque con ellos viví 5 años de mi existencia en los que compartimos alegría, coraje, tristeza, reventones, tareas y hogar.

Agradezco a mi familia por su gran apoyo y unión en las buenas y en las malas.

Agradezco a Queen por su compañía y entrega incondicional en todo momento, y a Quique por su inocencia y sencillez.

También le doy gracias a todos los elementos del hábitat de ciencias marinas por que sin ellos, la facultad no tendría eso que la hace tan especial.

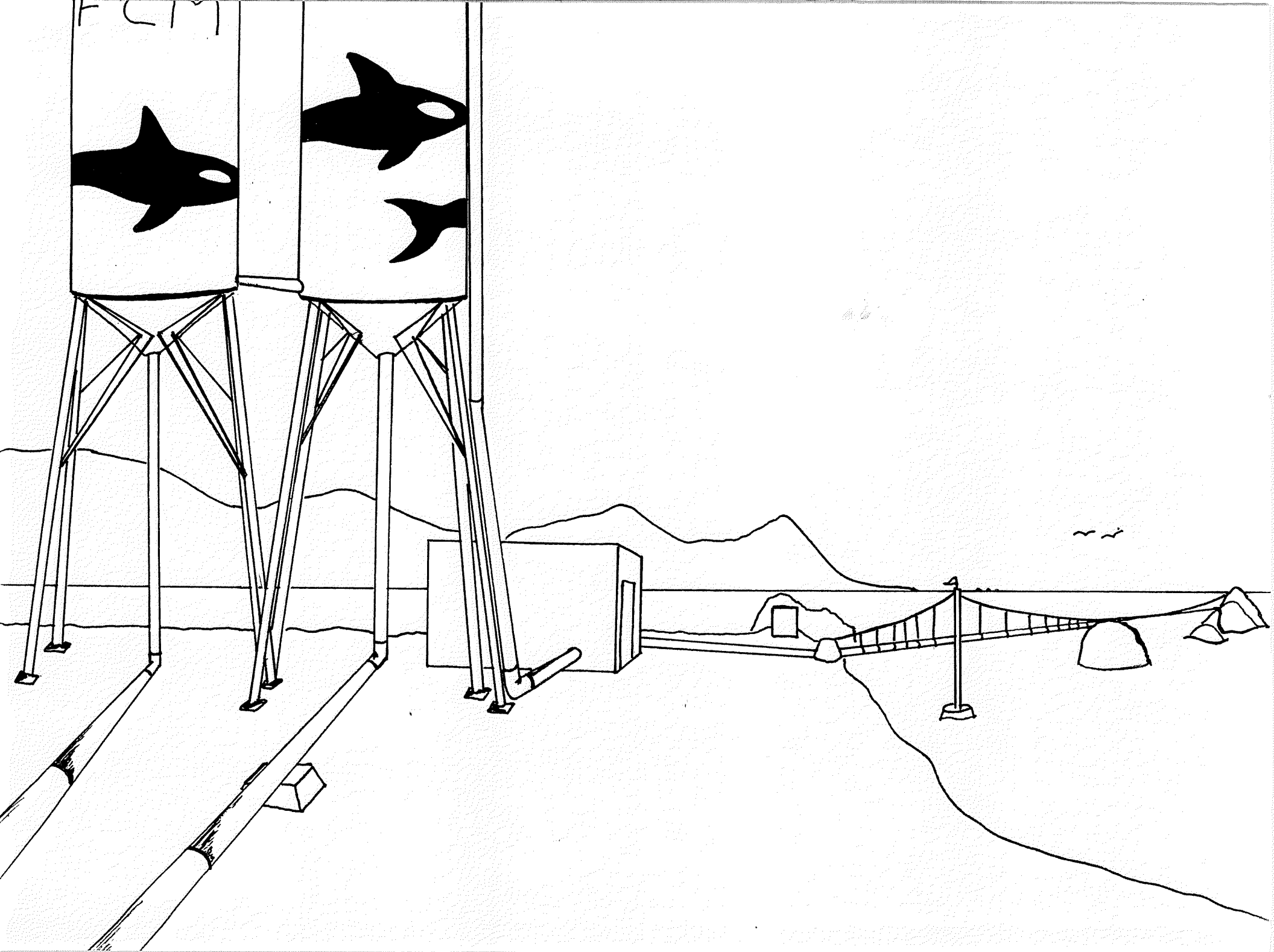
A ti mi Dios te agradezco infinitamente estos años de vida en Baja California así como el haberme puesto en este entorno donde he conocido lugares, personas y situaciones claves en mi vida.

Agradezco al profesor Ramón Luna por dirigirme en la elaboración de este trabajo.

Agradezco a Víctor Gendrop por su profesionalismo y seriedad como sinodal.

**"Te despertarás a base de cuestionarte cada creencia tuya y todas las que vengan del exterior. Si no te agarras a ningún concepto, cosa o ideología te será fácil descubrir en seguida dónde están la verdad y la realidad."**

**Anthony de mello , Auto liberación interior.**



# INDICE

<b>I</b> INTRODUCCION	1
<b>II</b> ANALISIS DEL PROBLEMA	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Objetivos	5
2.3 Metas	
2.4 Descripción de la zona de estudio	6
<b>III</b> HIPOTESIS	8
<b>IV</b> METODOLOGIA	9
4.1 Toma de agua	
4.2 Distribución de agua	
4.3 Selección de material de construcción y equipo	
<b>V</b> RESULTADOS	14
5.1 Ubicación de la toma	
5.1.1 Análisis químicos	
5.1.1.1 Metales pesados	
5.1.1.2 Carbón Orgánico Total	
5.1.1.3 Detergentes	
5.1.1.4 Contaminación por materia orgánica	

<b>5.1.2 Análisis físicos</b>	<b>17</b>
5.1.2.1 <b>Viento</b>	
5.1.2.2 <b>Corriente superficial</b>	
5.1.2.3 <b>Oleaje</b>	
5.1.2.4 <b>Mareas</b>	
<b>5.1.3 Análisis geológicos</b>	<b>20</b>
5.1.3.1 <b>Tipo de suelo</b>	
5.1.3.2 <b>Estructuras naturales</b>	
5.1.3.3 <b>Batimetría</b>	
<b>5.1.4 Análisis Biológico</b>	<b>21</b>
5.1.4.1 <b>Distribución vertical de organismos</b>	
<b>5.1.5 Alternativas sobre la ubicación de la toma</b>	<b>22</b>
<b>5.2 Diseño de la toma de agua</b>	<b>23</b>
5.2.1 <b>Trayectoria de la tubería</b>	
5.2.2 <b>Ubicación exacta de la bocatoma</b>	
5.2.3 <b>Tipo de bocatoma</b>	
<b>5.3 Abastecimiento de agua requerida</b>	<b>27</b>
5.3.1 <b>Tendido de tubería</b>	
5.3.2 <b>Análisis topográfico</b>	
5.3.3 <b>Análisis de bombeo</b>	
5.3.4 <b>Tipo de bomba</b>	

5.4 Material de construcción y equipo	31
<b>VI DISCUSION</b>	<b>34</b>
6.1 Parámetros oceanográficos	
6.2 Tubería marina	
6.3 Bocatoma	
6.4 Almacenaje de agua	
<b>VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>39</b>
<b>IX REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>40</b>
<b>APENDICE I</b>	<b>44</b>
<b>APENDICE II</b>	<b>47</b>
<b>APENDICE III</b>	<b>51</b>

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Variables tomadas en cuenta para la ubicación de la toma de agua y fuentes de información	<b>10</b>
<b>Tabla 2</b> Concentración de metales pesados en sedimentos	<b>14</b>
<b>Tabla 3</b> Concentración de Carbón Orgánico Total en agua de mar	<b>15</b>
<b>Tabla 4</b> Concentración de coliformes y estreptococos encontrados en Granada Cove.	<b>16</b>
<b>Tabla 5</b> Concentración de Oxígeno disuelto, DQO, DBO y fosfato inorgánico para la zona costera de la UABC.	<b>16</b>
<b>Tabla 6</b> Variación del ángulo de incidencia, altura significante de oleaje, velocidad y dirección de la corriente litoral; dependiendo del ángulo de aproximación del oleaje.	<b>19</b>
<b>Tabla 7</b> Niveles promedio de marea registrados en Ensenada Baja California.	<b>20</b>
<b>Tabla 8</b> Selección del sitio mas adecuado para la instalación de la toma de agua.	<b>22</b>
<b>Tabla 9</b> Determinación del punto mas adecuado para la instalación de la bocatoma	<b>24</b>
<b>Tabla 10</b> Variación de los parámetros de bombeo para las opciones A y B de almacenaje de agua	<b>29</b>
<b>Tabla 11</b> Variación del gasto y su influencia en el diámetro, tiempo de bombeo, caballaje , altura dinámica total y costos.	<b>29</b>
<b>Tabla 12</b> Especificación del material a utilizar en la instalación de la toma de agua.	<b>31</b>

## **I INTRODUCCION**

La acuicultura ha sido una de las actividades de mayor importancia en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) Campus Ensenada. En los últimos años, se ha visto un notable crecimiento tanto de las instalaciones como de los requerimientos de agua de los laboratorios del Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO), la Facultad de Ciencias Marinas (FCM) y la Facultad de Ciencias (FC). Actualmente, las instalaciones acuícolas de la unidad se están manejando restringidamente ya que la demanda de agua es mayor que la abastecida por la unidad de bombeo. Además, se requiere modificar dicho sistema ya que no puede operar durante marea baja debido a que el nivel del mar queda por debajo de la toma de agua. Para determinar el sitio de abastecimiento que reúna las mejores condiciones, tanto de seguridad como de la mejor calidad de agua, fue necesario llevar a cabo un estudio oceanográfico de la zona costera adyacente a la UABC.

A partir de la información y resultados oceanográficos , se presentan 3 alternativas de ubicación de la toma y se propone un diseño de conducción del agua marina mediante una red de tubería, hasta el sitio de su almacenamiento.

---

## **II ANALISIS DEL PROBLEMA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

A lo largo de la historia de la UABC en Ensenada, se han tenido problemas con la toma de agua para los laboratorios de acuicultura de la misma. En 1974, se instaló la primer toma de agua en Punta Morro (Fig. 2). Esta fue diseñada por los oceanólogos: Marcos Miranda, Rene Islas y Víctor Gendrop. El agua era bombeada por una máquina con potencia de 3/4 HP y su función básica fue satisfacer a los laboratorios de docencia de la Facultad de Ciencias Marinas. En los años 80's, el requerimiento de agua aumentó debido a la formación de un centro de excelencia en acuicultura dentro de las instalaciones de la Universidad. Debido a esto, la Secretaría de Educación Pública, (SEP), autorizó un presupuesto para la expansión de las instalaciones acuícolas (Gendrop Funes, comunicación personal). Para este proyecto, se instalaron 350 m de tubería de PVC cédula 80 de 6 pulgadas de diámetro, la cual, se fijó al sustrato mediante bloques de concreto. De ésta, se desprendían 4 tuberías flexibles (policart con alma de acero) de 150 m de longitud con sus respectivas bocatomas. Se usaron 4 máquinas de 25 HP para bombear el agua al aljibe que se encuentra en las instalaciones actualmente. Esta toma fue instalada en playitas por la compañía constructora BIASA. En el verano de 1981, se tuvieron problemas continuos de azolve; por esta razón, el IIO contrató a buzos profesionales para darle mantenimiento y monitoreo. El funcionamiento de la toma duró unos cuantos días. En el invierno del mismo año, debido al

oleaje de tormenta, sufrió un des alineamiento y separación de las tuberías que a su vez succionaron arena fracasando el proyecto una vez mas. Con la idea de resolver el problema, se cambió la toma provisionalmente, al sitio donde se encontraba en un principio. Esta toma se encuentra en funcionamiento actualmente y consiste de una tubería de 4 pulgadas de PVC cédula 80, dos bombas de 5 HP y un tubo con perforaciones en la bocatoma. El sistema de bombeo es insuficiente ya que se tiene que enviar el agua a los aljibes por la noche, mientras el gasto es mínimo, para que durante el día haya abastecimiento suficiente.

El gasto demandado por las instalaciones de acuicultura según el departamento de obras de la UABC con perspectivas a futuro es de  $1030\text{m}^3$  por día. De estos, corresponden  $675\text{m}^3$  /día para el IIO,  $5\text{ m}^3$  /día para la FC y  $350\text{ m}^3$  /día para la FCM. Esta agua deberá estar filtrada hasta 5 micras.

Orozco Borbón (1984) y posteriormente Vargas Robles (1987), realizaron mediciones de bacterias coliformes en la zona de Punta Morro (Fig. 2) mediante la técnica descrita por la American Public Association (1970; 1975) la cual es conocida como el Método del Numero Mas Probable (NMP). Por otro lado, López Ramírez (1993), llevó a cabo un estudio sobre contaminación orgánica producida por la UABC. Los valores de DQO y DBO, fueron obtenidos mediante el método APHA AWWA WPFC (1980) y los valores de OD y  $\text{PO}_4$  Inorgánico se cuantificaron con el método descrito por Strikland y Parsons (1972). También, se cuenta con datos de metales traza en sedimentos de la bahía, Romero Vargas (1995). Para la medición de dichos metales, se realizó una digestión con la técnica descrita por Loring y Rantala (1992) y posteriormente se cuantificaron

con un espectrofotómetro de Absorción Atómica modelo Smith Hieftje 12 con horno de grafito TJA modelo CTF 188.

En cuanto a los factores físicos; Alvarez Sánchez (1971), describió el patrón de vientos predominante de la zona así como las corrientes superficiales del lugar. Estas últimas fueron determinadas mediante el método Lagrangeano. y Pavía López (1979), midió intensidades y dirección del viento en el campus Ensenada de la UABC. Estos datos fueron tomados mediante un anemógrafo de registro continuo (Kahlsico 02AM300 ) a 15.4 m sobre el nivel del mar. Posteriormente se interpretaron los datos mediante una computadora PRIME 400 y un programa que obtiene valores de rapidez. De la corriente litoral, se tiene una descripción realizada por Ahumada Sempool (1993) mediante diagramas de refracción y altura significativa de oleaje.

La batimetría , los perfiles costeros de algunos puntos del área de estudio y el plano topográfico de la zona fue realizado por el departamento de obras de la UABC. Dirección General de Obras e Instalaciones (1985).

Bravo Correa (1994), realizó un trabajo sobre la ubicación y diseño de una toma de agua para los laboratorios de acuicultura del Centro de Investigación Científica y de Estudios Superiores de Ensenada (CICESE). En su obra, recomienda que se utilice tubería de polietileno de alta densidad debido a su flexibilidad. Determina su ubicación al Noroeste de Punta Morro. En cuanto al anclaje, propone que se perfore el basalto a una profundidad de 1.5 m como mínimo y fijar la tubería al fondo mediante pivotes.

---

## **2.2 OBJETIVOS**

-Diseñar una toma de agua y su red de distribución, que sea viable técnicamente y con la mayor eficiencia posible y cubrir la demanda de agua de mar que requiere la unidad Ensenada de la UABC.

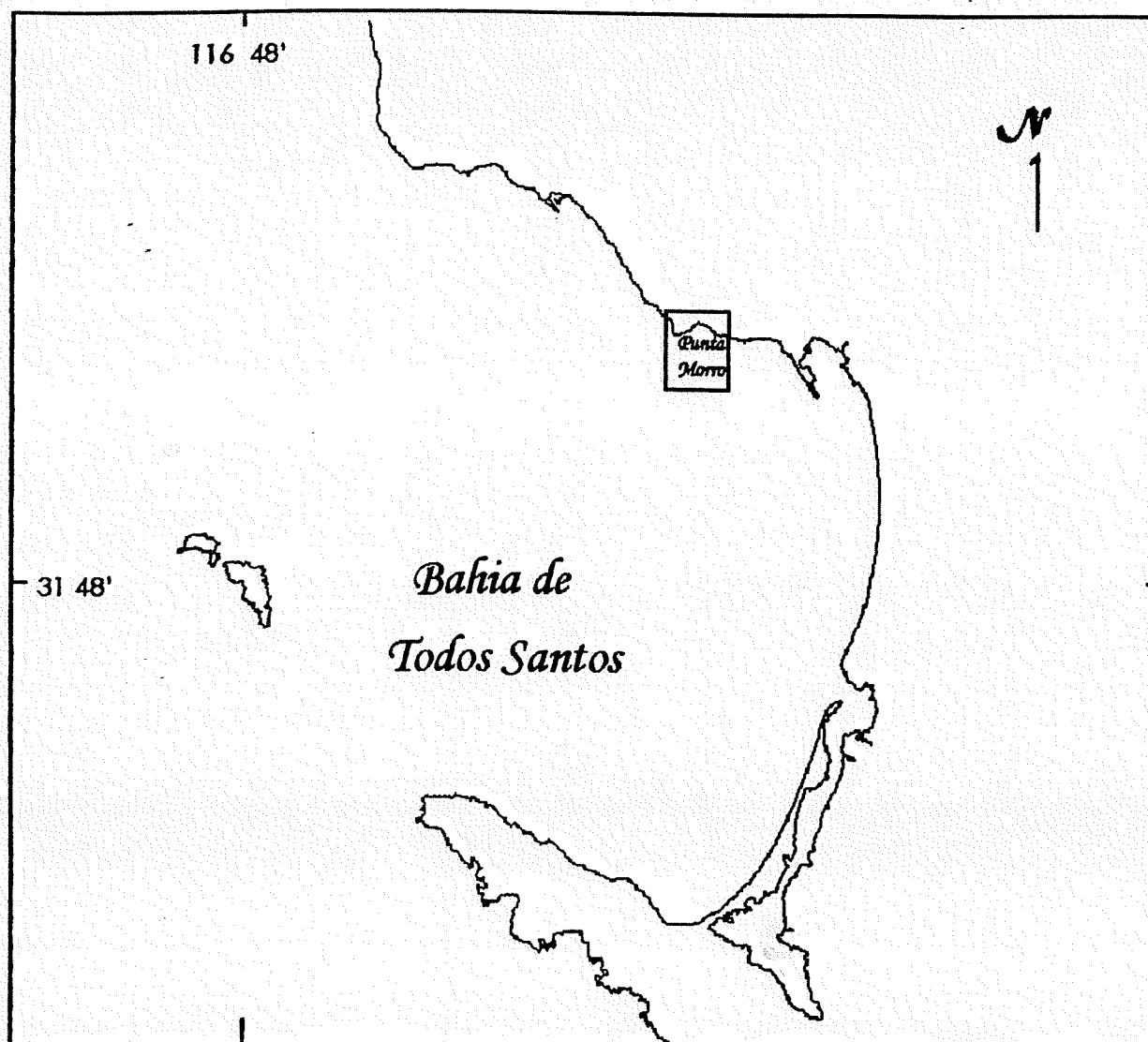
-Ubicar un punto de la zona costera cercana a la UABC que reúna las mejores condiciones de seguridad y calidad de agua.

## **2.3 Meta**

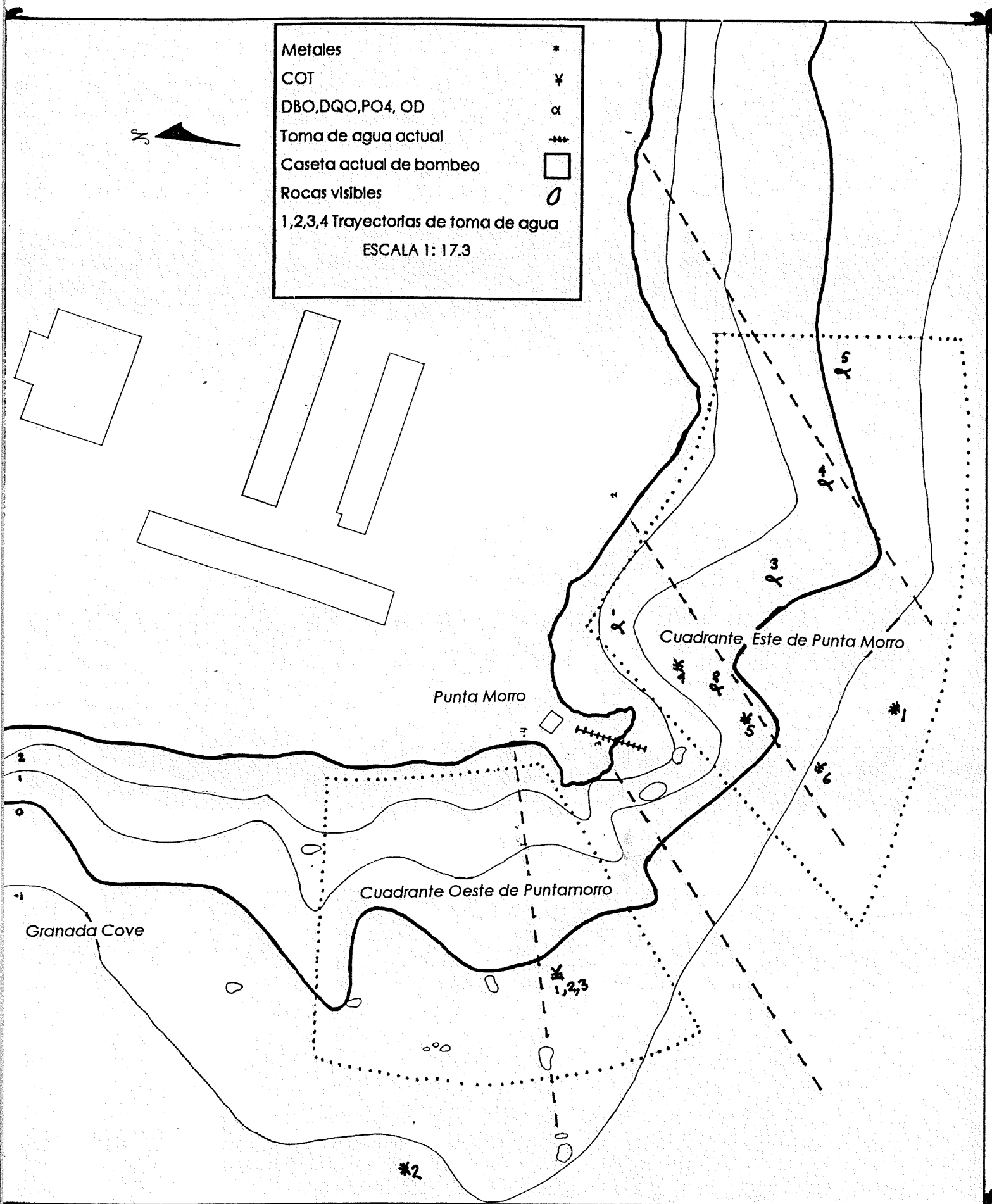
Proporcionar una Guía de apoyo para la toma de decisiones en el diseño de sistemas acuícolas.

## 2.4 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

La zona de estudio se localiza en las instalaciones de la UABC campus Ensenada entre los  $31^{\circ} 50'$  y  $31^{\circ} 51'$  de latitud norte y entre los  $116^{\circ} 40'$  y  $116^{\circ} 40' 50''$  latitud Oeste (Fig. 1).



**Figura 1.- Zona de estudio. UABC campus Ensenada. Escala 1:133,000**



Metales \*  
 COT †  
 DBO, DQO, PO4, OD α  
 Toma de agua actual †††  
 Caseta actual de bombeo □  
 Rocas visibles ○  
 1,2,3,4 Trayectorias de toma de agua  
 ESCALA 1: 17.3

Fig 2. Batimetría de la zona de estudio.

---

### **III HIPOTESIS**

Mediante la determinación cualitativa y cuantitativa de los parámetros oceanográficos, en particular las relacionadas con hidrodinámica y calidad de agua, es posible ubicar una toma de agua en la zona costera de Punta Morro.

## **IV METODOLOGIA**

### **4.1 TOMA DE AGUA**

Para llevar a cabo un proyecto que involucre la construcción de cualquier obra es necesario ubicar el punto donde se pretende realizar. En este caso, para poder ubicar el punto que reuniera las mejores condiciones de calidad y seguridad de la toma de agua, se llevaron acabo una serie de actividades de trabajo en el campo, laboratorio y gabinete descritos a continuación.

Para determinar niveles de contaminación orgánica, se analizo Carbón Orgánico Total (COT), en la parte Este y Oeste de Punta Morro (Fig. 2) cuando la marea se encontraba en un nivel medio. El análisis se hizo mediante un Analizador de Carbón Orgánico Total marca Beckman.

Se midió el ángulo de aproximación del oleaje con una brújula Brunton. Esta medición se corrobora con fotografías aéreas de la zona y datos del trabajo realizado por Ahumada Sempool (1993).

Se hicieron caminatas de prospección cuando la marea se encontraba en lo mínimo pronosticado para ubicar canales, superficies uniformes y estructuras de protección naturales.

Para obtener el rango de mareas sobre el cual se puede operar durante el año, se consultó una tabla de mareas de 1994 y datos de González Villagran (1992)

También se recopiló información de varios trabajos realizados de la localidad ( TABLA 1).

**TABLA 1** Variables tomadas en cuenta para la ubicación de la toma y fuentes de información.

VARIABLE	FUENTE DE INFORMACION
Metales Traza	Metales pesados en sedimentos: Romero Vargas 1995
Contaminación Orgánica	Bacterias Coliformes: Orozco Borbon (1984) y Vargas Robles (1987) DQO, DBO, OD y PO <sub>4</sub> : López Ramírez (1993)
Viento	Dirección e intensidad: Pavía López (1979) velocidad anual: González Yajimovich (1981)
Corrientes costeras	Corriente Superficial Alvarez Sánchez (1971) Corriente Litoral Ahumada Sempoal
Oleaje	Angulo de aproximación y altura: Ahumada Sempoal (1993)
Tipo de suelo	Sustrato: Agüero Madero (1986) Estructuras naturales: Bravo Correa (1994)
Mareas	Rango de mareas en Ensenada: González Villagran (1992)

Terminados estos estudios se realizó una matriz, (TABLA 8), con la cual; se determinó la trayectoria de toma de agua mas adecuada. Para esto, se le asignó un valor a cada uno de los parámetros (1-3) según fuera su importancia

y posteriormente, se evaluaron independientemente sobre cada trayectoria obteniendo un valor según fuera su factibilidad. Por ejemplo: La dispersión de contaminantes es uno de los parámetros más importantes a considerar, por lo que se le asignó el valor de 3. Como se puede observar, los sitios 3 y 4 muestran la mayor dispersión, debido a esto se les asignó el valor de 4. Seguido de este está el sitio 2 y por último el 1 asignándoles valores de 3 y 2, respectivamente. Posteriormente, se multiplicó el valor del parámetro por el de la opción obteniendo 12, 9 y 6 según la opción. Así se hizo para cada parámetro y finalmente, se sumaron los puntos de cada columna. La que obtuvo el puntaje más alto fue la definitiva.

Teniendo la selección del lugar, se procedió a trazar la trayectoria de la tubería acuática a escala y se midió la longitud de la tubería total a utilizar.

Para delimitar el sitio preciso donde se pretende colocar la bocatoma, se procedió a ir al lugar propuesto y se seleccionaron cuatro posibles posiciones para la bocatoma. La decisión sobre la mejor opción, se tomó mediante una matriz en la cual se incluyeron 7 criterios que afectan en la construcción y funcionamiento de la bocatoma. Los criterios se numeraron del uno al siete, cuyo orden de importancia es en sentido ascendente. Se evaluaron las cuatro opciones en cada criterio y se les dio un valor según fuera lo más conveniente para la realización de cada una. Por ejemplo: El criterio más importante para esta decisión fue la posible fractura de la roca por lo que se le asignó el valor más alto (7). Sobre este parámetro, se puede observar que tanto la ubicación 2 como la 3 muestran muy alta posibilidad de fractura, dándoles el valor de 2. Seguida a estas está la ubicación 1 y finalmente la ubicación 4 por lo que a

esta última se le asignó el valor más alto. Se multiplicó cada opción por 7 obteniendo 28, 21 y 14 respectivamente. Por último se llevó a cabo la sumatoria de la puntuación (TABLA 9).

Para la selección de la bocatoma fue necesario tomar en cuenta el tamaño granulométrico predominante. Para esto, se tomó una muestra de sedimento y se separó mediante un tamizador eléctrico y tamices de 0 a 5 phi. También, se tomó en cuenta posición de la toma (horizontal o vertical), profundidad del sitio, la velocidad del flujo y organismos bentónicos que pudieran obstruir el paso del agua.

#### **4.2 DISTRIBUCION DE AGUA**

Una vez determinada la ubicación de la toma, se utilizaron mapas del plantel para determinar la red de distribución y la altura de bombeo.

Se midió la distancia total de la trayectoria así como los ángulos de cambio de dirección de la misma. Esto se realizó con una brújula Brunton y una cinta métrica.

Tomando como base la demanda de agua que se necesita en los laboratorios, se realizaron los cálculos de bombeo correspondientes mediante las fórmulas descritas por Wheaton, 1977, (Apéndice I) y para facilitar la repetición y corrección de algunos parámetros, se elaboró un programa en Pascal que calcula los resultados de bombeo mediante las fórmulas mencionadas anteriormente. (Apéndice II). Debido a que el gasto requerido es constante, pero puede ser bombeado al aljibe en diferentes tiempos y cantidades, se obtuvieron tres caballajes diferentes y fueron cotizados por una

empresa de la localidad; así mismo se consultó en la Comisión Federal de Electricidad sobre los precios por KW gastado. Teniendo esta información, se procedió a hacer un balance entre costo de la bomba, tiempo de bombeo y energía requerida para elegir la mejor opción (TABLA 9).

Habiendo analizado los requerimientos de agua, así como la distancia de descarga, la potencia de bombeo necesaria y la altura dinámica total, se procedió a elegir el tipo de bomba mediante diagramas de bombeo (Apéndice III) y en acuerdo a lo establecido por Wheaton (1977).

#### **4.3 SELECCION DE MATERIAL DE CONSTRUCCION Y EQUIPO DE BOMBEO**

Dado que este es un proyecto para fines de investigación acuícola, se buscó material que no fuera tóxico para los organismos y que soportara la corrosión debida al agua de mar. También, se buscó el calibre óptimo de los amarres y los cables para soportar el peso de la tubería y el embate del oleaje. Esta información fue obtenida en el "Handbook of Ocean and Underwater Engineering. Para la elección del equipo de operación del sistema se consultó lo descrito por Huguenin-Colt (1989) y Wheaton (1977).

## Y RESULTADOS

### 5.1 UBICACION DE LA TOMA.

#### 5.1.1 ANALISIS QUIMICO.

##### 5.1.1.1 Metales.

En la (TABLA 2), se muestran valores de concentración en  $\mu\text{g/g}$  de metales pesados en sedimentos de la bahía de Todos Santos, Romero Vargas (1995). Las estaciones que se muestran son las correspondientes a la zona costera de la UABC en la isóbata de los 5 m y a 1 Km de la costa (Fig. 2). También se muestra el valor promedio de estos metales. Como se puede observar, la mayoría de las concentraciones mostradas, están por debajo del promedio y los correspondientes a Punta Morro (3 y 4) son menores que los de frente a la Facultad de Ciencias Marinas (1 y 2).

**TABLA 2.** Concentración en  $\mu\text{g/g}$  de metales pesados en sedimentos.

Estación	Cd	Cr	Cu	Fe	Zn
1	0.05	24.37	5.66	15080.62	28.14
2	0.07	47.9	4.71	26371.95	33.5
3	0.05	18.53	6.51	18831.82	33.18
4	0.04	19.14	4.59	14815.25	23.55
promedio Bahía	0.16	42.62	11.8	26590	46.45

### 5.1.1.2 Carbón Orgánico Total.

Al aplicarle regresión lineal a la curva de calibración, se encontró una alta correlación que fue de  $r=0.97$ .

Las concentraciones obtenidas de la zona fueron las siguientes (TABLA3)

**TABLA 3.** Concentración de carbón orgánico total en agua de mar para el día 10 de Junio de 1994.

Muestra	Concentración en mg C/l
1	5.5
2	11.25
3	5.5
4	6.5
5	5.5
6	0.8

Las muestras 1,2 y 3 fueron tomadas del cuadrante Oeste de Punta morro en un mismo sitio (Fig. 2) y las otras tres, del lado Este en una línea perpendicular a la costa e intervalos de aproximadamente 15 m. De manera general, los valores registrados son muy similares en ambos lados exceptuando el de la muestra 2 y la 6.

### 5.1.1.3 Contaminación por materia orgánica.

Se obtuvo información de contaminación bacteriana de la zona de Punta Morro (Fig. 2) expresada en coliformes totales , coliformes fecales y estreptococos (TABLA 4). En esta zona, no se detectó presencia de Salmonella ni Shigella (Vargas 1987). Debido a que ambos trabajos fueron realizados en el mismo lugar, se puede decir que la concentración de coliformes ha disminuido notablemente con el paso del tiempo.

**TABLA 4:** Concentración de Coliformes y Estreptococos encontrados en Granada Cove

Año	Coliformes totales			Coliformes fecales			Estreptococos fecales			Fuente de Información
	X	min	max	X	min	max	X	min	max	
1980	551	20	1600	70	9	230				Orozco Borbon 1984
1984	33	4	60	21	2	36	15	12	43	Vargas Robles 1987

También se encontró información de la zona costera frente a la UABC (Fig. 2) que incluye los parámetros de: (OD) Oxígeno disuelto, (DBO) Demanda bioquímica de oxígeno, (DQO) Demanda química de oxígeno y fosfato inorgánico (TABLA 5). Los datos fueron obtenidos tanto en marea viva como muerta López Ramírez (1993).

**TABLA 5:** Concentración de Oxígeno disuelto, DQO, DBO Y Fosfato inorgánico para la zona costera de la UABC.

Estación	OD mg O <sub>2</sub> /l		DQO mg O <sub>2</sub> /l		DBO mg O <sub>2</sub> /l		PO <sub>4</sub> mg PO <sub>4</sub> /l	
	M	V	M	V	M	V	M	V
1	0.783	0.59	41.92	124.16	0	0	3.94	5.25
2	3.211	3.22	0.45	1.72	1.09	0.465	0.774	0.43
3	3.065	3.49	0.737	2.5	0.604	0.509	0.17	0.164
4	3.085	3.11	0.517	2.44	0.55	0.371	0.16	0.144
5	3.06	3.23	0.11	2.28	0.56	0.408	0.202	0.9

M= marea muerta

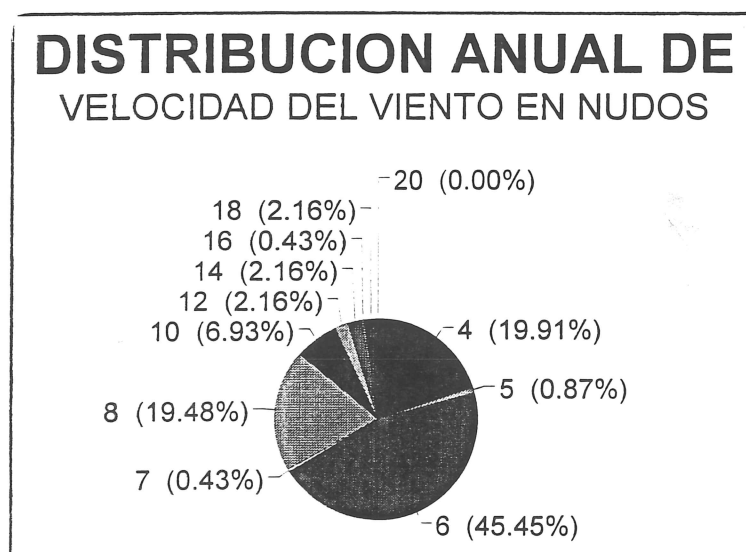
V= marea viva

Como se puede ver, los valores de la estación uno muestran la más alta contaminación ya que el nivel de oxígeno disuelto es bajo y los valores de los demás parámetros son altos. Esta estación corresponde al efluente de la UABC.

## 5.1.2 ANALISIS FISICO.

### 5.1.2.1 Viento.

La dirección de incidencia de viento más frecuente es del Noroeste con intensidades de 5m/s. Sin embargo Pavia, (1979), determinó que en la zona de la UABC el viento predominante es del SW con una velocidad promedio de 1.6 m/s. Se menciona que esta velocidad aumentó a 7.5 m/s en los meses de Abril, Julio y Agosto de 1978. A continuación se muestra una gráfica, (Fig. 3), donde se puede observar la variación de la velocidad en horas al año registrada en la estación meteorológica de el Ciprés, ubicada en los 31° 47' 37" N y 116°35'56"W González Yajimovich (1981).



**Figura. 3** Distribución anual de velocidades de viento registradas en la estación meteorológica del Ciprés.

Como se observa, el valor mas frecuente es el de 6 nudos y se registraron valores extremos hasta de 18 nudos. La dirección de predominancia del viento es la del NW.

#### **5.1.2.2 Corriente Superficial.**

La corriente superficial lleva la misma dirección que la del viento y se han medido velocidades de 30 cm/s cuando la intensidad del viento es de 6 a 7 m/s. Alvarez Sánchez (1971).

#### **5.1.2.3 Oleaje.**

El oleaje que normalmente llega a la bahía de Todos Santos es de 230° y 242°. En época de invierno, estos ángulos cambian a 244°, 245° y 280°. Ahumada Sempoal (1993).

A continuación se muestra una tabla que compara los valores de los ángulos de aproximación de oleaje y su relación con la altura significativa  $H_s$ , ángulo de incidencia, velocidad y dirección de la corriente litoral en el lado Este y Oeste de Punta morro (TABLA 6)

La altura significativa promedio durante el año es de 2.4 m Coria (1991). En eventos extremos se han calculado alturas significantes según sea el período de recurrencia. Para 50 años ( $H_{50}$ ) fue de 3.74m,  $H_{100}$ = 3.97 y  $H_{200}$  =6m.

**TABLA 6:** Variación del ángulo de Incidencia , altura significativa del oleaje, velocidad, y dirección de la corriente litoral; dependiendo del ángulo de aproximación del oleaje

Angulo de aproximación	Angulo de Incidencia	Hs cm	Velocidad de corriente cm/s	Dirección de corriente
230■	9	80	60.2	SE
230*	18	100	0.7	Oeste
242■	-8.5	186	71.8	NW
242*	15	152	88.5	Este
244■	.5	104	7.3	SE
244*				Este
245■				SE
245*				Este
280■	17	210	77	SE
280*	5	260	94.5	Oeste
290■	15	118	102.8	SE
290*				Este

■= Cuadrante Oeste de Punta morro (fig. 2)

\*= Cuadrante Este de Punta morro (fig. 2)

Si se observa en la tabla anterior; de manera general tanto el ángulo de aproximación del oleaje como la altura significativa son mayores en el cuadrante Este que los registrados en el cuadrante Oeste de Punta Morro. Por otro lado se tiene que la velocidad de la corriente en el lado Oeste de Punta Morro se mantiene fluctuando entre 60 y 80 cm/s mientras que del otro lado, la velocidad es muy variable.

#### 5.1.2.4 Mareas.

En Ensenada, el rango de mareas es de 2.88 m para valores extremos y el promedio es de 1.60 (TABLA 7). Por otro lado, el valor de bajamar mínima se registra con poca frecuencia durante el año.

**TABLA 7.** Niveles promedio de marea registrados en Ensenada Baja California.

Pleamar máxima	1.48 m
Nivel de pleamar medio superior	0.781 m
Nivel de bajamar medio inferior	-0.822 m
Bajamar mínima	-1.4 m

\*Datos obtenidos de González Villagran (1992)

#### 5.1.3 ANALISIS GEOLOGICO.

##### 5.1.3.1 Tipo de suelo.

Punta Morro se caracteriza por tener formaciones de roca ígnea perbatolítica de la formación Alisitos, Agüero (1986). Esta, es muy resistente a la erosión y de forma angulosa.

##### 5.1.3.2 Estructuras Naturales.

De ambos lados de Punta Morro, se pueden notar rocas grandes y afloramientos del mismo material (Fig. 2). También frente a las instalaciones del (IIO) existe un canal natural. Bravo (1994).

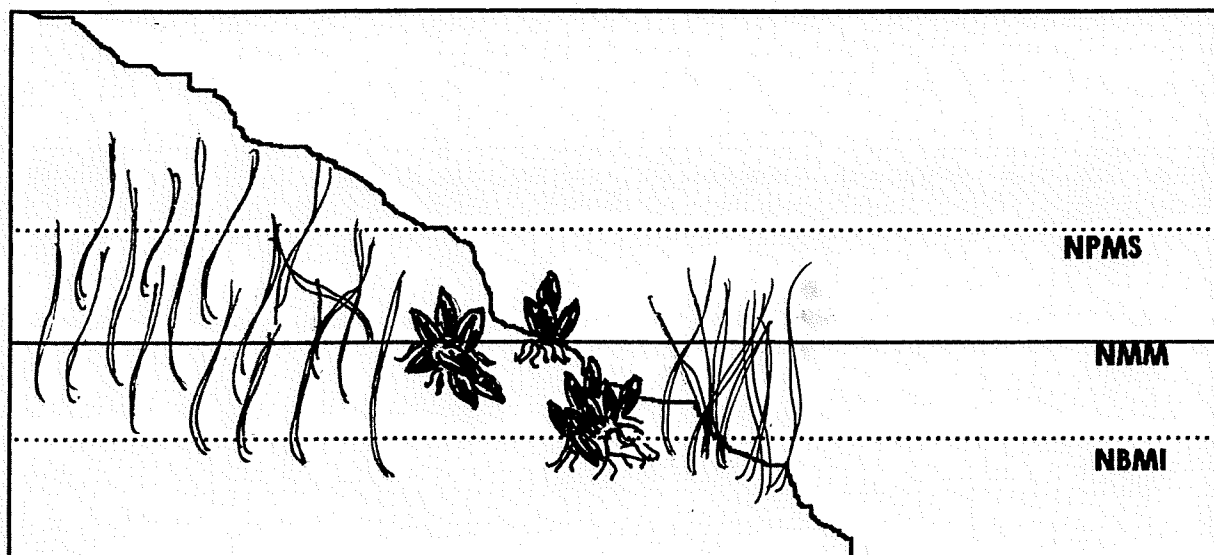
### 5.1.3.3 Batimetría.

La batimetría obtenida del departamento de obras tuvo que ser corregida ya que los datos de las cotas no corresponden con el nivel medio del mar (Fig. 2). Las isolíneas positivas y la de cero, se comportan similar, mientras que la isolínea de -1 m se ensancha del lado Oeste de Punta Morro.

### 5.1.4 ANALISIS BIOLÓGICO.

#### 5.1.4.1 Distribución vertical de organismos.

A continuación se muestra una figura donde se puede observar la distribución vertical de los organismos bentónicos que pueden afectar en el congestionamiento de la bocatoma.(Fig. 4) Entre estos podemos encontrar básicamente *Mytilus Californianus* (Mejillones), *Phyllospadix* sp. (pastos marinos) y algunas especies de algas pardas y verdes.



**Figura. 4.** Distribución vertical de organismos bentónicos.

### 5.1.5 ALTERNATIVAS SOBRE LA UBICACION DE LA TOMA.

Basándonos en la morfología del lugar se propusieron cuatro posibles ubicaciones de la bocatoma como se muestra en la Fig. 2. A continuación se muestra una matriz con la cual se tomo la decisión del lugar mas apropiado para la instalación de la toma.

**TABLA 8.** Selección del sitio mas adecuado para la instalación de la toma de agua.

UBICACION DE LA TOMA		1	2	3	4
Concentración de metales	3	mayor 3 9	mayor 3 9	menor 4 12	menor 4 12
Concentración de materia orgánica	1	alta	alta	baja	baja
Angulo de Incidencia del viento	2	paralelo 2 4	40 grados 3 6	paralelo 2 4	perpen. 4 8
Velocidad de corriente	3	44 3 9	44 3 9	44 3 9	66 4 12
Dirección de la corriente	1	camblante 3 3	camblante 3 3	camblante 3 3	SE 4 4
Posible contaminación por la dirección de corriente y efluentes cercanos	2	Muy alta 2 4	Alta 3 6	Baja 4 8	Baja 4 8
Intensidad de energía	2	baja 4 8	baja 4 8	muy alta 2 4	alta 3 6
Dispersión de contaminantes	3	lenta 2 6	moderada 3 9	alta 4 12	alta 4 12
Angulo de Incidencia	2	15-18 3 6	15-18 3 6	15-18 3 6	9 a - 8.5 4 8
Altura significativa	3	214 3 9	214 3 9	214 3 9	113.8 4 12
Distancia mínima de tubería para la isóbata de 1 m	2	125 m 3 6	100 2 4	150 2 4	150 2 4
Estructuras naturales protectoras	2	canal 3 6	no hay 2 4	no hay 2 4	rocas grandes 4 8
<b>Total de puntos</b>		<b>61</b>	<b>64</b>	<b>67</b>	<b>80</b>

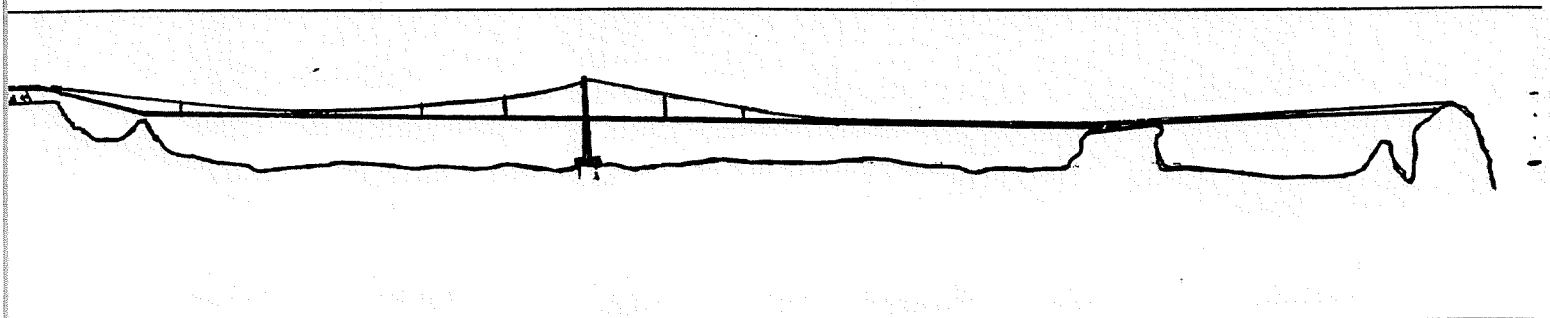
\*Para mayor información sobre modo de análisis ver metodología.(pag 10)

Como se puede ver, la opción con mayor numero de puntos es la número cuatro por lo que esta se escogió como trayectoria definitiva.

## 5.2 DISEÑO DE LA TOMA DE AGUA.

### 5.2.1 TRAYECTORIA DE LA TUBERIA.

Para poder utilizar la trayectoria de la opción numero 4, se necesita pasar por en medio de las rocas o rodearlas (Fig. 2). Utilizando este obstáculo como soporte, se diseño una trayectoria 5 la cual es aérea en su primer etapa evitando así el esfuerzo del oleaje sobre la tubería. (Fig. 5)



**Figura. 5** Perfil de la toma de agua. (trayectoria 5)

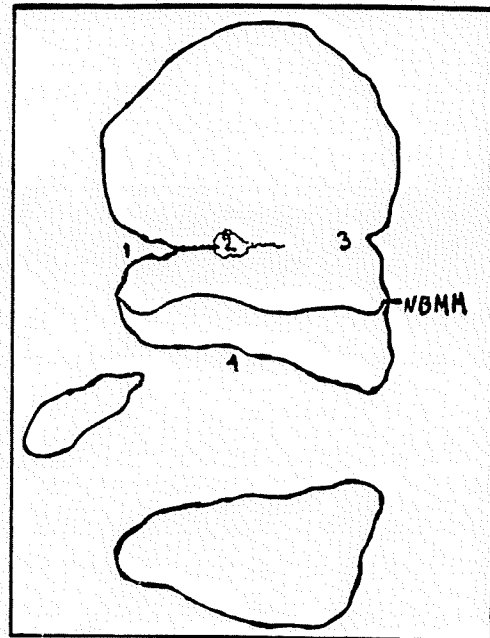
### 5. 2. 2 UBICACION EXACTA DE LA TOMA

La roca donde se pretende ubicar la bocatoma mide 4 m de largo por 2.5m. de ancho. Está situada sobre la isóbata de -1m. Para determinar la posición de la toma se proponen 4 alternativas (Fig. 6). Como se puede notar, dos de las opciones se ubican en la superficie de la roca. La opción 2 esta situada en una grieta natural que permite el paso del agua a través de la roca. La alternativa 3, similar a la 2, esta en una pequeña posa natural. En ambas opciones se necesita perforar la roca (Fig. 8). La opción 1, se localiza en una grieta de aproximadamente 15 cm de ancho. En base a un análisis de puntaje (TABLA 9) se determinó que el sitio mas apropiado es el 4 (Fig. 7) y como segunda opción es el 1 (Fig. 9). Dado que se proponen dos sistemas de bombeo, (ver 5.3.4), se recomienda utilizar el sitio 4 para el sistema auxiliar y para el sistema principal utilizar la opción 1.

**TABLA 9.** Determinación del sitio mas adecuado para la instalación de la Bocatoma.

Criterio		ubicación 1	ubicación 2	ubicación 3	ubicación 4
Energía del oleaje	2	moderada 1 2	nula 4 8	muy baja 3 6	baja 2 4
Corrientes	4	baja 3 12	nula 1 4	baja 3 12	altas 4 16
Costo de perforación	6	bajo 3 18	muy alta 1 6	alta 2 12	muy baja 3 18
Seguridad de trabajo	5	buena 3 15	alta 4 20	alta 4 20	baja 2 10
Accesibilidad de instalación	3	buena 3 9	muy buena 4 12	buena 3 9	mala 2 6
Posible fractura de la roca	7	baja 3 21	alta 2 14	alta 2 14	muy baja 4 28
Concentración de organismos bentonicos	1	baja 4 4	muy alta 1 1	alta 2 2	moderada 3 3
<b>TOTAL DE PUNTUAJE</b>		<b>81</b>	<b>65</b>	<b>75</b>	<b>85</b>

\* Para información detallada sobre puntuaje ver metodología. (pag. 11 )



**Fig.6** Roca donde se pretende ubicar la bocatoma

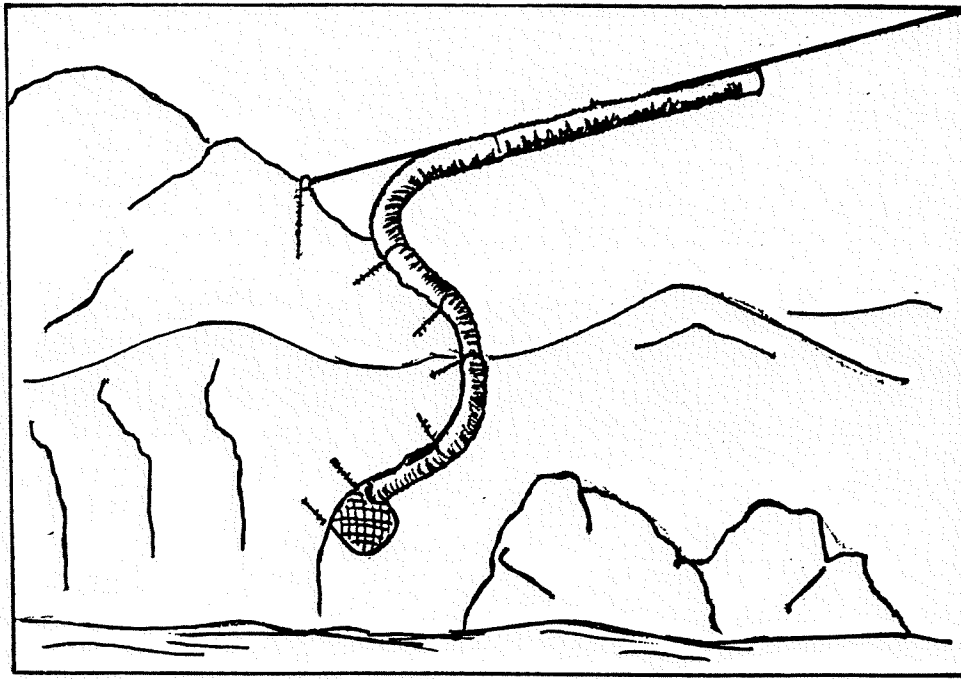


Fig.7 Opcion de instalacion 4

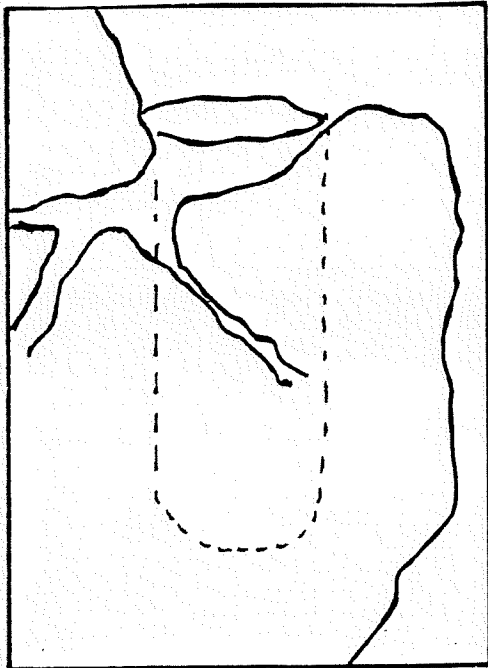


Fig.8 Opciones de instalacion 2 y 3

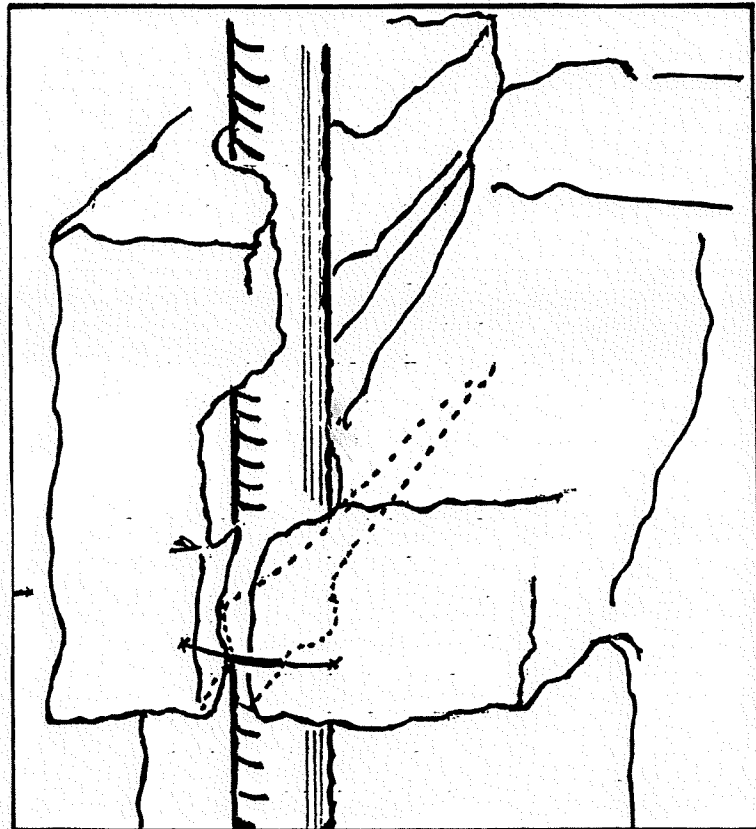
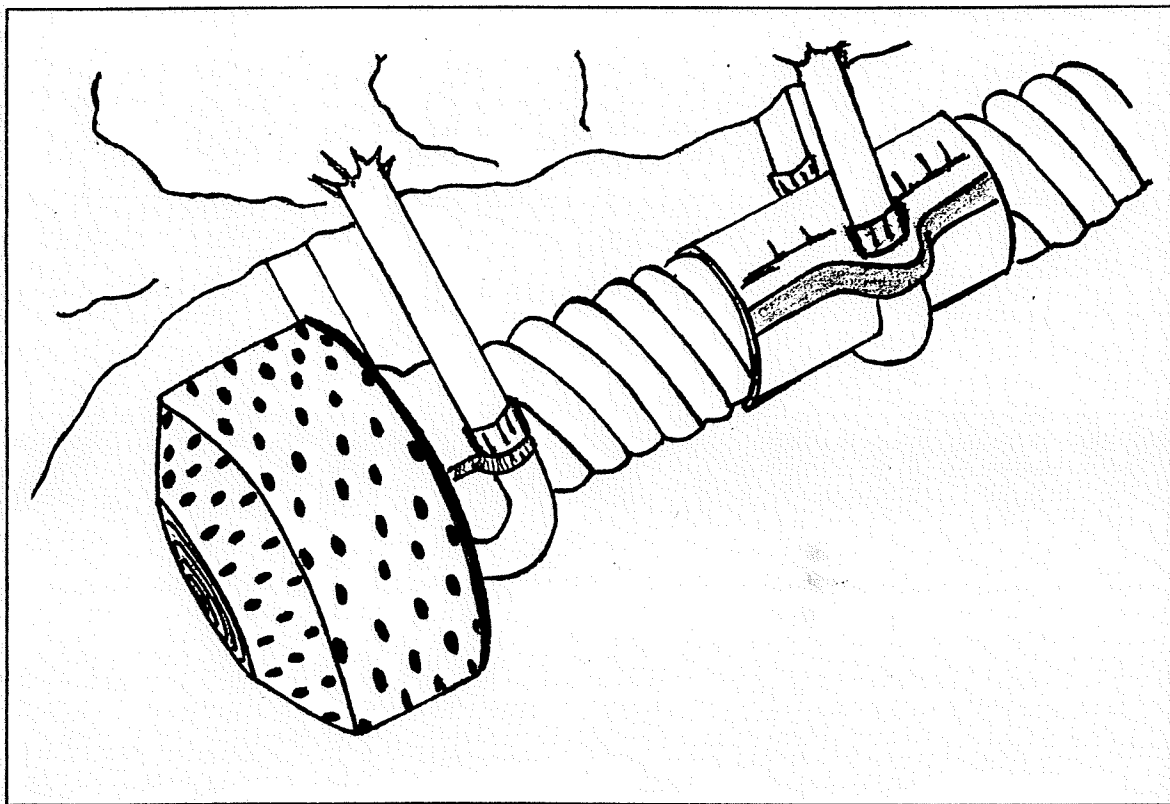


Fig.9 Opcion de instalacion 1

### 5.2.3 TIPO DE BOCATOMA.

Dado que el sitio donde se va a colocar la bocATOMA está expuesto a una alta energía, se propone el uso de tubería flexible de PVC. Para sujetar el ducto, se deben hacer perforaciones en la roca e insertarle barrenancias (varillas de acero que sirven de agarre) y mediante abrazaderas, presionar hacia el sustrato (Fig. 10). Estas abrazaderas, deben permitir el movimiento de la tubería para evitar acumulación de estrés. Para evitar el paso de objetos y organismos que pudieran dañar la bomba, se recomienda utilizar una rejilla terminal de PVC de alta densidad.

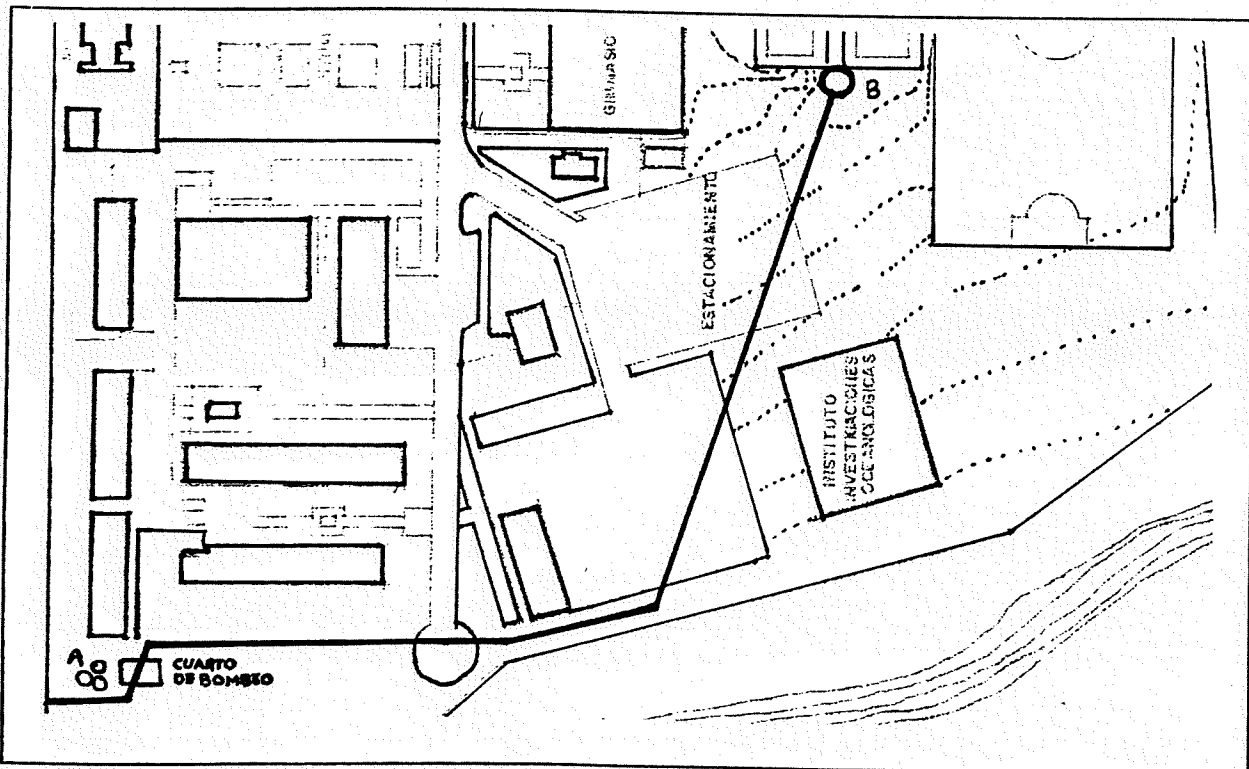


**Figura. 10.** BocATOMA

### 5.3 ABASTECIMIENTO DE AGUA REQUERIDA

#### 5.3.1 TENDIDO DE TUBERIA.

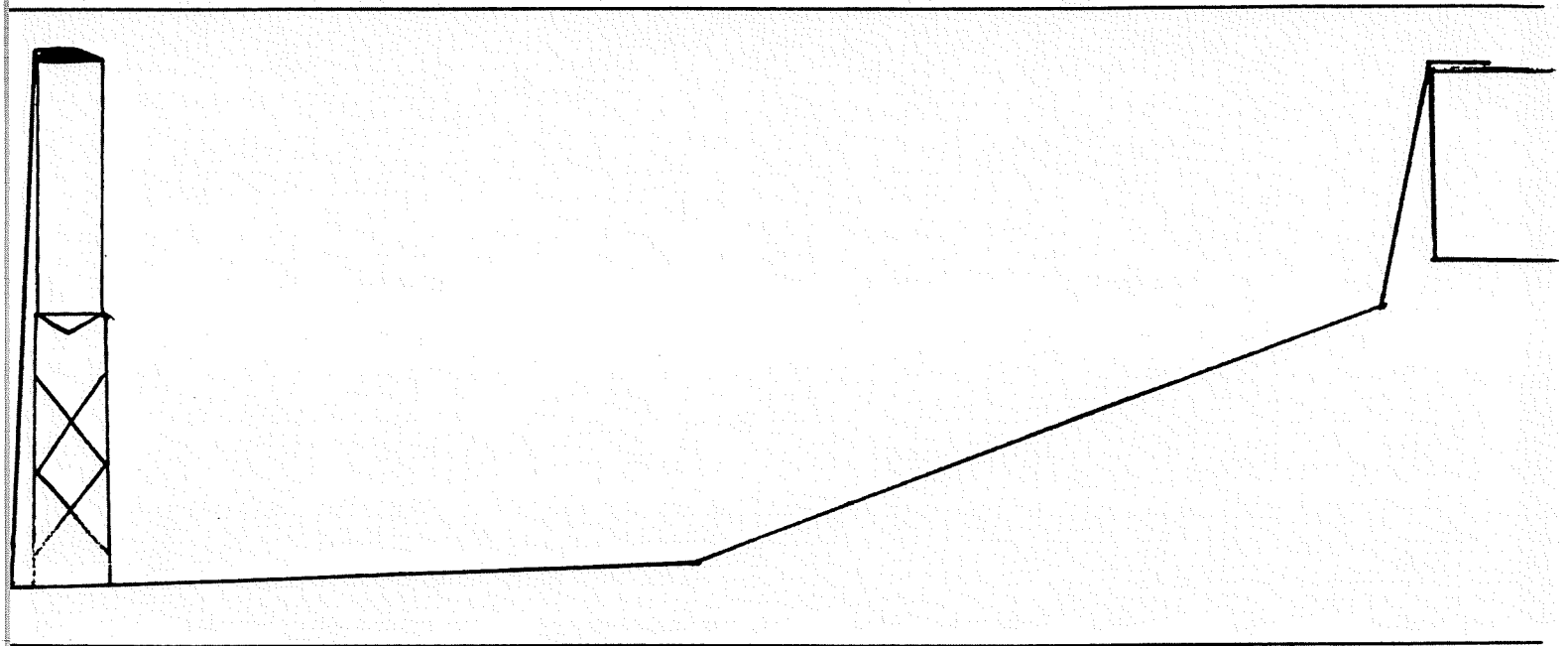
En el plano topográfico de la UABC (Fig. 11) está marcada la distribución de la tubería así como dos opciones de almacenaje. El primer aljibe, (opción A), se ubica en la parte baja del terreno y consiste de tres tanques cilíndricos con fondo cónico prefabricados, de 8 m. de alto y 22,000 galones de capacidad cada uno. Estos estarán elevados a 12 m. sobre el nivel del mar, sostenidos por medio de una estructura metálica. El segundo aljibe, (opción B), se ubica entre la cancha de fútbol y el gimnasio de la UABC a una altura de 13 m. sobre el nivel del mar, siendo dos tanques de 75,000 galones cada uno.



**Figura 11.** Plano del tendido de tubería y ubicación de las opciones (A y B) de almacenamiento.

### 5.3.2 ANALISIS TOPOGRAFICO

En la siguiente figura (Fig. 12) se muestran los perfiles de la distribución de tubería en tierra. La opción A, mide 50 m de longitud y 15 m. de altura de tubería y la opción B, mide 603 m de longitud y 13 m de altura.



**Figura 12.** Perfiles de tubería en tierra.

### 5.3.3 ANALISIS DE BOMBEO.

Los cálculos de bombeo se describen detalladamente en el Apéndice II. El gasto demandado por las instalaciones de la UABC es de  $1030\text{m}^3/\text{día}$  o  $11323.65\text{ Gal/hr}$ . A continuación se muestran las variaciones que presentan las dos opciones (TABLA 10).

**TABLA 10.** Variación de los parámetros de bombeo para las opciones A y B de almacenaje de agua.

VARIABLE	OPCION (A)	OPCION (B)
Altura de bombeo	15 m	13 m
Altura de succión	6 m	6 m
Distancia total	75 m	603 m
Volumen de aljibes	66,000 Gal	150,000 Gal

La bomba mas adecuada para las opciones propuestas, se determinó mediante la siguiente tabla, en la cual se tienen variaciones de tiempo de bombeo y de gasto; así como de costos del equipo y de su operación (TABLA 11).

**TABLA 11.** Variación del gasto y su influencia sobre el diámetro, tiempo de bombeo, caballaje, altura dinámica total y costos.

Gasto m <sup>3</sup> /s gal/min	Tiempo de bombeo hrs.	Vel. m/s	Diámetro pulg	Caballaje	Altura Dinámica Total en m	Precio de bomba en dls	Gasto de energía en n\$
Opción B							
<u>.083</u> 1315	4	2.66	8	60	35	4900	86.4
<u>.059</u> 935	6	3.34	6	60	55.1	4900	129.6
<u>.059</u> 935	6	1.87	8	40	29.2	3700	86.4
<u>.047</u> 750	8	2.6	6	40	46	3700	115.2
<u>.04</u> 650	10	2.26	6	30	38.9	3100	108
Opción A							
<u>.045</u> 728	6	2.54	6	30	30.6	3100	64.8
<u>.045</u> 728	6	1.52	8	30	24.5	3100	64.8
<u>.0169</u> 268	12.3	2.1	4	10	31.5	1900	44.28
<u>.0169</u> 268	12.3	.95	6	10	23	1900	44.28

### **5.3.4 TIPO DE BOMBA**

Independientemente de que opción de almacenaje se elija, se propone la instalación de dos sistemas de bombeo paralelos (principal y auxiliar). Para la opción de almacenaje (A), se recomienda la utilización de una bomba de 30 HP y tubería de 6 pulgadas de diámetro como sistema principal y una bomba auxiliar de 10 HP, con tubería de 4 pulgadas de diámetro. Para el sistema (B), se recomienda la instalación de una bomba de 40 HP y tubería de 8 pulgadas como sistema principal; y para el sistema auxiliar, se recomienda la utilización de una bomba de 30 HP con tubería de 6 pulgadas de diámetro.

## 5.4 MATERIAL DE CONSTRUCCION Y EQUIPO.

Este material se seleccionó en base a las necesidades del proyecto así como a un balance de costos y seguridad de la instalación. Esto se determinó con ayuda del manual de la Harrington Plastics Inc, el libro "Handbook of Ocean and Underwater Engineering" y de Huguenin y Colt (1989).

**TABLA 12.** Especificación del material a utilizarse en la instalación de la toma de agua.

Bocatoma	
tubería	Tubo flexible de PVC y acero. D= 4 pulg.
Rejilla	Rejilla de PVC alta densidad con luz de malla estándar.
Amarres	barrenanclas de 1/2 pulg. y abrazaderas de metal.
Tubería	
Tubería sub acuática	Tubo flexible de PVC. D=4 pulg.
Tubería aérea y terrestre	Tubo de PVC ced 80. D= varía según la opción
Tubería terrestre	Tubo de PVC ced 80. D= varía según la opción
Postes	D= 20 pulg. Concreto denso sin ángulos y sin sales
Cables	
Aéreo	Galvanizado c/alma de fibra. Cal= 1/2 pulg
Marino	Cal = 3/4 pulg. Acero Inox 302 o 304 Fab. 6x19
Amarres de tensión	Barrenanclas Cal= 1/2 pulg.
Pintura antivejetativa	Devran 207 y Plastite 7133
Película Anticorrosiva	base de asfalto negro de alta densidad.

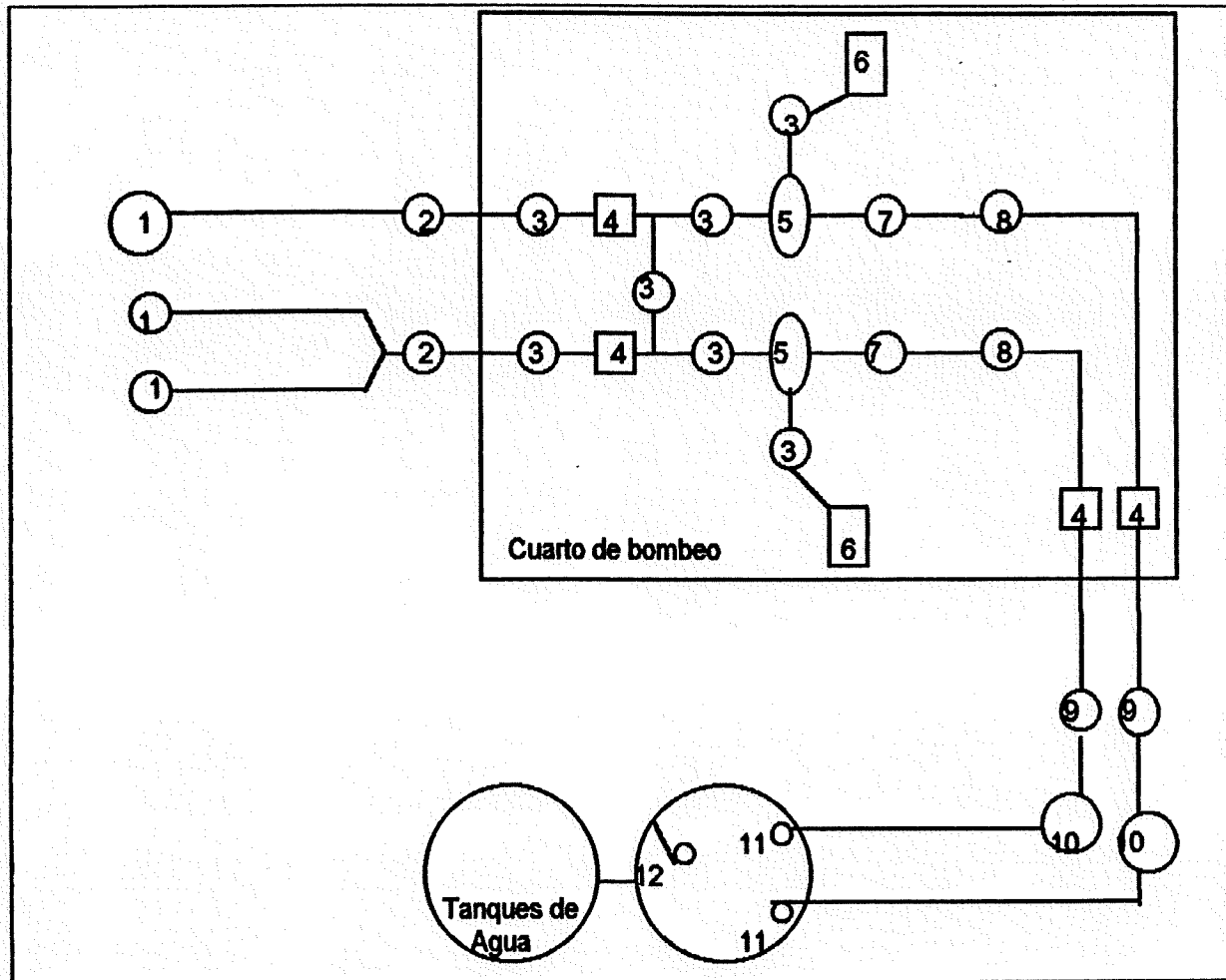
Nota: la tubería corrugada de 4 pulgada se eligió debido a que no existe tubo de 8 pulgadas. Además de tener menor superficie sobre la cual actúen fuerzas de oleaje y corriente.

Para asegurar la demanda continua de agua, se proponen dos sistemas de bombeo paralelos.(ver 5.3.4). A continuación se describe el equipo necesario para el buen funcionamiento y monitoreo del sistema, así como los símbolos que se emplearon en la Fig. 13.

- |                         |                                |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1.- Rejillas de PVC     | 7.- Válvula de paso            |
| 2.- Medidor de presión  | 8.- Medidor de presión         |
| 3.- Válvula de bola.    | 9.- Medidor de flujo           |
| 4.- Lanza "pigs" *      | 10.- Tanque de sedimentación** |
| 5.- Bomba centrífuga    | 11.- Flotador de paro          |
| 6.- Tanque de purgación | 12.- Flotador de arranque      |

\*Los "Pigs" son limpiadores de poliuretano con forma de bala, flexibles y contráctiles. Se introducen a la tubería mediante un dispositivo y con la presión ejercida por el agua, estos se deslizan limpiando la tubería por fricción.

\*\* En el tanque de sedimentación se hace pasar el flujo de forma laminar para permitir el asentamiento de partículas mayores y evitar el azolve de los Tanques de almacenamiento.



**Figura 13.** Diagrama global del sistema de bombeo.

## **IV DISCUSION**

### **6.1 PARAMETROS OCEANOGRAFICOS.**

La concentración de metales en el agua es un factor muy importante a tomar en cuenta para la ubicación de una bocatoma ya que se concentran en los organismos con el paso del tiempo. Park (1979), determinó que la concentración letal de Cobre y Cadmio en peces es de 1.03 mg/l y .82/mg/l, respectivamente. En este trabajo, no se hicieron estas mediciones ya que la posible variación que pueda haber entre Punta Morro y la zona costera frente a la unidad es poco significativa, como lo podemos constatar en el trabajo realizado por Romero Vargas (1995). En su trabajo sobre metales pesados en sedimento, menciona que al comparar los valores obtenidos con cifras mundiales, la bahía de Todos Santos no presenta contaminación de este tipo. Además; las concentraciones frente a Punta Morro y la UABC son de las más bajas registrados dentro de la bahía. González Macias (1994), realizó mediciones de metales en agua de mar sobre el afluente de la UABC y encontró concentraciones de Zinc entre 11 y 19 µg/l, Cobre (22-60 µg/l) y Cromo (<2.5 a 6.75 µg/l). Huguenin Colt (1989) menciona que los valores de Cu, Cr y Zn no deben pasar de 3µg/l, 25µg/l y 10 µg/l respectivamente. Como se puede observar los valores de Cu y Zn registrados de la UABC sobrepasan estos límites.

El límite permisible de coliformes totales para uso recreativo es de 200 bac/100 ml, según lo establece la legislación mexicana. Morales Yañes Et.al.

(1984). Por lo que se puede decir que no hay contaminación significativa en la zona de Granada Cove. Vargas Robles (1987). Por otro lado, frente a la UABC tenemos concentraciones de DQO mas altas que los límites permisibles. Los parámetros de contaminación orgánica, fueron utilizados para darnos una idea de dónde hay zonas de concentración y de dispersión de contaminantes. Para acuicultura este tipo de contaminación puede ser despreciada ya que mediante la filtración de agua por rayos ultra violeta (UV) se pueden eliminar.

La dirección y velocidad de la corriente litoral fue un parámetro muy importante para decidir la ubicación de la toma de agua. El patrón general de corrientes es de Norte a Sur y el aporte de aguas contaminadas, mas cercano, es el de la UABC, por lo que podemos inferir que corriente arriba la contaminación va a ser menor. Para evitar la fijación de organismos a la bocatoma que puedan impedir su buen funcionamiento, se buscó que la corriente fuera lo mas alta posible.

La longitud de la tubería para alcanzar una profundidad de succión segura está en función de el ángulo de incidencia del oleaje y la pendiente de la costa. Como se observa en la figura (2), las trayectorias 1, 2 y 3 muestran una mayor pendiente; sin embargo, debido al ángulo de incidencia del oleaje, el tendido de la tubería no puede ser perpendicular a la costa y la longitud del tubo se hace mayor siendo similar en las cuatro opciones.

El canal natural descrito por Bravo (1994), no puede ser utilizado como opción para toma de agua ya que su dirección no coincide con la de la tubería.

## 6.2 TUBERIA MARINA

Haciendo una aproximación de costos, entre la opción aérea y otra submarina, se determinó que aunque la distancia aérea sea mayor, representa menor costo ya que la tubería sometida a fuerzas de oleaje es bastante más costosa aun tomando en cuenta el poste y los cables de sostén. Además, es mucho más segura y duradera la toma aérea y no está sujeta a deterioros por organismos ni abrasión. El viento es el único factor que pudiera causar algún esfuerzo sobre la tubería pero el rumbo de la tubería es similar al mismo.

Se determinó el uso de cables ya que este es flexible y tiene menor posibilidad de ruptura que una estructura metálica. En cuanto al cable de la fase acuática, se buscó el tipo de metal mas resistente al efecto de corrosión. Se encontró que el cable de Monel es el más adecuado ya que es extremadamente anticorrosivo, pero debido a su alto costo y dificultad de obtención, se optó por la opción de acero inoxidable. De este material los menos influenciados por oxidación son el 302 y 304. Este material también es costoso comparado con otros cables por eso solamente se pretende emplear en la fracción acuática. En la fase aérea se puede emplear otro tipo de cable aunque no sea tan resistente a la oxidación ya que se puede proteger con lubricantes anticorrosivos. Para esta parte, se optó por la utilización de cable 6 X 19 con alma de fibra acero de arado mejorado galvanizado (Tipo tonina) de 1/2 de pulgada ya que su peso de ruptura es de 10.98 toneladas (Camesa manual de especificaciones) y la instalación propuesta pesa alrededor de 2.5 toneladas tomando en cuenta el peso del agua, la tubería y el cable mismo.

### 6.3 BOCATOMA

El factor de seguridad de trabajo y accesibilidad de instalación de la bocatoma son dos puntos importantes ya que puede ser riesgoso para el técnico que realice la instalación. La ubicación 4 está sujeta a altas corrientes mientras que la ubicación 1 y 2 no representan riesgo alguno, pero la perforación en estos puntos representan un alto costo además de un riesgo de ruptura de la roca.

El parámetro mas importante para la ubicación de la bocatoma fue la posible fractura de la roca al momento de hacer la instalación. Esto se determinó así ya que la seguridad del equipo está basado en esa roca y si se fracciona podría ser movida por el oleaje destrozando la instalación.

En cuanto a la ubicación de la toma principal y la auxiliar, se recomienda que la auxiliar se ponga en el sitio 4 (Fig. 6) ya que por su diámetro no cabría en la ubicación 1 y se tendría que perforar la roca hasta alcanzar este tamaño. Por otro lado el tipo de tubería que se pretende emplear solamente alcanza las 4 pulgadas de diámetro por lo que se propone dividir la toma principal en dos tuberías de 4 pulgadas y ubicarlas en el sitio 1, asegurando así mas tiempo de bombeo al año debido a que en este sitio la profundidad es mayor.

Dado que este es un sitio de altas corrientes se propone la utilización de tubería de succión corrugada. Esta tubería esta diseñada para succión, es flexible y resistente a golpes y abrasión. Esto nos permite que tenga libertad de movimiento y pueda amortiguar la fuerza que se le ejerza.

En cuanto a la rejilla de la toma de agua, solamente se encontró con luz de malla estándar por lo que, el tamaño predominante de sedimento no interfirió en esta decisión.

El diámetro de las tuberías se determinó en base a las pérdidas por fricción que presentaron así como en la velocidad del flujo. Huguenin (1989) determinó que una velocidad de 3 m/s es la apropiada para evitar problemas de fijación de organismos. Las opciones mencionadas, no alcanzan esta velocidad pero se encuentran por encima de 2 m/s.

En cuanto a los aljibes, se propone la utilización del sitio frente a la FCM ya que se evitan costos de tubería y de perforación para la conducción de la misma. Además las pérdidas por fricción se reducen ya que solamente son 50m enés de 603 m.

## **VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Para llevar a cabo cualquier proyecto de construcción involucrado con el océano es necesario analizar la mayor cantidad de parámetros Oceanográficos para poder asegurar la mejor opción y funcionamiento de la obra. Estos parámetros deben tener diferente peso en la toma de decisión según sea su importancia. En general el factor de seguridad del equipo es mas importante que el costo.

Se recomienda que se haga un monitoreo de metales pesados existentes en el agua que esta siendo utilizada actualmente por los laboratorios de acuicultura.

Para instalar una obra de toma de agua se debe buscar un sitio de alta dispersión y corriente arriba del afluente mas cercano para garantizar la mejor calidad de agua posible.

El material a seleccionar para la construcción de una toma de agua acuícola debe ser lo menos tóxico posible, flexible y resistente a la corrosión.

El sitio de almacenaje de agua debe buscarse lo más cercano a la estación de bombeo para ahorrar costos de bombeo y de tubería.

Se recomienda que la instalación de la bocatoma se haga en Otoño cuando la marea se encuentre en la altura mínima posible.

## **VIII REFERENCIAS**

**Agüero Madero, G.A.** (1986). Características estructurales de la bahía de Todos Santos y áreas costeras adyacentes Ensenada Baja California. Tesis de licenciatura . Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Ahumada Sempoal, M.A.** (1993). Corrientes litorales inducidas por oleaje en la bahía de Todos Santos Baja California México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Alvarez Sánchez, L.G.** (1971). Medición de corrientes superficiales en la bahía de Todos Santos Baja California México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Bravo Correa, G.A..** (1994). Diseño del sistema externo de aprovisionamiento de agua de mar para el nuevo edificio de acuicultura del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Corla Méndez, P.** (1991). Distribución de probabilidad de altura significativa del oleaje y cálculo de periodos de retorno para el puerto de Ensenada Baja California México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

---

**De Alva Pérez, C.R.** (1985). Colonización de un sustrato duro artificial por organismos marinos bentónicos. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas UABC. México.

**De Mello, A.** (1988). Autoliberación interior. Editorial lumen., Argentina, 157 pp.

**Du Bols, J.H.** (1967). Plastics . Rehinold publishing corporation., New York 315 pp.

**Gendrop Funes, V.** (1995). Antecedentes de tomas de agua en la UABC.  
Entrevista .

**González Villagran, A.** (1992). Revaluación de los estudios utilizados para el diseño del puerto de Ensenada Baja California. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**González Yajimovich, O. E.** (1981). Transporte eólico en una porción de playa de la bahía de Todos Santos Baja California. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Harrington Industrial plastics INC.** Harrington plastics manual. 9a edición

**Huguenin, J. E. and Colt, J.** (1989) . Design and operating guide for aquaculture seawater systems; ELSEVIER, Amsterdam. 263 pp.

---

**López Ramírez, P.E.** (1993). Variaciones diurnas de algunos efectos producidos por la descarga del material orgánico introducido por la UABC unidad Ensenada en la línea de costa cercana al efluente, durante Noviembre de 1992. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias marinas UABC Baja California México.

**Morales Yañes, A./Sañudo Wilhelmy,S.A. / Vargas Flores , J.A.** (1984).

Contaminación fecal en la bahía de Todos Santos, Baja California, México. Ciencias Marinas, 10 (1): 7-17.

**Myers J.J , Holm C.H and Mc Allister R.F.** (1969). Handbook of ocean and underwater engineering. Mc Graw Hill ,North american Rockwell corp.

**Orozco Borbon M.V.** (1984). Evaluación de la calidad bacteriológica del agua de mar y *Mytilus californianus* en una zona costera Noroccidental de Baja California. Tesis de licenciatura Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Park, J.S.** (1979). Bioassays on marine organisms. Acute toxicity test of Hg, Cu, and Cd to Yellowtail; Korea fish soc. 12(2): 119-123.

**Pavía López, E.. G.** (1979). Brisas en la bahía de Todos Santos Baja California durante los meses de Marzo a Agosto de 1978. Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

---

**Romero Vargas, I.P.** (1995). Metales pesados y su función química en sedimentos de la bahía de Todos Santos Baja California México. Tesis de Maestría en oceanografía costera. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Tablero López, G.** (1994). La influencia del viento en los procesos importantes para la formación de imágenes de la superficie del mar en radares de microondas. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Vargas Robles, L.** (1987). Estudio bacteriológico en el mejillón y aguas costeras de la región Noroccidental de Baja California. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Marinas UABC Baja California México.

**Wheaton, F.W.** (1977). *Acuacultural Engineering*; John Wiley & Sons, USA.

**Warring, R.H.** (1984). *Pumps selection, systems and applications*. Gulf publishing company. Segunda edición. Houston Texas pp 264

## **APENDICE I**

### **CALCULOS DE BOMBEO**

#### **I DETERMINACION DE TIEMPO DE BOMBEO Y GASTO REQUERIDO.**

El gasto requerido se calculó en función del tiempo (t) de bombeo, del gasto demandado y el volumen del aljibe conforme a la siguiente formula.(1).

$$Q_r = \frac{V + t(Q_d)}{t} \quad (1)$$

Donde:

$Q_d$  = Gasto demandado por las instalaciones

$Q_r$  = Gasto requerido de bombeo

$V$  = Volumen del aljibe

$t$  = tiempo de bombeo para llenar los aljibes

#### **II DETERMINACION DE ALTURA DINAMICA TOTAL**

Este calculo se realizó con las siguientes fórmulas.

$$ADT = ADS + ADD + PF + PM \quad (2)$$

Donde

ADT = Altura Dinámica Total

ADS = Altura Dinámica de succión

ADD = Altura Dinámica de Descarga

PF = Perdidas por fricción

PM = Perdidas menores

a) El calculo de perdidas por fricción (PF) se determinó mediante las siguientes fórmulas y con la tabla de perdidas menores descrita por Huguenin (1989). TABLA 6.2 pag 71.

$$PF = ff \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

Donde:

L = Longitud

D = Diámetro

V = Velocidad

g = 9.81 m/s<sup>2</sup>

ff = factor de fricción

$$ff = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

Donde:

$$Re = \text{Numero de Reynolds} = \frac{VD}{\nu} \quad (5)$$

Donde

$\nu$  = viscosidad cinemática del agua.

b) Perdidas Menores: Estas se calcularon en base a lo especificado por tablas, Wheaton (1977) pag 260, mediante la sumatoria de cada implemento que se utiliza en la tubería.

El calculo de perdidas por fricción y perdidas menores también se calculó por transecto de tubería y después se hizo la sumatoria de estos valores.

### III Cálculo de caballaje de la bomba.

a) Cálculo de potencia de salida.

$$POP = Cqh \quad (6)$$

Donde :

$$C = \gamma g = 10065$$

Q = gasto

h = ADT

Cuyo resultado se presenta en medidas de Wats, los cuales, se convirtieron a caballos de fuerza.

b) Dependiendo de la eficiencia de la bomba, se calculó el caballaje real.

$$Pb = \frac{POP}{Ef} \quad (7)$$

La determinación de caballaje también se hizo hacer mediante monogramas (Apéndice III) conociendo el Gasto y la ADT.

APENDICE II  
PROGRAMA EN PASCAL PARA CALCULOS DE BOMBEO

```
PROGRAM TUBERIAS;
USES CRT;
CONST gg=19.62;
      g = 9.81;
      Vis = 0.000001;
      pi = 3.14;
      Cod = 0.059;
      Va = 0.049;
      Vp = 0.018;
      Med = 0.4;
      Ye = 0.083;
      C = 10065;
      W = 0.001341;
Var
  Q, L, D, r, ADT, A, FF, ADS, ADD, PF, PM, Ef : real;
  Re, V, Ar, AA, AB, Visc, AC, AD, AE, POP, Poef : real;
  S, N, X, Si, No : integer;
  Resp: boolean;
  opción: char;
Begin
  REPEAT
    Writeln(' todos los datos deben estar en es sistema MKS');
    write('Cual es el gasto requerido Q = ');
    readln(Q);
    Writeln('CALCULO DE ALTURA DE BOMBEO');
    writeln('ADT = ADS + ADD + PF + PM ');
    writeln('Donde:');
    Writeln('ADT= Altura total de bombeo');
    write('Altura dinámica de succión ADS = ');
    readln(ADS);
```

```

Write('Altura Dinámica de Descarga ADD = ');
readln(ADD);
Writeln('PF = Pérdidas por fricción (m agua)');
writeln(' Para calcular esto se necesitan los siguientes datos');
Write(' Diámetro de la tubería D = ');
readln(D);
r:= D/2;
Ar:= Pi*(r*r);
V:= Q/Ar;
Writeln('Velocidad =',V);
    {Los siguientes pasos se pueden calcular con el programa o con tablas
    Huguenin (1989). Tabla 6.2 pag. 71}
{write('longitud de la tubería = ');
readln(L);
Write('Viscosidad cinemática = ');
readln(Visc);
Re:=(V*D)/visc;
Writeln('Numero de Reynolds, Re=',Re);
Writeln('Buscar en la tabla de mudy (pp 263) el factor FF');
Write('FF= ');
readln(FF);
PF:=(FF*L*V*V)/(gg*D);
Write('Pérdidas por fricción = ',PF);}
writeln('pérdidas en tubería = ');
readln (PF) ;
{ Write('Quieres calcular las pérdidas por sección?(si=1 no=0 ');
readln(Resp);
If resp=1 then
begin
Writeln('Cuantas secciones tienes? ');
Readln(N);
For X:=1 to N do
begin

```

```

Write('Longitud de la primera sección ');
readln(Long);
PFS:=FF*(Long/D)*((V*V)/gg);
writeln(pfs,' en ',X);
end;
end;}
Writeln('CALCULO DE PERDIDAS MENORES');
write('Numero de codos: ');
readln(AA);
Write('Numero de Vlavulas de anillo: ');
readln(AB);
Write('Numero de Válvulas de paso: ');
readln(AC);
Write('Numero de medidores: ');
readln(AD);
Write('Numero de Ys: ');
readln(AE);
PM:=(AA*Cod)+(AB*VA)+(AC*VP)+(AD*Med)+(AE*Ye);
Writeln('PM= ',PM);
ADT:=ADS+ADD+PF+PM;
Writeln('ADT= ',ADT);
Writeln(' CALCULO DE POTENCIAL DE BOMBEO ');
Writeln('POP = CQh');
POP:=C*Q*ADT*W;
Write('Cual es la eficiencia de la bomba? ');
readln(Ef);
Poef:=POP/Ef;
clrscr;
Writeln('POP= ',POP);
Writeln('Distancia = ',L);
Writeln('Altura total = ',ADT);
Writeln('Diámetro = ',D);
Writeln('Caballaje de la bomba = ',Poef);

```

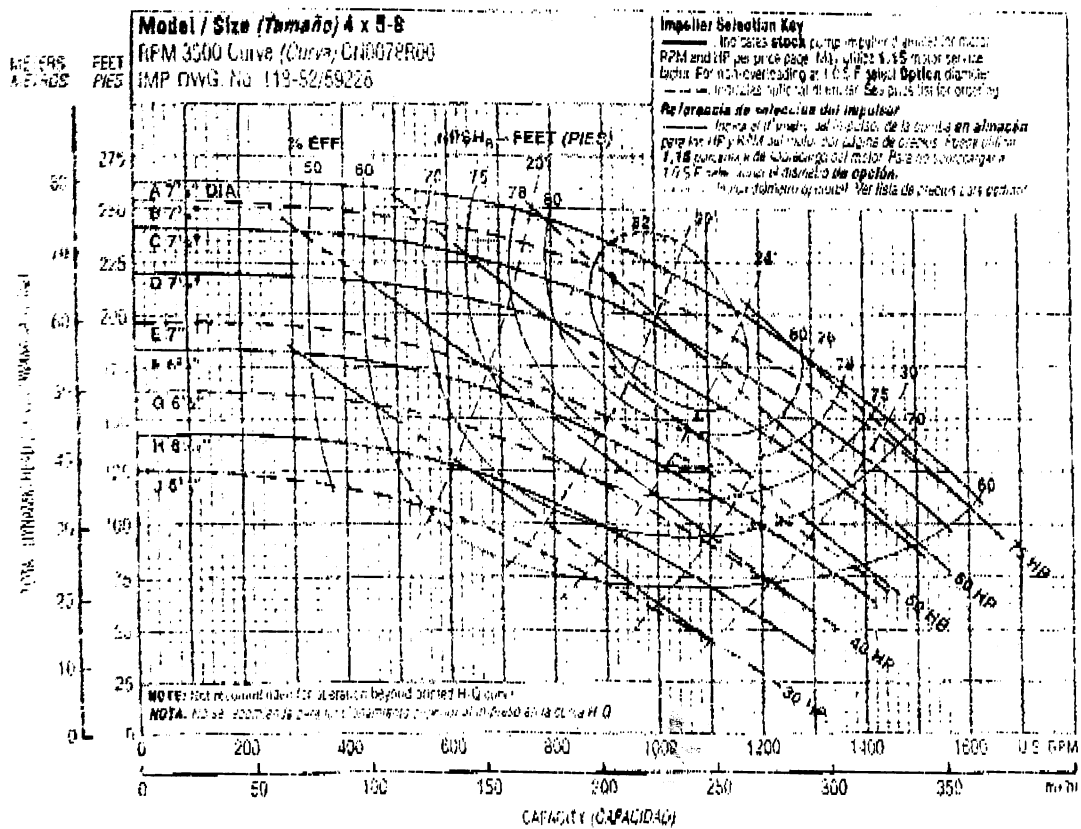
---

```
writeln('otra vez? (s/n)');  
readln(opción);  
until upcase(opción)='N';  
end.
```

APENDICE III

MONOGRAMA PARA DETERMINAR CABALLAJE DE BOMBAS

Performance Curves  
Curvas de funcionamiento



Nota Este monograma fue obtenido de la empresa BYCSA