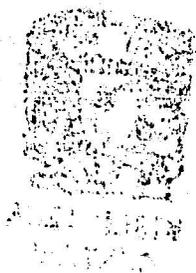


3459

FACULTAD DE INGENIERIA

U. N. A. M.



EXPLOSIVOS APARATOS Y MAQUINARIA, -
USADOS EN TRABAJOS SUB-ACUATICOS.

DESCARTE

T E S I S :

QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE :
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:

GUSTAVO A. MAASS JORDAN.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-5578 CU
Exp. Núm. 73/214.2/1.-

Al Pasante señor Gustavo MAASS JORDAN
P r e s e n t e

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Roberto Bustamarte Ahumada, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

"Explosivos, Aparatos y Maquinaria, usados en Trabajos Subacuáticos.

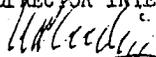
TEMAS GENERALES A TRATAR

- A).- Materiales, Equipo y Técnicas para el uso de Explosivos bajo el agua.
- B).- Aparatos y maquinaria utilizados para ejecutar trabajos subacuáticos.
- C).- La intervención del Ingeniero Civil en trabajos bajo agua.
- D).- Uso del concreto bajo agua.
- E).- Conclusiones."

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F., a 27 de Septiembre de 1966
EL DIRECTOR INTERINO


Ing. Manuel Paulín Ortiz


MPO/MMO/rr.

CUANDO SE LLEGA AL FINAL DE UNA ETAPA DE -
NUESTRA VIDA Y SE VUELVE LA MENTE RETROS-
PECTIVAMENTE, PUEDE VER UNO CON CLARIDAD
LOS VALORES QUE FUERON PUNTALES PARA SOS-
TENERNOS EN LOS MOMENTOS DE DUDA, DE FLA-
QUEZAS O DE DESESPERACION; Y ENTRE TODOS --
ELLOS BRILLAN DOS SERES, A QUIENES NO SOLO -
LES DEBO LA EXISTENCIA, SINO TAMBIEN, CADA -
UNO DE MIS MEJORES ACTOS, PUES HAN SABIDO --
MARCARME EL SENDERO DE LA VERDAD, NO CON
PALABRAS, SINO CON EL EJEMPLO DIARIO DE SUS -
VIDAS; SIN OTRO OBJETIVO QUE EL VERME MAS - -
PREPARADO PARA CUMPLIR CON MI DESTINO.

A ELLOS PRINCIPALMENTE, OFREZCO ESTE TRABA
JO COMO UNA PEQUEÑA MUESTRA DE MI AMOR Y -
AGRADECIMIENTO.

02799

00001

A MI ESPOSA E HIJOS, EN QUIENES SIEMPRE ENCUEN-
TRO MI MAS GRANDE ALICIENTE.

A MI FAMILIA Y AMIGOS, A AQUELLOS QUE HAN COM-
PARTIDO CON PACIENCIA TODOS Y CADA UNO DE LOS
MOMENTOS FELICES O AMARGOS DE MI EXISTENCIA.

A ELLOS DEDICO CON TODO CARIÑO Y AMOR ESTE -
TRABAJO.

DICE UN PROVERBIO HUMANO, QUE EL MAS INSIGN
NIFICANTE DE LOS ACTOS DE UN HOMBRE REFLEE
JA TRASCENDENCIA EN SU VIDA COMO EN LA DE -
SUS SEMEJANTES.

Y ASI SIENTO, QUE LA REALIZACION DE ESTA TEU
SIS COMO LA FORMACION DE MI ESPIRITU E INTEU
LECTO SE LO DEBO TANTO A LOS QUE ME RODEAN
COMO A AQUELLOS QUE SIN CONOCERME HAN IN--
FLUIDO ATRAVES DE SUS PENSAMIENTOS, IDEAS --
INVESTIGACIONES, O COMO CONSECUENCIA DE SUS
ACTOS.

A TODOS ELLOS OFREZCO ESTE TRABAJO COMO TRIU
BUTO DE ADMIRACION Y AGRADECIMIENTO.

INDICE. -

FINES DE LA PRESENTE TESIS.

1a. PARTE. -

PAGS.

| | |
|--|----|
| <hr/> | |
| MATERIALES, EQUIPO Y TECNICA PARA EL USO DE EXPLOSI- VOS BAJO AGUA. | |
| HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS Y SU USO EN MEXICO ----- | 1 |
| CONCEPTOS GENERALES DE UNA EXPLOSION BAJO AGUA ----- | 5 |
| Propiedades dinámicas del agua. | |
| CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL USO DE EXPLOSIVOS BAJO AGUA ----- | 6 |
| DIFERENCIA DEL COMPORTAMIENTO ENTRE UNA EXPLOSION EN EL AIRE Y UNA EN EL AGUA ----- | 8 |
| Onda de choque. Efectos superficiales. Cono de proyección. | |
| VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE EXPLOSIVOS ----- | 17 |
| USOS PRINCIPALES DE LOS EXPLOSIVOS BAJO AGUA ----- | 19 |
| EQUIPO INDISPENSABLE PARA EFECTUAR UNA VOLADURA BA- JO AGUA ----- | 21 |
| CONCEPTOS BASICOS Y DEFINICIONES SOBRE LOS EXPLOSIVOS | 23 |
| Explosivo. Explosivos rápidos. Explosivos lentos o propulsores. Deflagración. Velocidad de detonación. Detonación por simpatía. | |

Potencia específica.
 Fuerza.
 Sensibilidad
 Densidad de carga.

TIPOS DE EXPLOSIVOS EXISTENTES EN MEXICO Y SUS -
 CARACTERISTICAS PRINCIPALES----- 26

TIPOS DE EXPLOSIVOS EN OTROS PAISES Y SUS CARACTE-
 RISTICAS PRINCIPALES----- 29

EXPLOSIVOS NUCLEARES----- 33
 Control de energía.
 Radio actividad
 Control internacional.

EXPLOSIVOS LIQUIDOS----- 39
 Generalidades.
 Aerex L-1 y sus características principales
 Aerex S-1, S-2 Características generales.
 Método para detonar el Aerex S-1 y S-2.

CORTINAS DE AIRE----- 44

CALCULO DE LAS CARGAS Y LOCALIZACION DE LAS MISMAS - 47
 Generalidades.
 Selección del tipo de explosivo
 Detonación por simpatía
 Importancia del calculo
 Equivalencia de TNT con otros explosivos.
 Atacar.
 Secanteo.
 Cargas dirigidas ó focales.

ACCESORIOS PARA VOLADURA----- 55
 Iniciadores.
 Encendido, encendedores.
 Ignitacor
 Detonadores.

Capsulas.
 Estopines.
 Desviadores de seguridad.
 Primacord.

ADITAMENTOS PARA VOLADURAS.----- 73

Pinzas.
 Máquinas corrugadoras.
 Máquinas explosoras.
 Galvanometro.
 Voltihometro.
 Reostato.

DISTANCIA DE PROTECCION DE UN BUZO DE UNA VOLADURA
 Y EFECTOS QUE PRODUCE EN EL----- 80
 Formula.

VOLADURA CON CORRIENTE ELECTRICA----- 83

Tipos de circuitos.
 Circuito en serie, en paralelo y series paralelas.
 Ley de Ohm.
 Resistencia de los diferentes tipos de circuito.
 Calculo de un circuito en serie.
 Problema.
 Calculo de un circuito en paralelo
 Problema.
 Calculo de un circuito en series paralelas
 Problema
 Caída de voltaje.
 Fuente de energía.
 Problema
 Prueba de circuitos.

DIFERENTES METODOS PARA PREPARAR UN CEBO Y SU CO
 LOCACION EN UNA CARGA----- 109

Preparación de un cebo a base de un cartucho de explosivos y
 fulminantes.
 Preparación de un cebo formado por un cartucho de explosivos
 y estopines.
 Preparación de un cebo formado por un explosivo plastico y -
 fulminantes ó estopines.

Preparación de un cebo a base de primacord y estopines ó capsulas.
 Cebado de un explosivo plástico a base de primacord.
 Métodos para unir los estopines ó capsulas al detonador tipo primacord.
 Colocación de los cebos en las cargas.

FALLAS O BARRENOS QUEDADOS----- 125

Prevención de barrenos quedados.
 Causas principales de un barreno quedado.
 Procedimiento a seguir con un barreno quedado.
 Métodos para detonar barrenos con una nueva carga.

CARGAS DIRIGIDAS O FOCALES----- 128

VOLADURA EN ROCAS----- 142

Generalidades.
 Barrenación.
 Embarre ó plasta.
 Culebra.
 Cantidad de explosivos.

SALVATAJE DE UN BARCO ENCALLADO EN UNA SALIENTE----- 146

ZANJEO Y ALTERACION DE CANALES----- 149

Generalidades.
 Polvorines.
 Ubicación.

VOLADURAS EN MANTOS ROCOSOS----- 153

Generalidades.
 Selección del explosivo.
 Rompimiento.
 Proyección.
 Errores de barrenación.
 Fragmentación.

METODOS DE CONTROL DE VOLADURAS EN EXCAVACIONES----- 167

Generalidades.
 Barrenación lineal.
 Voladuras amortiguadas.
 Métodos de pre-corte.

| | |
|--|-----|
| FORMACION DE CRATERES A PARTIR DE UNA CARGA DE EXPLOSIVOS----- | 174 |
| DEMOLISION DE UNA CARRETERA O DIQUE DE CONTEN- CION----- Formula. | 178 |
| VOLADURAS EN CONCRETO Y MAMPOSTERIA----- Aspectos generales. Formulas generales para fracturar y demoler muros de concreto, mampostería ó materiales similares Radio de ruptura. Resistencia del objetivo (K) Colocación y número de cargas para muros ó diques de concreto Uso de cargas dirigidas. | 182 |
| CORTE DE METALES CON EXPLOSIVOS----- Conceptos generales. Formula para corte de miembros estructurales con secciones - rectangulares, y circulares. Colocación de las cargas. Ejemplo. | 195 |
| METODOS PARA DEMOLER Y DESENSAMBLAR BARCOS HUN- DIDOS A BASE DE EXPLOSIVOS----- Demolición. Fórmula para demoler un barco con casco metálico. Formula para demoler un barco con casco de madera. Encendido. Formula que determina la distancia mínima. Aplastamiento. Aprovechamiento de barcos hundidos. Desensamblamiento de un barco hundido Procedimiento general para seccionar un barco. | 207 |

| | Pags. |
|---|-------|
| CORTE DE MADERA CON EXPLOSIVOS----- | 229 |
| Generalidades. | |
| Calculo de cargas externas ó sin atacar. | |
| Ejemplos. | |
| Calculo de cargas internas ó atacadas. | |
| Colocación de las cargas. | |
| REMOISION DE ARBOLES Y TOCONES----- | 235 |
| 2 a . PARTE . - | |
| <u>APARATOS Y MAQUINAS UTILIZADOS PARA EJECUTAR TRAJOS SUBACUATICOS-----</u> | 238 |
| Aparatos y metodos para determinar la posición de un objetivo. | |
| APARATOS PARA MEDIR LA PROFUNDIDAD EN UN LUGAR - O ZONA DETERMINADA----- | 246 |
| Sistema acustico. | |
| MUESTREOS----- | 248 |
| APARATOS DE MEDICION DEL OLEAJE SUPERFICIAL VIENTOS Y CORRIENTES----- | 253 |
| METODOS Y EQUIPO PARA MANTENER EMBARCACIONES EN UN LUGAR DETERMINADO----- | 260 |
| Anclaje. | |
| Sistemas de propulsión. | |
| PLATAFORMAS----- | 263 |
| BARCOS Y VEHICULOS PARA ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS, CONSTRUCCION Y SUPERVISION AL NIVEL DEL MAR Y BAJO AGUA----- | 267 |

3a. PARTE. -

Pags.

LA INTERVENCIÓN DEL INGENIERO CIVIL EN TRABAJOS -
BAJO AGUA----- 273

- Generalidades.
- Casos generales de la intervención de un ingeniero sub-acuático.
- Estudios y proyectos.
- Inspección y supervisión.
- Construcción.
- Manejo de explosivos.
- Empleo de maquinaria especial bajo agua.
- Reparación y mantenimiento .
- Localización y tendido de tuberías.
- Salvataje.
- Investigación.

4a. PARTE. -

USOS DEL CONCRETO BAJO AGUA.

CONCRETO EN ESTRUCTURAS QUE ESTAN EN CONTACTO -
CON EL AGUA O BAJO LA SUPERFICIE----- 277

- Generalidades.
- Propiedades de los morteros.
- Propiedades del concreto.
- Precauciones en la construcción de estructuras.

MÉTODOS PARA COLAR CONCRETO BAJO AGUA----- 287

- Generalidades.
- Métodos de tolva y tubo.
- Método con cucharón
- Método de inyección.
- Método de sacos.
- Método de bombeo.

FINES DE LA PRESENTE TESIS.

La edición de la presente tesis, tiene además del fin natural de presentar mi examen profesional, otros fines a posteriori, en la selección, presentación y formato de los conceptos aquí estudiados.

Los temas tratados son en lo general, nuevos en su desarrollo, ya que los países de gran potencial económico se han dado cuenta de las riquezas inconmensurables que encierran los océanos y es hasta ahora, que empiezan a aportar fuertes cantidades de dinero y personal científico para investigar, conocer y aprovechar estos recursos naturales.

Afortunadamente, la barrera del espejo de agua que parecía infranqueable se ha traspasado y un mundo nuevo y maravilloso se ha abierto al estudio, comprensión y aprovechamiento del hombre.

México, no cuenta con estos medios económicos, desgraciadamente, pero en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. se ha creado una especialidad para llevar la técnica del Ingeniero, al medio sub-acuático, tratando en esta forma y dentro de nuestras posibilidades de estar al tanto de los nuevos descubrimientos y desarrollar nuevas investigaciones. También se está formando el "Centro de Investigaciones de Subacuática de la U.N.A.M.", para coadyuvar a estos mismos fines.

Con estos conceptos en nuestra mente, tratamos con la presente tesis de poner un grano de arena, ampliando en parte la muy escasa literatura que existe en español sobre

estos temas , deseando al mismo tiempo, que pueda servir a los nuevos estudiantes de esta especialidad, técnicos y científicos que se asomen a este mundo de grandes posibilidades en un futuro, para el bienestar de la humanidad.

El tema de explosivos desarrollado en esta tesis se ha elaborado en una forma llana y sencilla, sin embargo, dado el peligro y el cuidado tan especial con que debe tratarse cualquier material explosivo, debe advertirse que su empleo se haga siempre bajo la vigilancia y dirección de personal especializado.

También queremos hacer notar que, aunque el hombre ha empleado en general los explosivos para la destrucción de sus semejantes, llegará un día en el cual dentro de su propia superación vea solamente en éstos, un medio para lograr sus mayores anhelos de progreso y bienestar.

1a. PARTE.-

MATERIALES, EQUIPO Y TECNICA
PARA EL USO DE EXPLOSIVOS BAJO
AGUA.

HISTORIA DE LOS EXPLOSIVOS Y SU USO EN MEXICO.

Se tienen algunas referencias, de los primeros descubrimientos sobre los explosivos desde al año de 673 A.C. donde se hace mención de un Ingeniero Sirio, llamado Callinicus que ayudó a ganar a los Bisantinos un guerra contra los Arabes, destruyendo sus barcos con el "FUEGO GRIEGO", más tarde, los arabes descubren la polvora negra siendo el monje Bertoldo Schwarts quién se tiene como el primer europeo que tuvo contacto con su descubrimiento, sin embargo, se le concede a Roger Bacon el haberla introducido en europa en el año de 1270 por haber descrito con todos los detalles la preparación de la polvora negra.

No obstante pasaran varios siglos para que la humanidad encuentre una aplicación a esta invención, pues fué hasta el -- año de 1613 cuando un minero llamado Martín Weigel de Freiberg la emplea por primera vez para extraer minerales.

Es hasta el año de 1846 cuando el químico alemán Christian Frieddrich Schönbein trata a la celulosa a base de acido nítrico, encontrando la llamada polvora sin humo y en el mismo año, el itatiano Ascanio Sobrero trata con nitratos a la Glicerina obteniendo el famoso aceite explosivo que causó tantos accidentes, que su uso fué prohibido en varios países; y fué el químico inglés Sir Frederick Augustus Abel (1827-1902) -- quien con su valor y métodos que estaban en contra de todas las ideas de aquella época, purificó la nitrocelulosa dando -- así un gran paso para la utilización práctica de estos explosivos.

A los veinte años de haber descubierto Sobrero la nitroglicerina, en el año de 1806 el químico sueco Alfredo Nobel resuel

ve el problema del uso de los explosivos sin gran peligro , - al descubrir por casualidad la dinamita, al mezclar la nitro glicerina con colodión y más tarde al unir algodón polvora - con estos elementos. A él corresponde también el descubrimiento y aplicación práctica del Fulminato de Mercurio como Detonador.

A partir de estos descubrimientos y hasta la Fisión Nuclear se ha desarrollado y mejorado los explosivos y las técnicas de fabricación, haciendo que su uso se haga cada día más seguro; le corresponde ahora a la humanidad encontrar el camino para que este "FUEGO" transforme la faz de la tierra exclusivamente para su bienestar y felicidad.

En México, el uso de los explosivos, se inició prácticamente en la conquista, con la polvora negra, siendo su empleo - uno de los factores más importantes para llevarla a cabo.

Para los años de 1788 a 1792, ya era toda una industria y fuente de ingresos para el erario Virreinal tal como lo cuenta Humbolt en sus memorias, ocupando este concepto el noveno lugar de ingresos al estado por medio del llamado "Estanco - de polvora".

La fábrica que surtía prácticamente a toda la minería, era - la establecida en Chapultepec, llamada, Fabrica de Polvora de Santa Fe; la correcta ubicación y la construcción se debieron al Ingeniero Don Miguel Constanso, jefe del cuerpo - de Ingenieros de esa época.

Si la polvora negra sirvió para que México fuera conquistado también sirvió para que fincara una prosperidad con la extracción de minerales y posteriormente para lograr su Independencia.

Fué hasta el año de 1904 cuando se inició en México el uso de la dinamita a base de nitroglicerina, causando una transformación radical en los lugares de explotación, donde se consumía Polvora Negra.

En época del Presidente Porfirio Díaz, se estableció la Compañía Nacional Mexicana de Dinamita y Explosivos, en el poblado de Dinamita en el Estado de Durango, con capital frances.

Esta fábrica funcionó aproximadamente 25 años hasta que se constituyó la actual Compañía Mexicana de Explosivos, la cual sigue trabajando hasta nuestros días en combinación con la Compañía E. I Du Pont Nemours & Co. Inc.

Esta fábrica es la única que existe trabajando en México, sus instalaciones y procedimientos de fabricación son bastante modernos y ha cubierto junto con las compañías Atlas de México y Hercules Co., las necesidades crecientes de nuestras Industrias.

Si la fabricación del Acero, es uno de los índices de progreso, el consumo de explosivos en un país, también lo es, ya que gracias a su gran capacidad de trabajo, es una de las fuentes de energía más grandes con que se cuenta.

El campo de acción de los explosivos es prácticamente imposible de limitar, sobre todo con el control y conocimiento que se tiene cada día de sus propiedades y aplicaciones.

Existen relativamente pocos conocimientos y técnicas en el mundo, del uso de los explosivos bajo agua y desgraciadamente un 80% de ellos, han sido obtenidos en tiempos de guerra, por lo que el factor económico en relación con el rendimiento ha sido poco estudiado.

El uso de explosivos bajo agua en México, es en la actualidad prácticamente insignificante por dos razones básicas:

a). - La etapa en que vive el país, en la que apenas se vislumbra el potencial tan grande que existe en el mundo sub-acuático y la iniciación de obras de Ingeniería que antes no se hacían por el costo tan alto que representaban ó por el desconocimiento de métodos adecuados de trabajo.

b). - Por la falta de personal técnico especializado en este campo.

En la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de México, se ha establecido un curso de especialización de los Ingenieros para dominar tanto las técnicas de buceo como la aplicación de las ciencias estudiadas en las diferentes carreras de Ingeniería, y entre ellas, el uso de los explosivos bajo agua; introduciendo con mucha visión al profesionista y al científico a este nuevo mundo.

México empieza una era de industrialización y cada vez más necesitará de mayor cantidad de explosivos; ojala que siempre sepamos utilizar su fuerza, para producir el bien de todos los Mexicanos.

CONCEPTOS GENERALES DE UNA EXPLOSION BAJO AGUA.

Todo material explosivo, es un compuesto químico inestable, por lo que, al iniciarse por una causa externa una reacción, este material tiende a un estado mas estable, generando durante este proceso altas presiones y temperaturas, además de otros efectos que determinan las propiedades y usos de un explosivo en particular.

La forma en que se desarrolla este fenómeno depende de las propiedades químicas y físicas del material y de factores externos como la densidad de la carga, confinamiento, etc.

En el uso de explosivos es importante el conocimiento de estas propiedades y factores para la correcta selección de un explosivo y su mejor aprovechamiento en una determinada voladura.

PROPIEDADES DINAMICAS DEL AGUA.

La masa de agua, en la que se encuentra el explosivo, no permanece inalterable a las altas presiones y temperaturas generadas en el proceso de la explosión, los efectos son numerosos y muy variados, perteneciendo éstos a la física y en particular a la hidrodinámica, dado que queda fuera de los alcances de esta tesis, un estudio completo de estos fenómenos, se limitará a repasar superficialmente algunos de los principios generales de esta ciencia y su relación con una explosión.

CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL USO DE EXPLOSIVOS BAJO AGUA.

El uso de explosivos bajo agua, es reciente y prácticamente se desconocen aún las técnicas y elementos que nos permitan obtener un mejor aprovechamiento de sus propiedades.

Su aplicación es más difícil y costosa ya que se aunan a los problemas inherentes al manejo de explosivos en tierra, - otros conceptos, que deben tenerse en cuenta para obtener éxito en cualquier voladura subacuática.

Algunos de los factores que más afectan el costo de explosivos bajo agua y que deben tenerse muy en cuenta al planear o presupuestar un trabajo de voladura bajo agua son los siguientes:

- 1). - Ubicación de voladura: Río, lago, rada, mar abierto, etc. y la protección que se tenga para las corrientes, el viento o las olas.
- 2). - La dificultad en la colocación de las cargas, ya sea por un buzo o por medios mecánicos.
- 3). - Distancia y facilidades de contacto con tierra firme, fuentes de trabajo y provisiones.
- 4). - El nivel en el que se efectúa la voladura ya que la presión aumenta directamente proporcional a la profundidad, requiriendo mayor cantidad de explosivos y aumentando el trabajo y dificultad en la colocación de los mismos; existe una desproporción muy grande en costos y cantidad de explosivos, cuando la voladura pasa de los quince metros de profundidad con una a nivel menor.
- 5). - La visibilidad dentro del agua.
- 6). - La temperatura del agua y las condiciones de seguridad del buzo.

- 7). - La densidad del agua y el tipo de material en suspensión.
- 8). - Epoca del año en que se efectúe la voladura y las condiciones climatológicas del lugar.
- 9). - Fletes de equipo, explosivos, etc.
- 10). - Transporte del personal y facilidades de habitabilidad de la zona.
- 11). - Leyes y reglamentos de la zona que rijan el uso de -- explosivos, su tipo, cantidad, almacenamiento, etc.
- 12). - El tipo de objetivo que se va a volar y las condiciones especiales de cada uno.
- 13). - El tipo de roca y sus características geológicas; el espesor, dimensiones, tipo de unión y forma de los metales.
- 14). - Mareas.
- 15). - Distancia a zona habitadas o a estructuras que pueden ser afectadas por la vibración producida por la voladura.

Estos factores alteran de tal manera el costo de una voladura, que solamente en tiempo y cantidad de explosivos puede haber una diferencia de 1 a 6 horas y de 0.5 a 3 Kg. bajo -- agua y en las mismas condiciones pero en tierra 0.1 a 3 hrs. y 0.15 a 1 Kg. por M³ de material de roca.

DIFERENCIA DEL COMPORTAMIENTO ENTRE UNA EXPLOSION EN EL AIRE Y UNA EN EL AGUA.

El comportamiento en principio de una explosión en tierra y otra en el agua, es el mismo, ya que en la práctica se puede considerar que un centímetro cubico de TNT, produce un centímetro cúbico de gas con una presión del orden de --- 50,000 atmósferas y una temperatura de más de 3,000 C, in dependientemente del medio que rodee al explosivo, ya sea - agua, tierra o aire.

En ambos casos; agua y aire, al venir la reacción del explosivo, produce una onda de gran presión, que viaja en todas - direcciones.

Esta onda de gran presión, se convierte en una onda de choque en el aire, mientras que en el agua, además de la onda de choque, los gases a alta presión desarrollados en el proceso de combustión, transforman la energía estática del agua, en energía cinética, provocando movimientos periódicos que dan lugar al llamado fenómeno de las pulsaciones.

Otra de las diferencias entre una explosión bajo agua y una - en el aire es la fragmentación del objetivo, ya que en el aire, ésta es mas fina, mientras que en el agua, la energía - producida por la reacción del explosivo, tiene que vencer, - además, de la cohesión del elemento por disgregar, la presión ejercida sobre él, por el agua, provocando que la fragmentación sea menor. (figs. 1 y 2)

En la práctica, para obtener una misma fragmentación a la obtenida en el aire, es necesario aumentar la cantidad de - explosivos por barreno, o disminuir la distancia entre carga y carga; o ambas cosas.

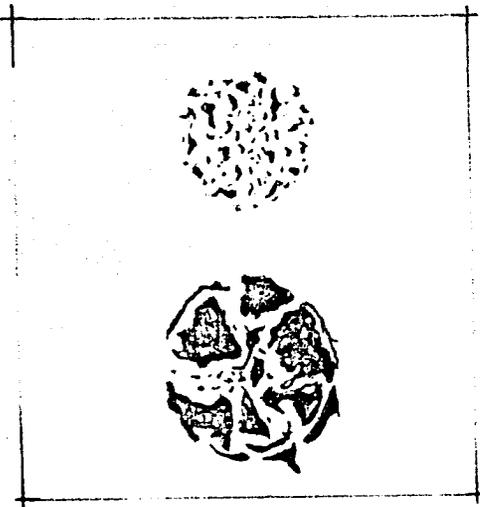


Fig. -1 efectos de la fragmentación en una carga explosiva, en aire

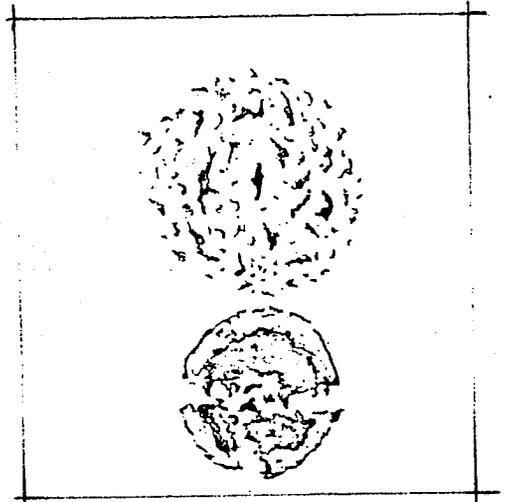


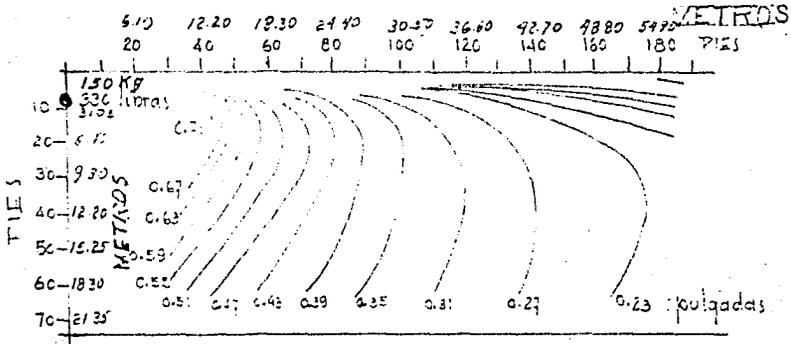
Fig.2 efectos de la fragmentación en una carga explosiva en agua.

El rendimiento obtenido en una explosión bajo agua, depende también en la forma y tipo de objetivo, así como su ubicación, ya que una carga aplicada a un casco de barco, tendrá diferente resultado, si en la parte posterior, el compartimento esta lleno de agua o de aire, siendo más efectiva la carga en el primer caso.

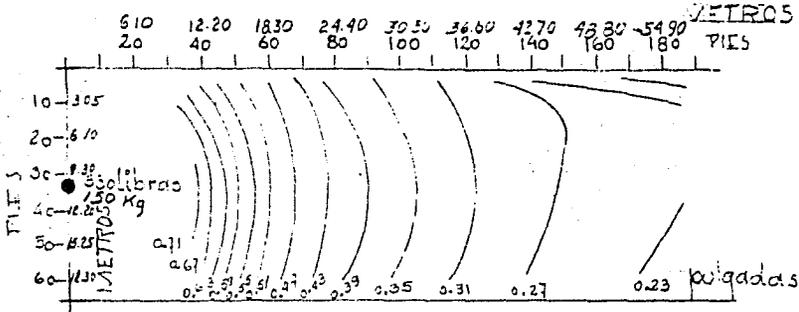
La conformación y la clase de material del fondo, en una voladura bajo agua puede alterar el efecto de los explosivos, así como; si la carga se aplica cerca de la superficie, a media agua ó en el fondo.

Las siguientes gráficas obtenidas a partir de una carga en específico, detonada a diferente profundidad, nos muestran

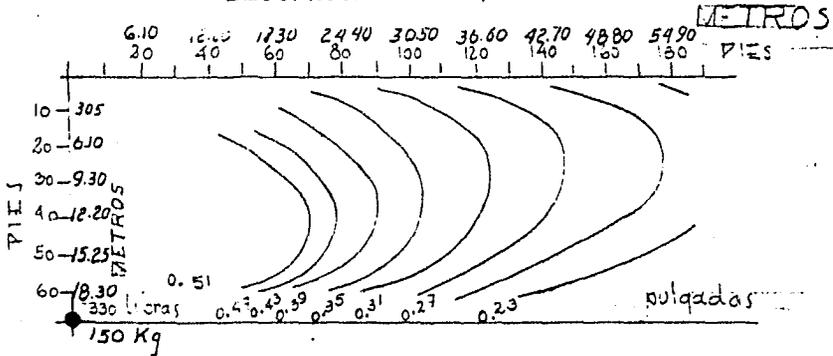
DETONACION CERCA DE LA SUPERFICIE



DETONACION EN AGUAS PROFUNDAS



DETONACION EN FONDO ARENOSO



ZONAS DE IGUAL PRESION.

Fig. 3

Este afirma: "Si el valor de la carga se multiplica por un factor R, las condiciones de presión no cambian si nuevas distancias y escalas de tiempo R veces mayores a las originales son usadas". En otras palabras, las presiones obtenidas con la carga de 136 Kg., serán iguales a la de una carga de un medio el valor lineal a la anterior (un octavo del peso de la carga anterior) tomada a la mitad de las distancias y tiempo de la carga de 136 Kg.

En la reacción producida por una explosión bajo agua, se generan gases que aproximadamente ocupan el mismo volumen que el ocupado por el explosivo sólido o líquido. -- Estos gases que se encuentran a una gran presión transforman la energía estática del agua en energía cinética dando como resultado, un movimiento de agua; al aumentar -- los gases de volumen, la presión ejercida por ellos baja -- considerablemente y el agua a su vez, en su movimiento de retroceso, aplica una presión en sentido contrario, provocando una reducción de volumen y un nuevo aumento de presión, este grupo de ondas sucesivas se denominan pulsaciones; éstas mismas pulsaciones causan otros efectos secundarios sobre los objetivos. (fig. 5)

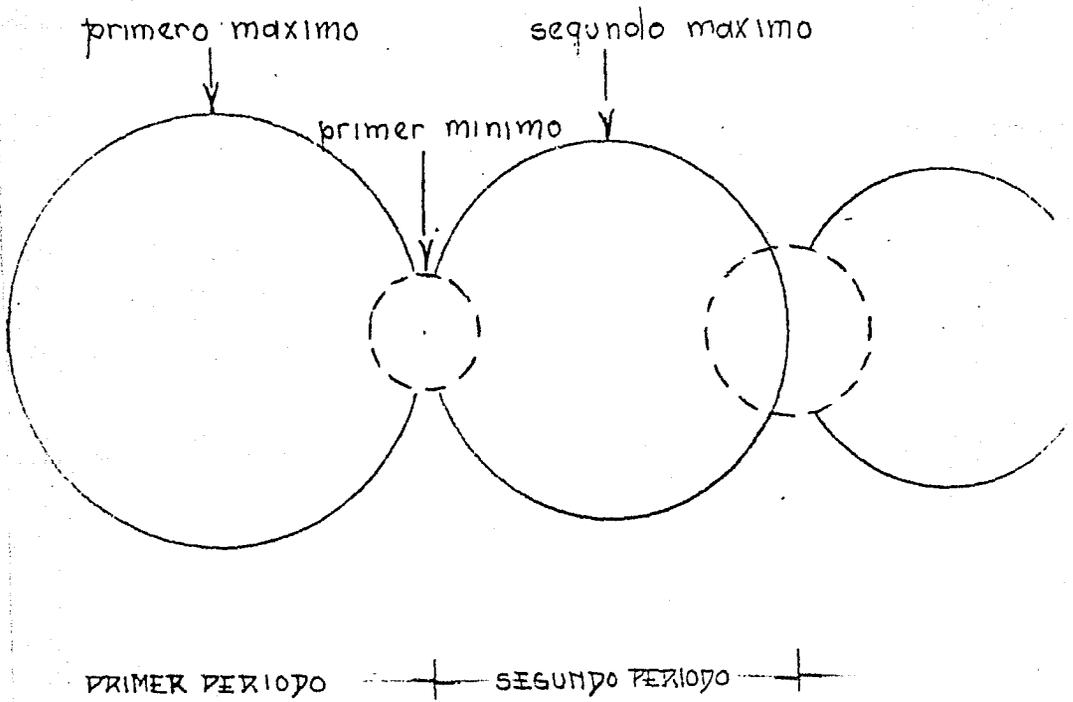


Fig. 5. Efecto de pulsaciones producidas por los gases en una explosi bajo agua.

EFFECTOS SUPERFICIALES.

Los efectos superficiales de una explosión bajo agua, dependen de la cantidad de explosivos y sobre todo de la profundidad a la que se detonan.

Una carga detonada cerca de la superficie provoca efectos externos que puedan verse a gran distancia, mientras que una carga grande, detonada a bastante profundidad, serían poco visibles sus efectos superficiales.

Los efectos superficiales, además del agua que sale fuera de la superficie son; la llegada de la onda de choque, el acercamiento de la onda de gas a la superficie y finalmente el rompimiento de las esferas de gas en la atmósfera; estos efectos producen ondas de presión negativa al encontrar en la frontera de la atmósfera una resistencia menor al medio acuoso.

CONO DE PROYECCION.

En una explosión bajo agua, los gases, la energía y los restos de la voladura, buscan siempre la línea de menor resistencia para desplazarse, en el agua, se puede considerar a grandes razgos, que estos elementos generan un cono de proyección cuyo ángulo central se hace más agudo cuando mayor sea la profundidad de la voladura. Esto implica que cuando la carga está próxima a la superficie, existe mayor disipación de energía al detonar los explosivos y por ende, menor efectividad, por consiguiente es necesario que las cargas se coloquen a una determinada profundidad para obtener el máximo de rendimiento.

La determinación de esta profundidad es muy variable ya que depende del objetivo por volar, el tipo de subsuelo, la cantidad de explosivos, etc. una regla práctica que se pue

de seguir es la de colocar la carga con un mínimo de 3 M. de profundidad, aunque algunos tratados sobre explosivos europeos y de E.E.U.U., aumentan considerablemente -- esta dimensión. En el Canadá en la voladura de un cajón de concreto armado de 13 X 16 X 38 M., que iba a servir de - base para un muelle en las inmediaciones de la ciudad de - Quebec, y que se había hundido en una tormenta fuera del - lugar especificado, presentando un peligro a la navegación fue necesario esperar a una marea alta (4.5 M) para lograr mayor efectividad de la carga distribuida estratégicamente en este block de más de 5,000 toneladas de peso.

La compañía Du Pont de Nemours, aconseja en voladuras -- de embarre para zanjamiento en mantos blandos y quebradi- zos de poco espesor, una profundidad mínima de 7.50 M.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE EXPLOSIVOS.

Desde la invención de la pólvora, hasta los explosivos altamente perfeccionados de nuestros días, se han hecho trabajos que sin ser imposibles de ejecutar sin su ayuda, se hubieran tenido que realizar con esfuerzo y tiempo mucyo mayores de los que se emplearon en su ejecución.

En la época actual, es impresindible el uso de explosivos en un sin número de obras de todos tipos, por las siguientes razones:

- a). - Su rendimiento.
- b). - Gran economía en tiempo, al desarrollarse un trabajo en pocas horas, que en otra forma se llevaría días ó meses para realizarse.
- c). - Menor costo en materiales y mano de obra.
- d). - Ahorro en el empleo de maquinaria y equipo pesado.
- e). - Versatilidad en su empleo.
- f). - La imposibilidad física de ejecutar cierto tipo de trabajos bajo agua, sin su ayuda, etc.

Las desventajas principales del uso de los explosivos bajo agua son:

- a). - La necesidad absoluta de contar con personal perfectamente entrenado en buceo y manejo de explosivos.
- b). - La dificultad ó peligro de su empleo en determinados lugares.
- c). - La necesidad imperiosa de seguir las reglas de seguridad para su empleo y almacenaje.
- d). - La obediencia estricta a las autoridades federales y locales.

Debido a tantos factores como se ha visto que pueden alterar el efecto y rendimiento de un explosivo, es sumamente difícil determinar con exactitud, la cantidad necesaria de explosivos para una determinada voladura subacuática.

USOS PRINCIPALES DE LOS EXPLOSIVOS BAJO AGUA.

El uso de explosivos bajo agua, es múltiple y cada día con el mejoramiento en técnicas, propiedades y cualidades se descubren nuevas aplicaciones; sin embargo describiremos algunos de sus principales empleos.

- 1). - Limpieza de puertos; los explosivos se usaron ampliamente en la segunda guerra mundial, para despejar -- las entradas de los puertos en los que se habían hundido barcos, rocas, troncos de madera, pilas de concreto, etc.
- 2). - Demolición de obstáculos para la navegación:

En la actualidad los explosivos se usan para demoler: barcos hundidos accidentalmente, salientes de roca, construcciones de concreto o mampostería o cualquier otro objeto que siendo antieconómico de quitar o desplazar, obstaculizan o hacen peligroso el libre tránsito de las embarcaciones en los puertos, lagos o ríos.

- 3). - Desmantelamiento de barcos: La recuperación y aprovechamiento de materiales y equipos hundidos con una técnica adecuada y económica usando explosivos, es una -- parte esencial en todo trabajo de salvataje.
- 4). - Zanjamiento: En la construcción de puertos y en el aumento de profundidad o ensanchamiento de canales de navegación, es en la mayoría de los casos, imprescindible el uso de explosivos bajo agua.
- 5). - Tendido de tuberías: Las tuberías de drenaje o de cualquier otro tipo de gran diámetro requieren el empleo de explosivos para preparar la cama en el fondo.

- 6). - Remoción de propelas: Se han usado los explosivos - con gran ventaja en la remoción de propelas de barcos grandes, colocando los explosivos en poca cantidad y estratégicamente. Mas adelante trataremos el método a seguir en estos casos.
- 7). - Colocación de plataformas petroleras e instrumentos: los explosivos bajo agua, se utilizan con frecuencia - en la preparación de bases para instrumentos de medición y para las extremidades de las plataformas petroleras.
- 8). - Drenes: Para drenar zonas pantanosas o esteros, es muy útil el empleo de explosivos, cuando no se cuenta con maquinaria pesada para ejecutar este trabajo.

EQUIPO INDISPENSABLE PARA EFECTUAR - UNA VOLADURA BAJO AGUA.

El equipo necesario para efectuar una voladura bajo agua, es muy variable y depende fundamentalmente del tipo de - objetivo en el que se va a trabajar, sin embargo; nombraremos algunos de los mas esenciales que puedan servir como guía al ir a ejecutar un trabajo.

- a). - Explosivos en cartuchos, a granel o líquidos.
- b). - Capsulas o estopines.
- c). - Encendedores de mecha.
- d). - Cables eléctricos.
- e). - Galvanómetro especial para explosivos.
- f). - Mecha.
- g). - Primacord.
- h). - Ignitacoro.
- i). - Maquinas explosoras (2)
- j). - Pinzas especiales (2)
- k). - Banderas de señales .
- l). - Cinta engomada ahulada (varios rollos).
- m). - Botiquín.
- n). - Pala chica, barreta manuable, marro y cincel.
- o). - Sacos para arena.
- p). - Sellador a prueba de agua.
- q). - Guantes.

A este equipo propiamente para uso de los explosivos, podemos agregar una lista general de equipo, que pueda utilizarse como guía en un trabajo determinado.

- a). - Barco; en caso de una operación de salvataje debe usar se uno adecuado a este tipo de trabajo.
- b). - Equipo completo de buceo.

- c). - Cables, cuerdas y cadenas .
- d). - Troncos, placas de metal.
- e). - Compresores.
- f). - Equipo de corte y soldadura, gases.
- g). - Equipo neumático, barrenadoras, etc.
- h). - Malacates.
- i). - Pontones.
- j). - Bombas centrífugas.
- k). - Sacos inflables especiales para salvataje, tambos vacios.
- l). - Air Lift.
- m). - Cemento y agregados.
- n). - Máquinas perforadoras.

Además de este equipo que se utiliza en la mayoría de las operaciones bajo agua, existen aparatos y maquinaria especializada para trabajos específicos.

CONCEPTOS BASICOS Y DEFINICIONES SOBRE LOS EXPLOSIVOS.

EXPLOSIVO: Un explosivo es un compuesto químico - inestable, el cual al actuar un agente externo determinado, se estabiliza en forma de una reacción violenta generando energía con un gran potencial de trabajo.

EXPLOSIVOS RAPIDOS: Son aquellos explosivos que - al reaccionar pasan de su estado inestable a un compuesto más estable casi instantaneamente; considerán dose rápido, cuando su onda de detonación viaja a una velocidad mayor a los 6,000 M/seg.

EXPLOSIVOS LENTOS O PROPULSORES: Son aquellos explosivos que al reaccionar pasan de su estado inestable a un compuesto más estable en forma lenta y progresiva considerándose lento cuando su onda de detonación viaja a una velocidad menor a los 6,000M/seg.

DEFLAGRACION: Es la reacción progresiva de un explosivo lento al pasar de su estado inestable a uno más estable. En algunos tratados se denominan a los explosivos lentos como explosivos deflagrantes.

DETONACION: Se llama detonación a la reacción violenta de un explosivo rápido al pasar de un estado químico inestable a uno más estable.

La inestabilidad de un explosivo se debe generalmente a la liberación del oxígeno que contiene para combinarse - en compuesto mas estable, como son: CO_2 , CO , H_2O , H_2 , etc.

dentro de los gases y solidos como el AL_2O_3 ; existe una -
excepción a esta regla con la azida o nitruro de plomo ---
($Pb(N_3)_2$), el cual aunque no contiene oxígeno, es un ele--
mento sensible y de gran potencia.

Esta reestructuración molecular viene acompañada por gran
cantidad de calor que alcanza a menudo, varias kilocalorí--
as por gramo.

VELOCIDAD DE DETONACION: Se denomina veloci--
dad de detonación, a la rapidez con la que avanza la reacción
en un explosivo rápido; esta velocidad de detonación o combu--
stión es controlable, ya que élla depende de la granulometría
del explosivo, de su densidad de carga o de su confinamiento.

DETONACION POR SIMPATIA: Se llama detonación -
por simpatía, cuando una masa de explosivos detona a otra, -
por medio de una onda de percusión, sin estar en contacto una
de otra.

POTENCIA ESPECIFICA: La potencia específica en -
un explosivo, es la capacidad de ejecutar un trabajo al libe--
rar la energía contenida en él, al instante de su detonación, -
algunos autores la denominan efectividad y se mide, compa--
rando los resultados en identicas condiciones, de masas igua--
les de diferentes tipos de explosivos.

El conocimiento de esta propiedad, es muy útil para la selec--
ción del explosivo adecuado, para realizar un trabajo determi--
nado.

FUERZA: Aunque generalmente se denomina potencia a la
cantidad de nitroglicerina en peso que contiene una dinamita,-
creo que este concepto, dada la definición anterior es incom--
patible, ya que, una dinamita de 40% no es el doble de efecti--
va que una del 20%, consideraremos por consiguiente, como -

definición de fuerza, el porcentaje de nitrolicerina en peso, que contiene una dinamita .

SENSIBILIDAD: Se llama sensibilidad a la mayor o menor facilidad que presenta un explosivo para reaccionar al actuar un agente externo sobre él; considerándose un explosivo más sensible, cuando mayor facilidad presente para detonarse.

Este concepto debe tenerse muy en cuenta, cuando se trate de manejar o de almacenar un determinado explosivo.

Es necesario hacer notar, que la sensibilidad es independiente de la potencia de un explosivo, existiendo algunos muy potentes y relativamente poco sensibles.

DENSIDAD DE CARGA: Se denomina densidad de carga, al grado de concentración de la masa de un explosivo en la unidad de volumen, midiéndose ésta, en gramos sobre centímetro cúbico.

TABLA # 1

TIPOS DE EXPLOSIVOS EXISTENTES EN MEXICO Y SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES .

| TIPO | NOMBRE COMERCIAL | CLASE | POTENCIA VOLUME- | DENSIDAD CARTUCHOS CAJA 25 KG. | VELOCIDAD M/SEG. PIES/SEG. | RESISTENCIA AL AGUA | GASES TOXICOS |
|------------|------------------|------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| SEMI | GELAMEX | 1 | 60% | 150 | 3990 13100 | REGULAR | MUY POCOS |
| | GELAMEX | 2 | 45% | 165 | 3884 12600 | BUENA | MUY POCOS |
| GELATINAS | GELATINA | 20% al 60% | 30% a 59% | | 3200- 10500- -6000 -19700 | EXCELENTE | POCOS |
| Y | | | | | | | |
| GELATINAS | GELATINA EXTRA | 30% al 75% | 35% a 66% | 123-143 | 4200- 13800- -5000 -16400 | EXCELENTE | MUY POCOS |
| | GOEMEX | 60% | 50% | | 5000 16400 | EXCELENTES | POCOS |
| DINAMITAS | DINAMITA EXTRA | 40% 60% | 35% 55% | 151 151 | 3100 10200 3720 12200 | ALGO ALGO | BASTANTES BASTANTES |
| ARMONIA - | DURAMEX | G | 25% | 204 | 2710 8900 | MALA | POCOS |
| CALES. | | | | | | | |
| | GRANULADAS | | | | | | |
| | 2 | 25% | 14% | | 1170 3850 | MUY MALA | MUCHOS |
| | 4 | | | | 1340 4400 | MUY MALA | MUCHOS |
| | 5 | | | | 1550 5100 | MUY MALA | MUCHOS |
| | MEXROX | 64% | 27% | | 2740 9000 | MALA | BASTANTES |
| TIPO | MEXOBEL | Nº2 | | 201 | 2740 9000 | MALA | BASTANTES |
| PERMISIBLE | MEXOMITA C | | | | 1520 5000 | MALA | BASTANTES |

TIPO DE EXPLOSIVOS EXISTENTES EN MEXICO Y SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

| TIPO | MARCA | POTENCIA % | VELOCIDAD DE DETONACION RESISTEN- CONSISTEN | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------|--|-------------------|-------------------|
| | | | Cartuchos de 1 1/4" x 8" sin Confinamiento | CIA AL AGUA | CIA. |
| GELATINA PURA | GELATINA PURA | 100 | 6,500 | EXCELENTE | DE GOMA |
| EXPLOSIVO PARA POZOS DE PETROLEO | EXPLOSIVO PARA POZOS DE PETROLEO | 80 a 100 | 6,800 | EXCELENTE | DE GOMA |
| GELATINA | GELATINA ATLAS | 20 a 100 | 2,150 a 6,500 | EXCELENTE | MUY PLASTICA |
| GELATINA AMONICAL | GELATINA GIANT | 30 a 90 | 2,350 a 6,500 | MUY BUENA | PLASTICA |
| SEMIGELATINA | GELODYN | 65 | 3,350 a 4,000 | BUENA | BASTANTE PLASTICA |
| DINAMITA DE NITROGLICERINA | DINAMITA DE NITROGLICERINA | 20 a 60 | 2,900 a 6,350 | REGULAR | MUY COHESIVA |
| DINAMITA AMONICAL | DINAMITA EXTRA | 15 a 60 | 2,450 a 4,000 | LIMITADA | COHESIVA |
| DINAMITA AMONICAL DE BAJA DENSIDAD | AMODYN | 65 | 1,950 a 3,350 | LIMITADA | COHESIVA |
| | APCODYN | 65 | 2,350 a 3,000 | LIMITADA | COHESIVA |
| | APEX | 20 a 70 | 3,500 a 5,650 | BUENA | GRANULAR |
| | FLO-DYN, CANYON BAG | 10 a 65 | 1,350 a 1,850 | LIMITADA | GRANULAR |
| DE SEGURIDAD GELATINOSO | GELCOLITE | 35 a 55 | 2,750 a 3,450 | BUENA - MUY BUENA | PLASTICA |

TIPOS DE EXPLOSIVOS EXISTENTES EN MEXICO Y SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

| TIPO | MARCA | POTENCIA % | VELOCIDAD DE DETONACION Cartuchos de 1 1/4" x 8" sin Confinamiento | RESISTEN- CIA AL AGUA | CONSISTEN- CIA. |
|--|--------------------------|---------------|--|-----------------------------|--------------------|
| DE SEGURIDAD DINAMITA | COALITE | 55 a 60 | 1,600 a 2,900 | LIMITADA | COHESIVA |
| DINAMITA - PARA PROSPEC- CION SISMICA | PETROGEL No. 1 HV | 60 a 100 | 5,000 a 6,500 | EXCELENTE | MUY PLASTICA |
| | PETROGEL 60 GIANT | | 5,350 | MUY BUENA | PLASTICA |
| DINAMITA PARA AGRICUL- TORES Y EXPLORACION FORESTAL. | FAMEX PARA 50 ZANAJAS | | 5,000 | BUENA | MUY COHESIVA |
| | FAMEX PARA 65 TACONES | | 2,500 | LIMITADA | COHESIVA |

TIPOS DE EXPLOSIVOS EN OTROS PAISES Y SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES.

| PAIS | TIPO DE EXPLOSIVO | EFFECTIVIDAD TNT \pm 1.00 | VELOCIDAD M/SEG. | RESISTENCIA AL AGUA. | CARACTERISTI CAS GENERALES |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|--|
| <u>ALEMANIA</u> | T. N. T. | 1.0 | 6553 | | Usos Generales |
| | ACIDO PICRICO | 1.0 | 6553 | | Usos Generales y corte |
| | RDX | | 6950 | | Corte y usos - generales. |
| <u>CANADA</u> | SUBMAGEL | | 7250 | BUENA | viene de 40% al 95% USOS BAJO AGUA |
| | GIANT GELATIN | | 4200-6950 | BUENA | No debe usarse - abajo de 8 m. de profundidad. Viene del 20% al 90 % |
| | FORCITE | | | MAXIMO 2 DIAS | Viene del 30% al 90%. No debe usar se a más de 8 m. de profundidad |
| | XACTEX | | 2560 | BUENA | Se usa en voladuras bajo agua, se insensibiliza con la presión Hidrostatica. |
| <u>E.E.U.U.</u> | T. N. T. | 1.00 | 6400 | REGULAR | Usos Generales. |
| | C-3 | 1.30 | 7925 | EXCELENTE | Plastico, Moldeable entre, poca sensibilidad parecido a la de la T. N. T. |
| | C - 4 | 1.30 | 7925 | EXCELENTE | Explosivo plastico con propiedades mejores al C-3, más estable. |

| PAIS | TIPO DE EXPLOSIVO | EFFECTIVIDAD T.N.T. 1 - 1.00 M/SEG. | VELOCIDAD | RESISTENCIA AL AGUA | CARACTERISTICAS GENERALES. |
|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------|---|--|
| <u>E.E.U.U.</u> | RDX (ciclonita) | 1.50 | 7620 | EXCELENTE | POLVO BLANCO - CRISTALINO MUY UTIL PARA DETONADORES. |
| | GELATINA | 0.90 | 6096 | EXCELENTE | POCOS GASES, MUY UTIL PARA TRABAJOS SUB-ACUATICOS |
| | GELATINA 60% | 0.76 | 4877 | EXCELENTE | POCOS GASES, PRACTICO PARA TRABAJOS SUB-ACUATICOS |
| | GELATINA 50% | 0.47 | 2743 | MUY BUENA | POCOS GASES, BUENA PARA TRABAJOS - SUB-ACUATICOS. |
| | GELATINA 40% | 0.42 | 2438 | BUENA | ECONOMICA Y UTIL PARA TRABAJOS SUB-ACUATICOS |
| | DINAMITA 60% | 0.83 | 5791 | BUENA | BUENA PARA DEMOLISION EN TIERRA. |
| | DINAMITA 40% | 0.65 | 4572 | REGULAR | BUENA PARA DEMOLISIO EN TIERRA |
| | NITRAMON | | 6096 | MALA | ECONOMICA Y BUENA PARA CANTERAS Y ZANJEOS COMBINADA CON DINAMITA |
| PETN Pentaeritrato tetranitrato. | 1.61 | 8047 | MALA | POLVO BLANCO CRISTALINO, CAPAZ DE DESARROLLAR GRAN ENERGIA, USADO EN DETONADORES, MECHA PRIMACORD, - ETC. | |
| <u>FRANCIA</u> | ACIDO PIRICO MELANITA | 1.00 | 6553 | BUENA | |
| <u>INGLATERRA</u> | PLASTIC | 1.3 | 7376 | MUY BUENA | USOS GENERALES TRABAJOS SUB-ACUATICOS. |

| PAIS | TIPO DE EXPLOSIVO | EFFECTIVIDAD T.N.T. = 1.00 | VELOCIDAD M/SEG. | RESISTENCIA AL AGUA | CARACTERISTICAS GENERALES. |
|---------------------|-------------------|----------------------------|------------------|---------------------|---|
| <u>INGLA-TERRA.</u> | 808 PLASTIC | 1.3 | 7255 | MUY BUENA | USOS GENERALES TRABAJOS: SUB-ACUATICOS |
| | 852 PLASTIC | 1.2 | 7193 | MY BUENA | USOS GENERALES TRABAJOS: SUB-ACUATICOS |
| <u>ITALIA</u> | T.N.T. | 1.0 | 6553 | | USOS GENERALES |
| | PENTHRITE | 1.2 | 7376 | | USOS GENERALES |
| <u>JAPON</u> | O-SHOKUYAK | 1.0 | 6553 | | USOS GENERALES |
| | RDX | 1.3 | 8000 | | USOS GENERALES |
| | NI-GO TAN-O-YAKU | 1.1 | 6950 | | USOS GENERALES |
| <u>RUSIA</u> | T.N.T | 1.0 | 7010 | | USOS GENERALES |
| | XYLIL | 1.0 | 6615 | | |
| | MELINITE | 1.1 | 7100 | | |
| <u>SUECIA</u> | LFB | | | 2 DIAS | USOS GENERALES |
| | LFIV | | | 7 DIAS | USOS GENERALES |
| | LF 60 | | | 21 DIAS | VOLADURAS BAJO AGUA |
| | GELATINA G D | | | INALTERABLE | VOLADURAS BAJO AGUA |

| PAIS | TIPO DE EXPLOSIVO | DIAMETRO DEL CARTUCHO | MAXIMA PROFUNDIDAD | MAXIMA DURACION DE INMERSION | POTENCIA EN PESO |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|------------------------------|------------------|
| <u>INGLA-TERRA</u> | Polar Amon Gelnite | Menos de 7.5 cm. | 6 metros | 24 horas | 78 % |
| | Polar Amon Gelatin Dy | Menos de 7.5 cm. | 6 metros | 24 horas | 90 % |
| | Polar Amon Gelnite | 7.5 a 20 cm. | 20 a 30 metros | 7 a 30 días | 74 % |
| | Polar Amon Gelatin Dy | 7.5 a 20 cm. | 20 a 30 metros | 7 a 30 días | 90 % |
| | Geophex | Cualquier | 360 metros | 24 horas | 66 % |
| | Gelatina Submarina | Cualquier | 360 metros ó más | semanas | 95 % |

EXPLOSIVOS NUCLEARES.

Con el descubrimiento de la energía atómica, la humanidad dió un gran paso en el uso y control de grandes fuentes de energía, si bien es cierto que actualmente el hombre la ha usado principalmente para atemorizarse y destruirse así -- mismo, poco a poco ésta fuente de energía se está convirtiendo en una gran fuerza generatriz benéfica, en muy diversos campos de la ciencia.

En varios países se estan creando y desarrollando programas y comisiones para el estudio y aplicación práctica de la energía nuclear, en México, la Comisión Nacional de Energía Nuclear, no tieneotro objeto que el conocimiento y empleo de esta energía para usos pacíficos.

En Estados Unidos, se creó el AEC PLOWSHARE PROGRAM, para la aplicación exclusiva de la energía nuclear en el campo de la Ingeniería.

Se ha avanzado mucho en los conocimientos prácticos del uso de explosivos nucleares para grandes excavaciones en la Minería, Generación de Fuerzas (Energía Eléctrica, etc.) y producción de Isótopos; aquí solo trataremos de los explosivos nucleares utilizados para excavaciones.

Es indudable que las excavaciones que se vayan a efectuar - con este tipo de explosivos deben ser de gran envergadura, - por la cantidad tan grande de energía que desprenden aunque se usen pequeñas cantidades.

Como se trata de explosivos nucleares, hay que pensar en - determinados aspectos específicos, como son:

- a). - Control de la energía desprendida.
- b). - La cantidad y control de las radiaciones que pueden afectar en diferentes formas los seres vivientes y al medio en la zona de la voladura.
- c). - La observancia y control de las explosiones nucleares por organismos internacionales, etc.

A) CONTROL DE LA ENERGIA DESPRENDIDA: Se ha avanzado mucho últimamente en el control de la energía que se desprende en una voladura de este tipo, con los experimentos llevados a cabo por el programa Plowshare, en diferentes tipos de terrenos, se considera que en la actualidad se pueden determinar con bastante aproximación los efectos causados por un dispositivo nuclear conociéndose la magnitud de la carga y la profundidad a la que fué depositada, así como el costo de la operación.

Como se vió en los explosivos químicos, que había una profundidad ideal para aprovechar al máximo la capacidad de trabajo de una carga; con los nucleares pasa lo mismo, pues si se entierran más de esta distancia, la tierra absorbe mucha energía, si por el contrario, se entierran poco, gran porcentaje de la energía se disipa en el aire.

Para darse una idea del valor de la energía desprendida por los explosivos nucleares, podemos comparar con la producida por los explosivos químicos; un kiloton químico que es aproximadamente igual a 10^9 calorías difiere prácticamente muy poco de un kiloton nuclear, sin embargo, la velocidad de reacción son muy diferentes pues en los explosivos químicos son del orden de milisegundos, mientras que en los nucleares son en microsegundos, por consecuencia, los primeros se puede decir que son deflagrantes en comparación con los segundos.

Se ha observado también, que la relación entre los efectos - de los explosivos nucleares va en función de $1/3.4$ en peso - de explosivo, esto es que para formar un cráter de doble vo lumen al formado por el de un kiloton se necesitaran 10 kilo tones ($2^{3.4} = 10$) .

Se ha hecho la comparación con esa cantidad de explosivo, - porque el kiloton nuclear es prácticamente la menor cantidad que se podría utilizar en excavación, mientras que un kiloton químicó, es la mayor cantidad que se puede usar; en Rusia - se han utilizado hasta 9 kilotonnes en una sola detonación para hacer una zanja de 15 km. aproximadamente, cerca de Buk- hara.

Al tratar de explosivos nucleares, se cree que el costo de - una voladura de este tipo es muy alto, sin embargo, la ver- dad es otra, pues en voladuras de cierta envergadura, los explosivos nucleares son mucho más económicos consideran- do que con los métodos convencionales, hay que demoler - y después extraer las rocas por medios mecánicos, (camio- nes, furgones, etc.) lo cual aumenta mucho el costo, en cam- bio, con los explosivos nucleares no existe este problema de extracción, sino por el contrario, gran cantidad de energía - se desperdicia en excavación inútil, de ahí que es necesario un control y conocimiento efectivo de estas voladuras.

En voladuras subterráneas, para la formación de depósitos de agua y producción de energía eléctrica, minería, etc., se han obtenido fórmulas que nos determinan el volumen - de la excavación que en este caso se denominan chimeneas (fig. # 6).

$$H = KR_c$$

DONDE:

H = Altura de la chime-
nea en metros

K = Constante aproxima-
da igual a 5

R_c = Radio de la cavidad
en metros.

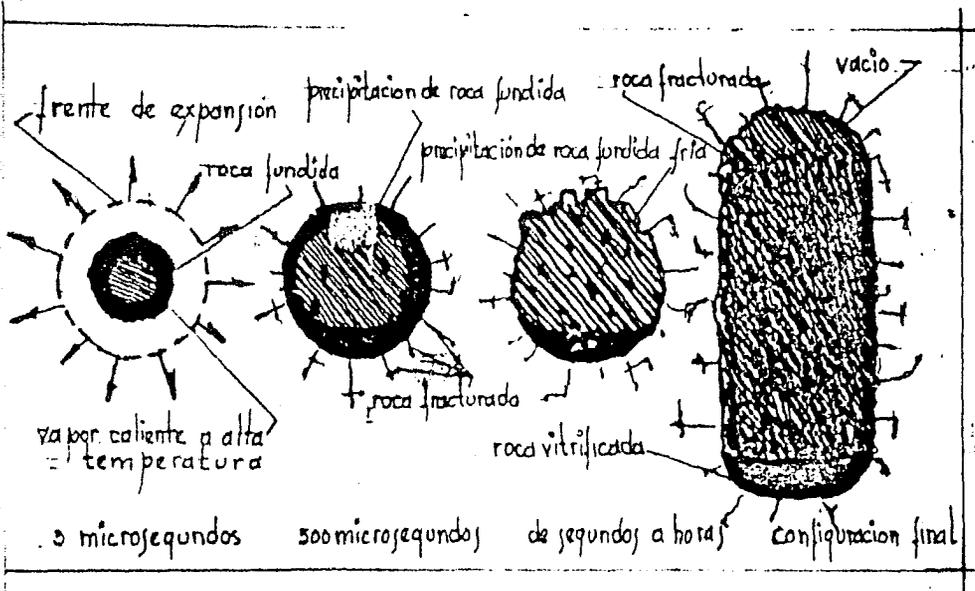


FIG. 6. Pasos en la formación de una cavidad bajo tierra con una explosión nuclear. (altura de la chimenea de 4 a 5 veces su diámetro.)

Ahora bien:
 $R = CW^{1/3} (dh)^{1/4}$

DONDE:

R_c = Radio de la cavidad
en metros

C = Cte (varia entre --
60 y 80)

W = Energía de la vola-
dura en kilotones.

d = Densidad del mate-
rial en gr/cm^3

h = Profundidad a la que
se colocó el disposi-
tivo nuclear.

b) RADIOACTIVIDAD: La radioactividad producida es uno de los problemas fundamentales en toda voladura nuclear; afortunadamente, este efecto nocivo se controla cada vez más, lograndose en la actualidad reducir a menos de 50 km. de radio la zona peligrosa, esto es, que tenga una radioactividad de 0.5 roentgen, cantidad máxima aprobada por la Comisión Internacional de Protección de Radiación, así mismo dado el desarrollo y control de estos dispositivos, las zonas afectadas, pierden rápidamente esta radioactividad, pudiendo regresar al lugar de la detonación en pocas semanas.

Aunque esta distancia afectada, parece grande, los estudios que se estan haciendo junto con los experimentos para mejorar el explosivo y la cápsula que lo contienen, pueden reducir en mucho esta zona, desgraciadamente, no se conoce -- publicamente en la actualidad el adelanto real, ya que en los Estados Unidos, se consideran estos trabajos como clasificados, esto es, como documentos secretos.

Sin embargo, no es difícil predecir que se logrará en un futuro próximo, un explosivo nuclear limpio ó lo que es lo mismo, sin radioactividad.

c) CONTROL DE LOS ORGANISMOS INTERNACIONALES SOBRE VOLADURAS NUCLEARES: El 1º. de Noviembre de 1958, se firmó un acuerdo entre las grandes potencias, que impiden detonar artefactos nucleares en tierra ó en el aire, permitiéndose únicamente hacerlas bajo tierra, (Francia y China no lo firmaron) aunque esta prohibición fué establecida únicamente para artefactos nucleares y con un buen fin humanitario, ha impedido por otra parte un desarrollo y conocimiento de las técnicas nucleares, así como su aplicación en la paz por no poder realizar la cantidad de voladuras previstas, pues para llevar a cabo una de ellas, hay que llenar muchos requisitos.

EXPLOSIVOS LIQUIDOS.

GENERALIDADES. -

Igual que muchos inventos de la humanidad, los explosivos líquidos se desarrollaron, a partir de unas investigaciones que tenían otro fin muy distinto al logrado, en el año de -- 1945, al traves de estos trabajos se obtuvieron dos compues-
tos líquidos que independientemente uno de otro se conside--
ran como substancias no peligrosas, en cambio al unirlos, -
el producto de la mezcla se convierte en un explosivo con to-
das las ventajas y peligros inherentes a estos.

Los explosivos líquidos del tipo de Mezclado In Situ, tienen -
algunas ventajas sobre los explosivos sólidos para trabajos -
subacuáticos, cuando son utilizados con las debidas precau--
ciones y se siguen las instrucciones del fabricante.

La transportación por cualquier tipo de vehículo, avión ó bar-
co, de los diferentes tipos de líquidos es sumamente prácti--
ca, ya que antes de ser mezclados no contienen las caracte--
rísticas y propiedades de un explosivo.

Así mismo, la facilidad de almacenamiento, que tienen estos
explosivos, sobre los otros, pues no es necesario construir
pólvorines especiales para su conservación y seguridad de -
las personas ó propiedades adyacentes. Deben seguirse úni-
camente las precauciones indispensables de fuego y evitar --
que se mezclen accidentalmente.

Entre las características principales de los explosivos líqui-
dos, como antes habíamos dicho, es la de su facilidad de ma-
nejo y embarque; en trabajos submarinos donde es necesario
colocar los explosivos en forma longitudinal (zanjeo) ó en co-
lumna (salvataje de barcos), es práctico el uso de este tipo -
de explosivos, colocando el material en tubos de plástico ó -
materiales semejantes, ya sean rígidos ó flexibles, dependien

do de las necesidades de cada caso.

AEREX L-1 Y SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES:

El explosivo líquido AEREX L-1, formado por dos productos patentados, se obtiene de la mezcla de un líquido amarillo - (solvente orgánico) llamado A-1 y de un líquido rojo (alcalino) llamado SB-1.

La proporción en peso es la siguiente: 6% del compuesto --- LB-1 y 94% del A-1 ó en volumen, una proporción de 15 a 1 - respectivamente.

Una vez mezclados se debe tratar el producto con las precauciones que se toman al manipular cualquier explosivo.

Ambos componentes independientemente, pueden ser enviados por aire, mar ó tierra y en cualquier tipo de transporte, siempre y cuando se conserven los productos dentro de sus envases originales.

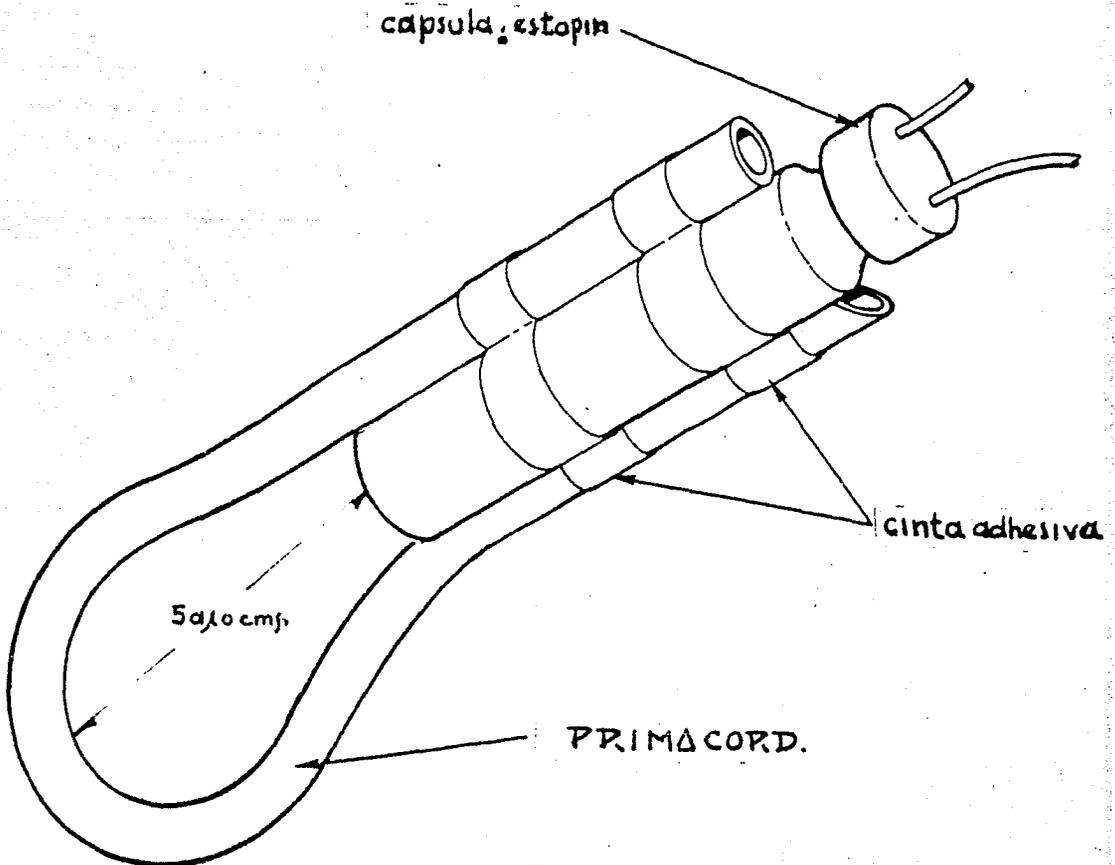
El explosivo AEREX L-1 es más denso que el agua por lo que si se mezcla en un recipiente, se decantará en el fondo, con la particularidad que puede ser detonado en esas condiciones.

Para ser detonado, conviene siempre el uso de una capsula # 8 ya que cuando el explosivo no está confinado, el fumigante #6 puede fallar, sin embargo, el método más seguro para detonar este explosivo es a base de un campo generador de ondas (fig 7) formado por un estopión o capsula y un tramo de primacord, que si se colocan en la forma como se ha indicado, al iniciarse el encendido se generan ondas de energía lo suficientemente fuertes para detonar el AEREX L-1.

Por el tipo de capsula que se usa, para ser detonado podemos notar que el AEREX L-1, no es muy sensible, además la detonación por simpatía es prácticamente mínima, ya que se --

encontró que una columna de 30 cm. de alto por 5 cm. de diámetro, no fué capaz de detonar a una semejante, colocada paralelamente y a 15 cm. de separación, sin embargo, la velocidad de detonación de este explosivo no es lenta, pues se asemeja al de la dinamita con 6,375 m/seg.

Existen otros explosivos que se forman a base de una combinación de materia sólida y líquida, tales como AEREX S-2, - AEREX S-1, NITRATO DE AMONIO CON ACEITE ó DIESEL, Etc.



AEREX S-1 Y S-2

CARACTERISTICAS GENERALES:

El AEREX S-1 es un explosivo sólido combinado, que se forma de un 84% en peso del producto de patente llamado SB-1 y 16% en peso del producto líquido también patentado A-1.

El explosivo AEREX S-2 se puede preparar siguiendo los métodos siguientes, siendo el primero el más adecuado:

a). - Se toma 3.5 Kg. ó en un recipiente se vierten 3 litros - aproximadamente de AEREX A y se mezclan con un saco de 22.5 Kg. del compuesto químico AEREX B, esto debe hacerse con un utensilio de madera ó de metal especial que no saque chispas; cuando la mezcla sea homogénea, el explosivo está listo para usarse.

b). - Pequeñas cantidades de explosivo S-2 pueden prepararse, tomando porciones del compuesto B, se agrega suficiente compuesto A para cubrirlo, drenándolo inmediatamente, quedando listo así el explosivo. El líquido sobrante se puede volver a utilizar.

Los recipientes utilizados para mezclar estos compuestos, no deben ser galvanizados ya que el zinc que contiene descompone lentamente al compuesto B, que está formado a base de Nitrato de Amonio especialmente procesado.

METODO PARA DETONAR EL AEREX S-2 Y S-1.

El S-2 no necesita dinamita para detonarlo y como el explosivo AEREX L-1, el mejor método es a base del Campo Generador de Ondas, detallado con anterioridad (ver Fig 7).

Para detonar el explosivo S-1 es suficiente el uso de una capsula # 6.

Ambos explosivos son lentos y el transporte de sus componentes es un poco más delicado que del explosivo AEREX-A - 1.

Estos explosivos se han fabricado con el interés principal de bajar el costo de una voladura, sin embargo, con estos explosivos ó con cualquier otro, es indispensable el hacer un estudio de las necesidades y características del objetivo ó trabajo a desarrollar.

CORTINAS DE AIRE.

Una de las técnicas que mejores resultados han dado para eliminar las vibraciones de una voladura bajo agua, ha sido la de colocar cortinas de aire entre el foco de la explosión y el frente ó edificación que se quiera proteger. (Fig 8).

Esta técnica consiste en hacer pasar una corriente de aire a una presión determinada a través de tuberías, a las que se le han hecho pequeñas perforaciones con un diámetro especificado y que están tendidas alrededor del objeto por proteger.

El aire a presión, al salir, forma una cortina de burbujas - que sirve como zona de amortiguamiento de las ondas de choque impidiendo que pase un gran porcentaje de ellas.

La correcta aplicación de este método representa una gran economía en tiempo y dinero, pues gracias a ella es posible efectuar voladuras cercanas a instalaciones portuarias con bastante seguridad disminuyendo en mucho, las distancias de protección y por consiguiente el proceso lento y costoso sobre todo en voladuras bajo agua, de ir bajando la cantidad de explosivos conforme la zona de trabajo se aproxima a la costa, aumentando al mismo tiempo el número de barrenaciones.

Para obtener los resultados buscados, es necesario estudiar y hacer pruebas con anterioridad para encontrar, el diámetro de las burbujas que protejan un objeto para determinada carga a cierta profundidad, ya que la eficiencia de la corriente de aire se basa en esta condición. Por lo tanto, no debe aplicarse por personal que desconozca la técnica de su funcionamiento necesaria, para obtener los resultados buscados

Para formar esta burbuja, hay que enviar a través de las perforaciones una cantidad constante de aire a presión para lo cual, hay que instalar compresoras en ambos extremos para obtener una cortina más uniforme.

Como regla práctica, La Canadian Industries Limited, la cual tiene una patente para el uso de esta técnica, aconseja extraer el agua de las tuberías con aire a alta presión, antes de que empiece a trabajar la cortina normalmente.

Esta compañía a logrado disminuir en un 99% las vibraciones producidas normalmente por una voladura sub-acuática con el empleo de esta técnica.

Este método, fué muy empleado en la construcción del gran canal del Río San Lorenzo, en los límites entre E.E.U.U. y el Canada.

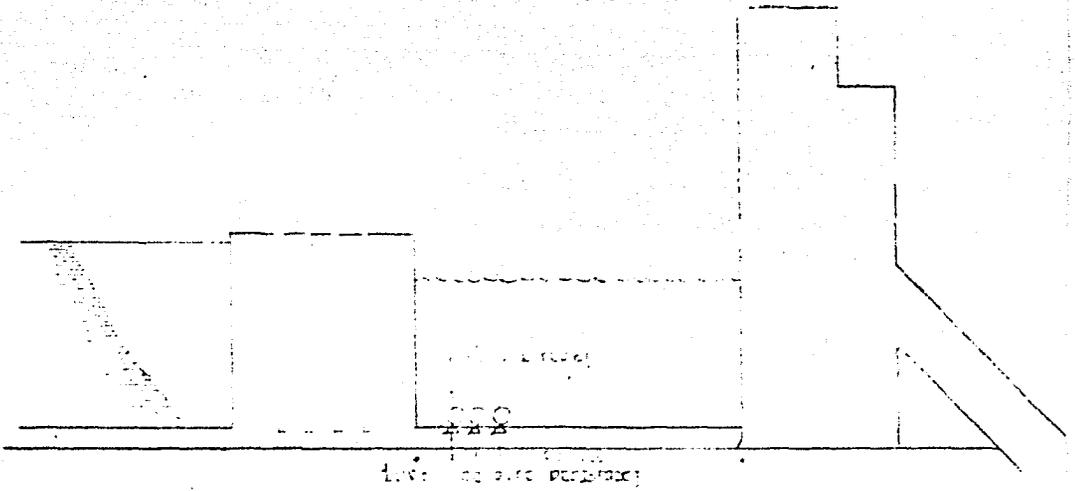


Fig. # (b) Cortina de aire para protección de estructuras.

CALCULO DE LAS CARGAS Y LOCALIZACION DE LAS MISMAS.

1) GENERALIDADES:

A) PRUEBAS INICIALES:

En principio, la diferencia del cálculo de una carga de demolición o zanjeo en tierra y una bajo agua, no es muy grande; sin embargo, en la práctica se ha visto la necesidad de basarse en voladuras subacuáticas de experiencias anteriores, cuando el tipo o las similitudes de trabajo fuesen las mismas.

No obstante el contar con una experiencia similar ó fórmulas aproximadas de cálculo, es indispensable efectuar voladuras parciales como pruebas, para obtener el rendimiento real y la máxima economía de un explosivo determinado sobre un material en condiciones específicas.

En toda voladura subacuática si quiere obtenerse éxito completo, debe seguirse la regla del párrafo anterior.

En Suecia se ha encontrado una variación de 150% a 400% en la cantidad de explosivos necesaria para volar un objetivo semejante al de tierra.

Por estos porcentajes tan altos y variados y por el costo de barrenación y de los explosivos; lo que puede parecer un gasto inútil a primera vista, es al final causa de una gran economía.

Las pruebas con voladuras parciales, adquieren mayor importancia cuando no se desea destruir ó desintegrar un material, sino que se requiere recuperarlo, fraccionandolo en piezas ó volúmenes más ó menos grandes, fáciles de manipular por el personal y la maquinaria, por ejemplo al desensamblar un barco ó si se requieren evitar movimientos innesarios de tierra ó rocas.

B). - SELECCIÓN DEL TIPO DE EXPLOSIVO:

En las voladuras bajo agua es de suma importancia la selección del tipo de explosivo para un trabajo determinado.

En capítulos anteriores se ha visto la variedad tan grande de explosivos que existen, sus diferentes propiedades y cualidades, es pues, necesario conocer perfectamente con que se cuenta en México, para poder determinar el explosivo -- que ejecute a menor costo un trabajo mayor.

Entre las cualidades que es necesario conocer son:

- a). - La velocidad de detonación ó en su caso la deflagración; pensando si el trabajo es de demolición, corte movimiento de tierra ó rocas.

Sabiendo que a mayor velocidad de detonación, el trabajo de un explosivo es más grande cuando se trata de desitegrar ó - reducir lo más posible las dimensiones de un objetivo, ya -- sean rocas, metales ó madera.

También son prácticos los explosivos rápidos cuando se trata de cortar piezas de metal ó madera en la recuperación de material de un barco hundido ó en el salvataje del mismo.

Esta propiedad puede mejorarse, alterando la densidad de - carga ó el confinamiento del explosivo durante su aplicación.

Los explosivos deflagrantes se utilizan cuando se busca además de la fragmentación un desplazamiento del objetivo.

b). - La sensibilidad. En voladuras subacuáticas ésta característica de los explosivos es determinante, ya que en la mayoría de los casos se efectúan los trabajos cerca de poblaciones o instalaciones portuarias, y se dió el caso, en una obra de líneas submarinas de conducción del drenaje de un puerto, que se prohibió el uso de explosivos sólidos, por el peligro que entrañaba su manipulación, movimiento y almacenaje. Substituyendo este explosivo por uno líquido, el cual es insensible mientras no se mezclen sus componentes, dicha mezcla siempre se efectúa en el momento y lugar en que se usa.

c). - Es obvio que la resistencia al agua es determinante para usarlo en una voladura subacuática, teniendo en cuenta que en la práctica se ha encontrado que se obtiene mayor economía y rapidez efectuando voladuras de gran envergadura, cuando se trata de la demolición total de un barco u objeto que estorbe a la navegación, ó en la excavación de un canal.

Este tipo de voladura tiene el problema de la larga permanencia de los explosivos y detonadores en contacto con el agua, por lo que debe asegurarse la resistencia de éstos, al agua.

Esta resistencia a la acción del agua varía considerablemente con la localización del explosivo, ya que éstos se alteran más rápidamente si son colocados en lugares donde haya movimientos o corrientes de agua, conservándose más, si el barrero está tapado ó el agua está estanca facilitando la rápida saturación de sales solubles de los materiales explosivos que están en contacto directo con ella.

Es necesario tener en consideración al emplear materiales muy resistentes al agua, el peligro latente que presentan - por no descomponerse, cuando se dejan por descuido ó falla bajo agua.

Al usarse gelatinas, es importante tener en cuenta el calor, pues a altas temperaturas las gelatinas se hacen pastosas - impidiendo ó haciendo más difícil la carga de los barrenos - aún con aparatos neumáticos, no lograndose la densidad de carga por metro calculada.

La tabla(II), nos dá una idea apróximada de la resistencia - al agua de los diferentes explosivos.

d) DETONACION POR SIMPATIA:

Uno de los factores que pueden alterar el éxito de una voladura sub-acuática y que muy pocas veces se le dá la importancia que tiene, es la fácil detonación por simpatía que poseen algunos explosivos.

Esta consideración hay que tenerla muy en cuenta en voladuras de gran envergadura, que como antes habíamos dicho, - son usadas cada día más por su economía, rapidez y sobre todo por el control que se tiene de los efectos y capacidades de los explosivos.

El Handbok I Bergsprängningsteknik nos dá la distancia de detonación por simpatía / no detonación por simpatía; en centímetros, de los explosivos Suecos.

TABLA II.

| VELOCIDAD DE DETONACION - DE LA CARGA - PRIMARIA | LFB cm | LF IV cm | LF 60 cm | GD cm |
|---|-----------|-------------|-------------|----------|
| ALTA | 60/65 | 65/70 | 65/70 | 85/90 |
| BAJA | 45/50 | 50/55 | 60/65 | --- |

Se considera en este cuadro, que la dinamita que ha sido cargada con aparatos neumáticos tiene una alta velocidad de detonación y que la experiencia se efectuó con cartuchos de 25mm de diámetro, suspendidos libre y paralelamente en el agua.

El problema de la detonación por simpatía, se asienta en lugares donde las rocas o terreno, tienen un alto grado de fisuración permitiendo que la onda de choque excite al barrenado más próximo, este efecto como es natural es más grave en el agua que en el aire, por sus características físicas.

Para el cálculo de las distancias de barrenación es importante además el no olvidar las distancias mínimas que nos da la tabla (II), para tener en cuenta la línea de menor resistencia.

Como protección al cargar, se recomienda, si es posible colocar las cargas alternadamente para que al cargar de nuevo, los explosivos ya hayan sufrido una alteración química, que atenue en algo su sensibilidad.

II) IMPORTANCIA DEL CALCULO.

La importancia del calculo de las cargas es obvio, ya que nos da una idea muy aproximada de la cantidad de explosivos que se van a necesitar, dato muy importante para la elaboración de antepresupuestos; no hay que olvidar que lo que nos va a dar el dato preciso, son las pruebas que se hagan en el lugar.

La elaboración moderna de explosivos y el control y conocimiento que se tiene de ellos, obliga a que toda voladura, principalmente las sub-acuáticas, sea dirigida por un técnico ó ingeniero, que conozca y domine los problemas tanto de buceo como de los mismos explosivos.

Esto redundará en una mayor economía, por el conocimiento directo del terreno donde se va a efectuar el trabajo y -- una reducción de accidentes.

III) EQUIVALENCIA DE TNT CON OTROS EXPLOSIVOS.

Las fórmulas que se van a tratar en los párrafos subsecuentes, estan dadas a partir de las cantidades y efectos que produce una carga de TNT.

Este valor hay que tenerlo muy en cuenta, para cuando se use otro tipo de explosivos y efectuar siempre el calculo con los factores dados en las tablas (No. 1) para obtener las cantidades requeridas de explosivos.

Este valor se obtiene, dividiendo la cantidad de explosivos (en peso), entre el factor de conversión.

IV) ATACAR . -

Uno de los elementos principales en toda voladura tanto en tierra como bajo agua, es el ataque.

Los efectos de los explosivos varían además del tipo que se use, la cantidad y distribución que se haga de ellos, así como su forma de encendido y el ataque que se les dé.

Es bien sabido que la energía desprendida por los explosivos sigue la línea de menor resistencia.

V) SACANTEO.

El empleo de la técnica de sacanteo es muy usado por la economía que representa el ahorro en barrenación y el poblado sucesivo en una roca ó manto de gran espesor, en determinado tipo de materiales como las pizarras estratificadas.

La técnica a desarrollar es la siguiente:

Se hace una barrenación hasta una determinada profundidad y después se colocan uno ó dos cartuchos de explosivos en el fondo, dependiendo del tipo de material, no se recomienda introducir más, porque la explosión puede obstruir la garganta del barreno.

Se detonan estos cartuchos con el sistema eléctrico ya que ha habido muchos accidentes con el uso de la mecha, puede utilizarse el cordón detonante; se procurará poner un taco adecuado para la protección de la garganta y para obtener mejor resultado; en caso de que se cuente con un compresor de aire, se seleccionará el material que pueda ser expulsado a base de presión, una columna de agua es muy práctica en estos casos.

Este proceso se repite tantas veces como se considere necesario para alojar la carga estimada, teniendo la precaución de no volver a cargar cuando menos en dos horas, a menos que se haya enfriado la cavidad a base de agua, por lo que - en voladuras subacuáticas, la columna de agua tiene la doble función, de taco y enfriador.

Es importante el no secantear cerca de barrenos cargados - por la posibilidad de que estos detonen por simpatía.

En la práctica se ha obtenido que un cartucho hace una cavidad para alojar de 6 a 8 cartuchos, pero desgraciadamente - este dato varía mucho, dependiendo de el tipo de material, - sin embargo debe colocarse una cantidad de explosivo tal, que no vaya a destruir nuestro barreno.

Se obtendrán mejores resultados si la carga se efectúa a base de presión de aire.

VI CARGAS DIRIGIDAS O FOCALES.

El empleo de este tipo de cargas es muy práctico, cuando no se cuenta con equipo de barrenación, esta técnica puede complementarse con la de secanteo.

Este método consiste en la proyección de una carga explosiva en un punto determinado; obteniendose una perforación lineal, en la que después se colocan los explosivos para demoler.

Estas cargas se pueden utilizar en concreto, acero o roca.

Tratamos más explícitamente este tipo de cargas en otra sección de esta tesis.

ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

Los accesorios para voladuras son productos o dispositivos empleados para:

- 1).- Ceban cargas explosivas.
- 2).- Para suministra o transmitir una llama que inicie una explosión.
- 3).- Para llevar una onda detonadora de un punto a otro ó de una carga explosiva a otra; estos accesorios se consumen en las voladuras.

Dividiremos estos accesorios en cuatro tipos:

Iniciadores,
Detonadores,
Mecha detonante,
y Detonantes reforzados.

INICIADORES: (fig.9)

La Mecha; es un accesorio en forma de cordón que tiene como misión, conducir el fuego a una velocidad continua y uniforme, a una carga explosiva, directamente en el caso de polvora negra, ó indirectamente, por medio de fulminante, si el explosivo es dinamita. La mecha consta de dos partes fundamentales: El núcleo formado de polvora negra, a base de nitrato de potasio y de un forro compuesto de varias capas de material textil y de impermeabilizantes.

La mecha se fabrica en dos tipos diferentes, clasificados por su velocidad de propagación; un metro de la primera, se consume aproximadamente cada 98 segundos y la segunda un metro cada 131 segundos, estas velocidades están consideradas cuando:

PROCESO DE
BLANCO

Hilos de
Centro

Pólvora
Negro

Hilada
de Yute

Hilada
de Algodón

.....
PROCESO DE
REVESTIDO

Base para
Impermeabilizante

.....
PROCESO DE
REVESTIDO

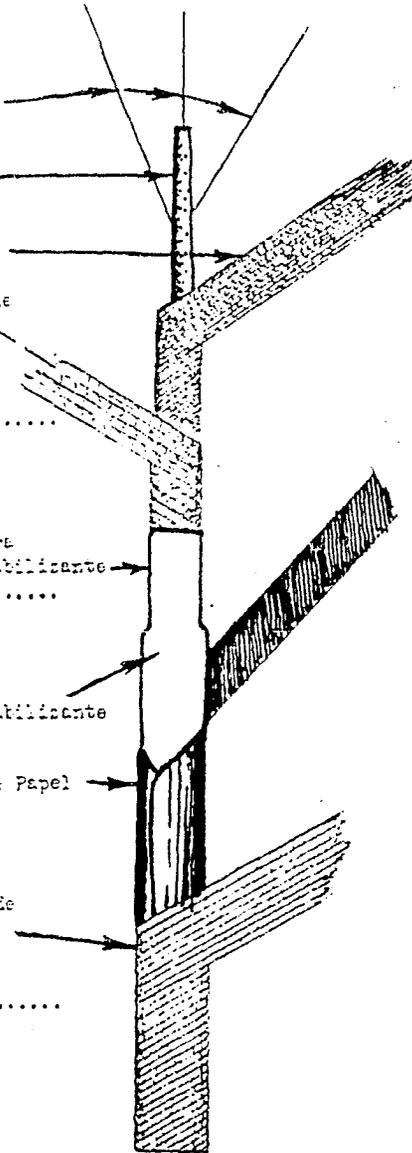
Impermeabilizante

Cinta de Papel

Hilada
de Algodón

.....
PROCESO DE
ACABADO

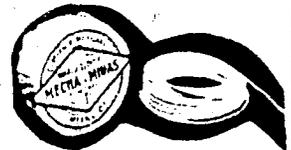
Blanco
e
Negro



ESQUEMA DE CONSTRUCCION

FIG. (9)

MECHA DE SEGURIDAD PARA MINAS



- a). - La mecha es nueva.
- b). - Su estado es perfecto.
- c). - Es usada al nivel del mar.

Como se ve claramente, estas condiciones en la práctica, - son imposibles de tener, pues el transporte, manejo y almacenamiento, afectan sus propiedades, razón por la cual toda persona que vaha a hacer uso de una mecha en una voladura - y sobre todo la empleada por un buzo, debe probarse antes - de usarse, por medio de escantillones.

Actualmente se fabrica en México la mecha marca Clover, - que viene en colores blanco y negro, siendo esta marca de - las más resistentes al agua. La velocidad que tiene la mecha hecha en el país es de 131 segundos.

ENCENDIDO:
(figs. 10)

La mecha puede ser encendida a base de un cerillo, siendo - esta la manera normal para cuando se tiene una sola mecha - en la voladura, en el caso de tener dos ó más, deben usarse los encendedores de varilla candente (parecidos a las luces - de bengala) ya que el encendido de una mecha con un cerillo, no es seguro ni instantaneo.

ENCENDEDORES BAJO AGUA.
(Fig.11)

Actualmente se cuenta con un encendedor bajo agua, sumamente práctico y útil para ser usado en demoliciones bajo agua ó - en cualquier clase de tiempo.

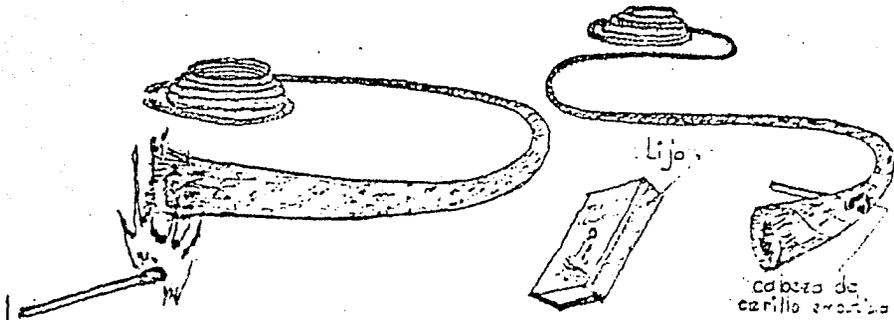


Fig. 10. Métodos de encender una mecha con cerillo.

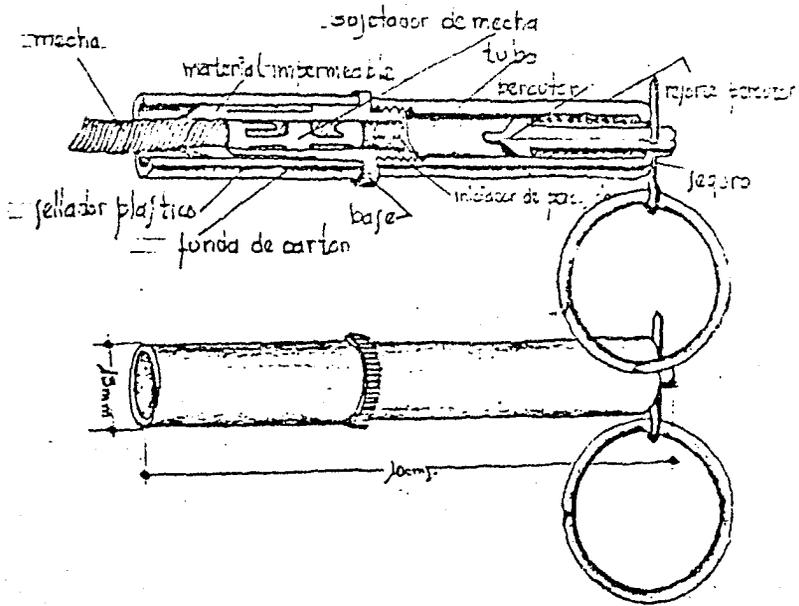


Fig. 11
Encendedor bajo agua..

Este consiste en un artefacto en forma cilíndrica de 10 cm. - de longitud, con una pequeña argollita en un extremo y en el otro un tubo de cartón. La primera nos sirve para sujetar un - perno, el cual detiene a su vez una aguja que tiene un resorte.

Al jalar la argolla, la aguja golpea un compuesto químico, que por el impacto se enciende.. prendiendo a su vez la mecha. -

La mecha se introduce por un extremo opuesto al percusor quitando previamente el tubo de cartón; en el orificio por donde se introduce la mecha, existe un reten para evitar que esta salga.

El encendedor bajo agua, tiene también, un compuesto plástico moldeable a prueba de agua, con el que se cubre la mecha y se tapa el orificio por donde se introdujo ésta, evitando así que el agua penetre dentro del encendedor y moje la mecha, imposibilitando su encendido.

Es muy recomendable que las cargas encendidas a base de -- material no eléctrico, sean ejecutadas lo más pronto posible, después de terminar el tendido correspondiente, ya que, aunque se tomen todas las precauciones, se puede fallar una voladura, por una mecha húmeda, ó una mecha, que no tuvo el contacto suficiente con el material de encendido

METODO PARA USAR EL ENCENDEDOR BAJO AGUA.

El modo para usar el encendedor bajo agua, es el siguiente:

a). - Se introduce la mecha en el reten y este se empuja con una ligera presión dentro del encendedor, con el objeto de - tener un mayor contacto entre la mecha y la carga de encendido; no debe olvidarse la precaución de cortar unos 10 cm. la mecha en su extremo, para garantizar que la punta no esté húmeda ó en mal estado.

b). - Se aplica el material plástico, a prueba de agua, para sellar el encendedor.

c). - Se detiene con la mano izquierda el encendedor firme -- mente, sujetando con el dedo pulgar e índice, la mecha, con el objeto que al jalar la argolla, no se vaya a desprender ó a mover esta última. El índice de la mano derecha se introduce dentro de la argolla, y después de ver que todo está en orden y no hay buzos ó persona cerca de las cargas, se jala la argolla.

EL IGNITACORD:

Es otro accesorio muy útil para encender una mecha, este - consta de un cordón conteniendo material inflamable, que al acercar un cerillo se prende, manteniendo una pequeña flama exterior, que recorre el cordón a una velocidad constante, - como en la mecha. Se fabrica en dos tipos: El tipo A con - una velocidad de combustión de 26 a 33 segundos, y el tipo B - con una velocidad de 52 a 65 segundos.

Para encender la mecha se usan unos conectores especiales, - que pueden ser utilizados bajo el agua; ya que estos son fabricados de tal manera que el Ignitacord al pasar por ellos, preñ de un compuesto químico y este a su vez, la mecha que viene protegida como en un fulmirante.

DETONADORES.

GENERALIDADES.

Los explosivos usados bajo el agua, tales como las gelatinas y el plástico, así como la mayoría de los explosivos usados actualmente, necesitan de otro explosivo con mayor sensibilidad para ser detonados; a estas pequeñas cargas se les denomina detonadores; entre los detonadores tenemos a los fulminantes ó capsulas, a los estopines eléctricos y al primacord.

FULMINANTES: Los fulminantes, son casquillos o pequeños tubos que vienen cubiertos por un extremo; estos casquillos, se construyen a base de aluminio ó cobre, existiendo varios tipos entre ellos. (fig. 12.)

Los fulminantes, contienen los siguientes elementos:

En el extremo cerrado del fulminante se encuentra el explosivo que va a servir de detonante, éste consta de uno ó varios explosivos de gran sensibilidad que generalmente es de tetrilo, a continuación viene una carga cebadora de azida de plomo y finalmente la carga de ignición, la cual está en contacto con la mecha.

Los fulminantes se fabrican en dos tipos en México, el #6 de 35 mm. (1 3/8") de largo y el #8 de 38 mm (1 1/2") ambos son instantaneos y tienen un espacio de unos 2 cm. para que se introduzca la mecha.

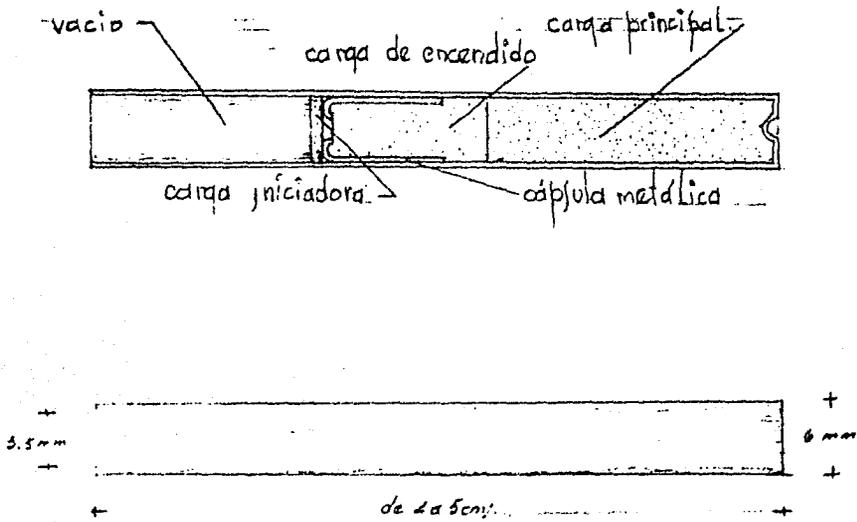


Fig. 12. Fulminantes ó capsulas.

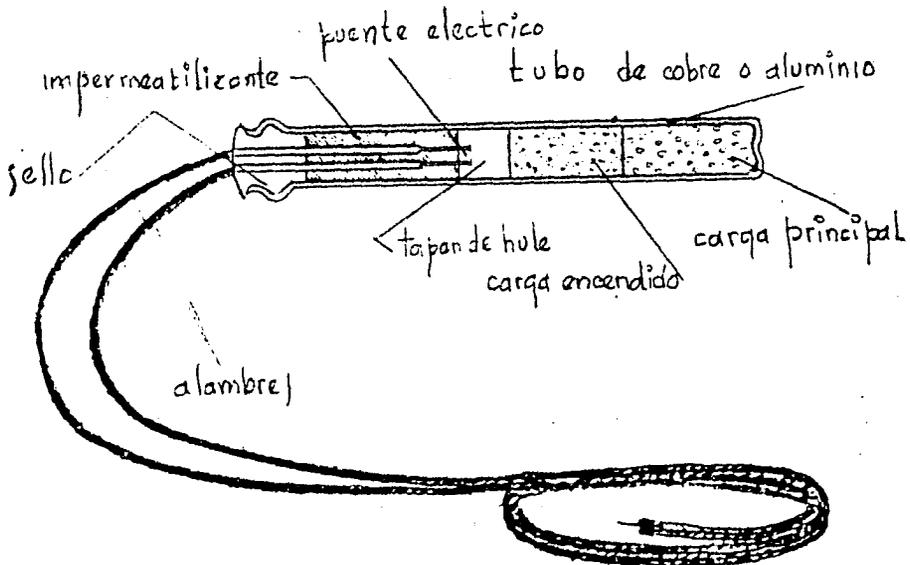


Fig. 13 Estopín Eléctrico.

El método de rotación ó cargas no simultaneas se obtiene - variando la longitud de las mechas ó usando el ignitacord - como encendedor, como antes se dijo, no debe practicarse el uso de encendido de varias mechas simultaneas ya que su encendido no es automatico y a veces se pierde tiempo en - encender una de ellas.

Se emplean de la siguiente manera: Se introduce la mecha - preparada dentro de la cápsula y se retienen ambos con la - mano izquierda, sujetando la mecha entre los dedos indice - y cordial, ejerciendo una ligera presión para obtener mayor contacto entre la mecha y la carga de encendido, en la ma- no dercha se tiene las pinzas especiales, con las cuales se sujeta la mecha a la capsula a una distancia de 5 ó 6 mm. - del extremo abierto de la capsula, se gira unos 90° las pin- zas y a una distancia de 3 ó 4 mm. de la anterior, se opri- - men las pinzas obteniendo así un sello contra el agua.

Es muy recomendable que las cargas detonadas a base de - cápsulas y que van a usarse bajo agua ó en lugares húmedos - se detonen inmediatamente.

Nunca debe tratarse de desarmar una capsula ó estopín, ya - que la carga explosiva es muy sensible y puede estallar con - un golpe o presión fuerte.

La capsula del # 6 es suficiente para detonar los explosivos fabricados en México; para el explosivo plástico, se puede - usar la #6, per es más recomendable el uso de la # 8 .

ESTOPINES ELECTRICOS: Los estopines eléctricos consis- ten en pequeños tubos de pared delgada de material anticorro- sivo, aluminio ó cobre de diferentes longitudes y de unos 5mm de diámetro los cuales contienen una carga explosiva de mate- rial sensible tal como el tetrilo o petn. (fig. 13.)

Los estopines electricos estan hechos de la siguiente manera:

En su extremo contienen la carga detonadora de tetrilo ó petn, a continuación viene la carga de cebo y de encendido dentro de la cual están las terminales de los alambres, unidas por un puente de alambre delgado anticorrosivo, después viene un tapón de hule que mantiene a los alambres separados, en seguida viene un compuesto a prueba de agua y en el extremo un tapón comprimido con rebordes hechos a presión, de este extremo salen los alambres forrados de plastico.

Trabajan de la siguiente forma: Al aplicarse la corriente, el puente de alambre más delgado se pone incandecente provocando la ignición de la carga de encendido, esta a su vez la de cebo y finalmente la carga detonante.

Los estopines eléctricos se dividen en dos grupos, el de tipo instantaneo y los estopines de tiempo.

Los primeros como su nombre lo indica detonan al instante de aplicar la corriente y los segundos tienen un retardador calibrado que nos dá el tiempo calculado de retardo.

Estopines de tipo instantaneo: Estos detonadores, vienen también por números, el número 6 de 28 mm. (1 1/8") de longitud que es el más usado y el número 8 de 32 Mm. (1 1/4") de mayor potencia, para explosivos menos sensibles que los ordinarios.

Los alambres de los estopines vienen de diferentes medidas que van de 1.83 a 9.14 m (6 a 3 pies), cada estopín como se dijo viene con dos alambres, que para facilitar su conexión, su recubrimiento plastico es de diferente color, uno rojo y uno amarillo; en las instalaciones de los circuitos, deben acoplarse los alambres de un mismo color entre si.

El método correcto de unir dos alambres de un estopín es - el que muestra la figura (14)

En el caso de que la voladura sea en un lugar especial, como minas de carbón, trabajo sismológico, hornos, etc, existen estopines especiales fabricados para esos usos en particular.

ESTOPINES DE TIEMPO: Los estopines eléctricos de tiempo se diferencian de los instantaneos en que tienen un elemento retardador y que sus alambres vienen en color azul y amarillo.

Se fabrican en dos tipos, los ordinarios y los MS. los estopines de tiempo ordinario, tienen una longitud que varía entre 5 cm. a 11.5 cm. (2" a 4½") variando el retardado de un segundo a dos con intervalos de décimos de segundos.

Los estopines MS, se diferencian de los primeros en que los intervalos de retardo son muy cortos ya que se miden en milisimos de segundos, los cuales vienen especificados en los números precedidos por las letras MS, por ejemplo MS - 25 MS - 250, MS - 500.

Otra nomenclatura usada es la siguiente: Dentro del marbete que traen los estopines de retardo, viene marcado las letras MS, el retardo en milisegundos y el número de retardo correspondiente a la fabricación de estopines de tiempo, por ejemplo: el MS-25 le corresponde el número 1, al MS 100 - el número 4 y así sucesivamente a partir del MS - 25, cada 25 milisegundos le corresponde un número sucesivo.

Las ventajas de los estopines de tiempo MS, son las siguientes:

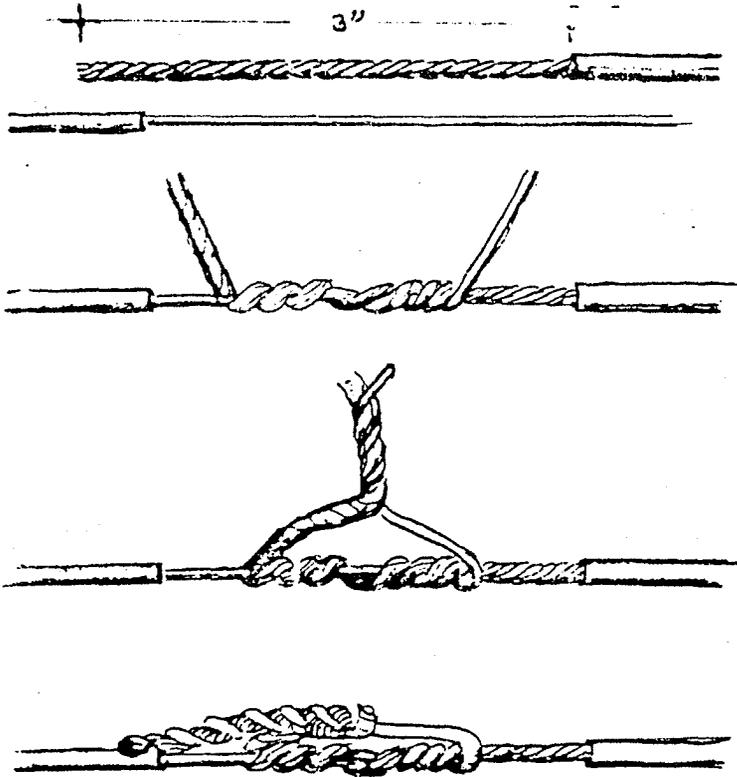


FIG. # 14. Método de amarre de los alambres de los estopines.

- a). - Mejor fragmentación.
- b). - Reducción de chicolones
- c). - Menor vibración.
- d). - Control de lanzamiento del material.
- e). - Disminución de la cantidad de explosivos y por consiguiente mayor economía.

DESVIADORES DE SEGURIDAD (SHUNTS): Los desviadores de seguridad consisten en una laminita de aluminio con revestimiento de celofán en una cara, la cual envuelve a los alambres desnudos por la cara de celofán.

Estos desviadores son indispensables ya que ponen en corto circuito a los dos alambres, evitando así que una corriente eléctrica extraña, haga funcionar el puente eléctrico de los estopines.

Al estar conectando el circuito, debe tenerse la precaución de no quitar los desviadores, hasta el momento de hacer la conexión entre estopines y la conexión final a los cables principales.

PRIMACORD

El primacord es un cordón detonante que ha venido a solucionar muchos problemas y a facilitar sobre manera las voladuras bajo agua, haciéndolas más rápidas y seguras. (fig. 15)

El cordón detonante consta de un núcleo de pentaeritritol -- (niperita) cubierta por una capa de algodón, sobre ésta una capa de asfalto y cubriendo esta capa varias envolturas de rayón, ó material plástico.

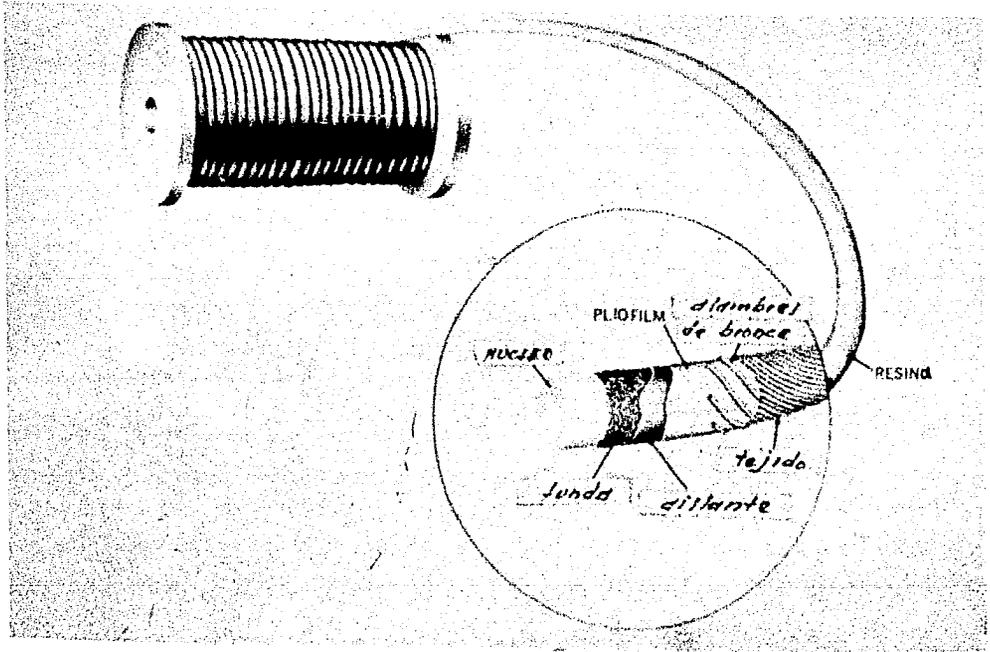


Fig. 15 . - Primacord.

El primacord tiene una velocidad de detonación de 6400 m por segundo y la fuerza necesaria para detonar cualquier explosivo.

La gran ventaja que tiene este material es que puede trabajar en cualquier condición de temperatura y aún completamente húmedo, con la única condición que la parte donde se inicie la detonación este seca. Es un material muy flexible y poco sensible y las corrientes extrañas no lo afectan.

Para iniciar la detonación se puede emplear las capsulas ó fulminantes, los estopines eléctricos y solo en el caso de que todo el cordón este húmedo, se puede emplear un reforzador especial para primacord ó en su defecto $\frac{1}{2}$ cartucho de gelatina de Alta Velocidad 80% de 1 1/4" x 8", ninguna otra dinamita nos dá seguridad para detonar el primacord.

Los estopines ó fulminantes para detonar el primacord deberán colocarse, en dirección de la propagación de detonación, esto es muy importante ya que si el estopín se oriente hacia la punta, puede fallar la voladura; el fulminante ó estopín, debe unirse firmemente al primacord por medio de cinta aislante ó material parecido.

En el caso de tener que unir dos tramos de primacord, ó derivar de una línea principal líneas secundarias, deberá unirse como muestran las figuras. 16 y 17.

Las conexiones deberán hacerse a 90°.

Se pueden colocar cualquier número de líneas secundarias cuando se trabaja con primacord, sin embargo, nunca debe conectarse a la línea principal una secundaria, en el lugar donde hay un nudo de aumento en la línea principal.

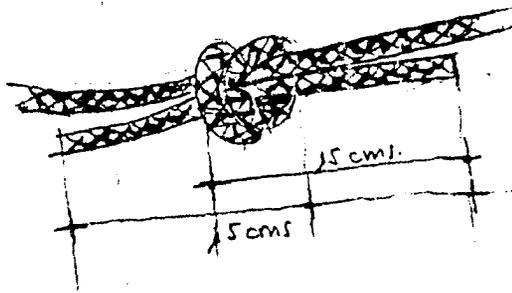
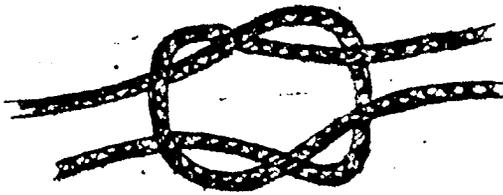


Fig. 16. - Unión tipo Ballestringe.

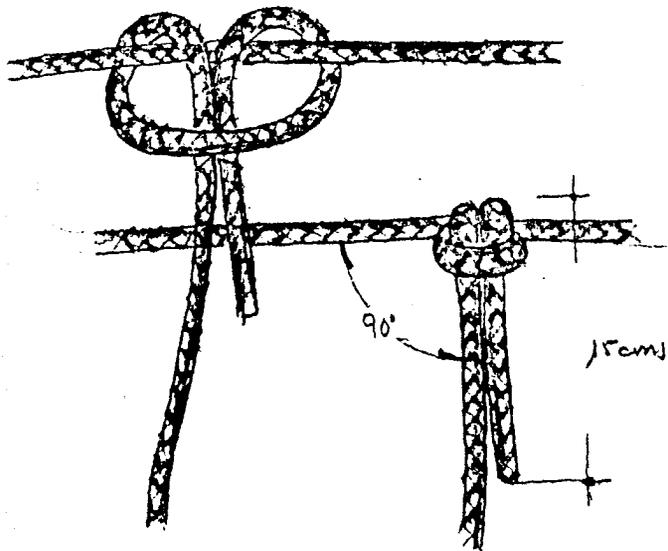


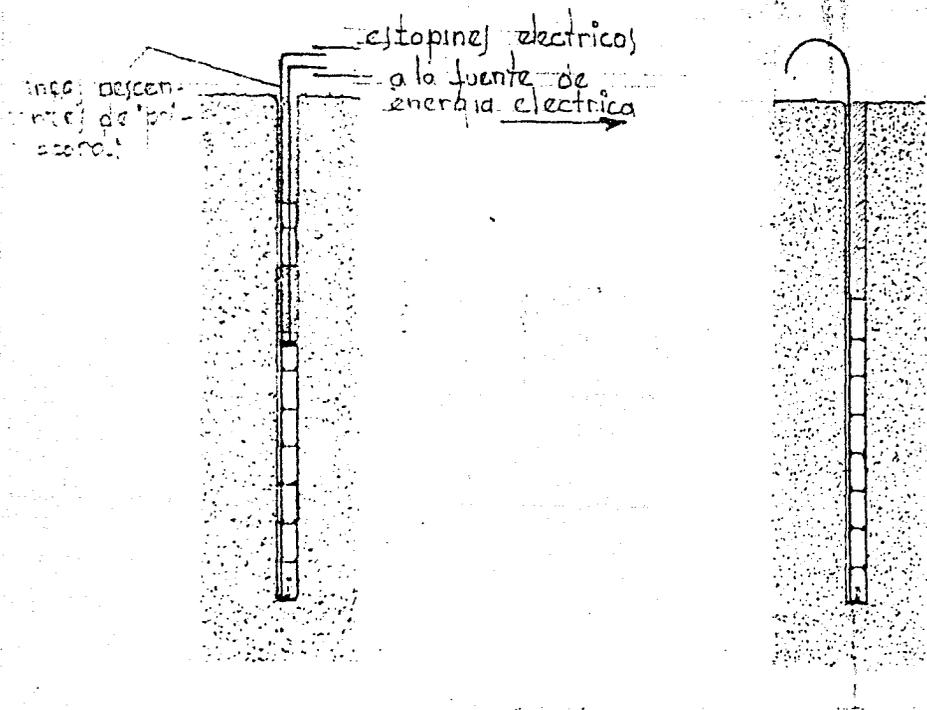
Fig. 17. - Unión a línea principal.

La unión del primacord con las cargas deberá hacerse como lo muestran las figuras (18 y 19)

El primacord se obtiene en México, en seis tipos diferentes, cuya diferencia entre ellos, es el recubrimiento exterior que los hace inalterables a determinadas temperaturas y cambia sus resistencia a la tensión para usarse en trabajos específicos.

El primacord puede ser: Sencillo, Reforzado, Forrado de alambre, #40 Reforzado con plástico, #54 Reforzado con plástico, RDX Reforzado con plástico.

Su velocidad media de detonación es la misma en todos los tipos.



Figs. 18 y 19 Forma de cargar barrenos a base de primacord.

ADITAMENTOS PARA VOLADURAS.

Los aditamentos para voladuras se diferencian de los accesorios, en que estos últimos se destruyen en el momento de la explosión y los primeros nos sirven para varias voladuras.

PINZAS CORRUGADAS DE FULMINANTES:

Las pinzas corrugadas son un aditamento indispensable en toda voladura, ya que para fijar la mecha al estopín por medio de dos corrugaciones no debe emplearse otra herramienta por ningún motivo. (fig 20)

Las pinzas de mano son fabricadas de un material suave y que no produce chispas a la fricción. Dado el tipo de material con que estan fabricadas, no deben usarse más que con el fin con que fueron hechas.

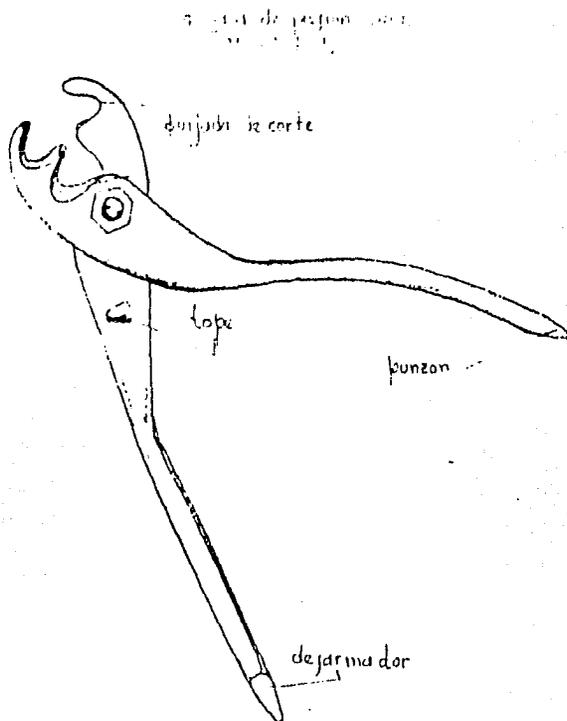


Fig. 20. - Pinzas especiales.

Las pinzas de mano, además de servir para hacer las corrugaciones, tienen en la parte inferior de las quijadas un orificio con las orillas afiladas para poder cortar la mecha ó el primacord. Uno de los brazos termina como desarmador y el otro como punzón; para agujerar los cartuchos de dinamita.

MAQUINAS CORRUGADORAS:

Cuando se tiene muchos cartuchos por corrugar y hay voladuras continuas, se puede utilizar una máquina especial para este fin, la cual hace una unión entre mecha y fulminante completamente impermeable.

TIPOS DE MAQUINA EXPLOSORAS:

Existen muchos tipos de maquinas explosoras que venden las diferentes casas comerciales que se dedican a la venta de explosivos. (figs. 21 y 22)

Dentro de estos tipos hay características y limitaciones en cada uno de ellos, que nos determina la maquina que debe usarse en cada voladura.

Una de limitaciones que se han encontrado en la práctica, es la de que no es recomendable las voladuras de más de 50 estopines en serie, no importando el tipo ó capacidad de la maquina explosora.

Existen máquinas explosoras del tipo de descarga de condensador, que son muy prácticas por su ligereza, ausencia de partes móviles, tienen una luz piloto, que indica cuando la máquina está cargada y lista para la voladura, es impermeable y por lo tanto útil para su uso en voladura sub-acuática.

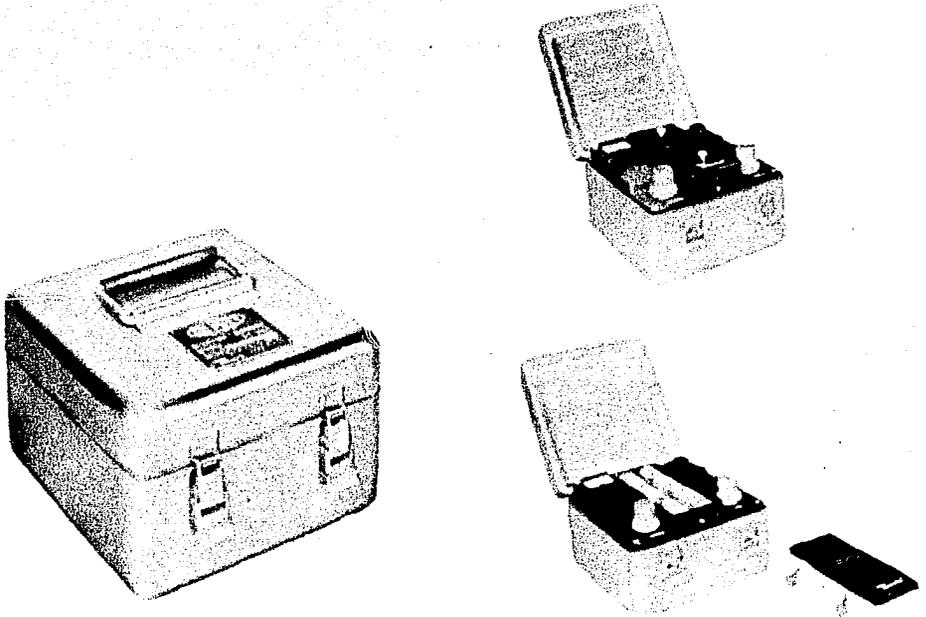


Fig. 21- Tipos de Máquinas explosoras.

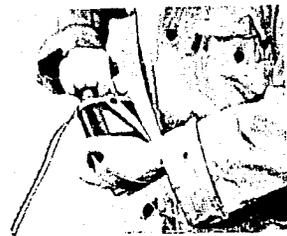
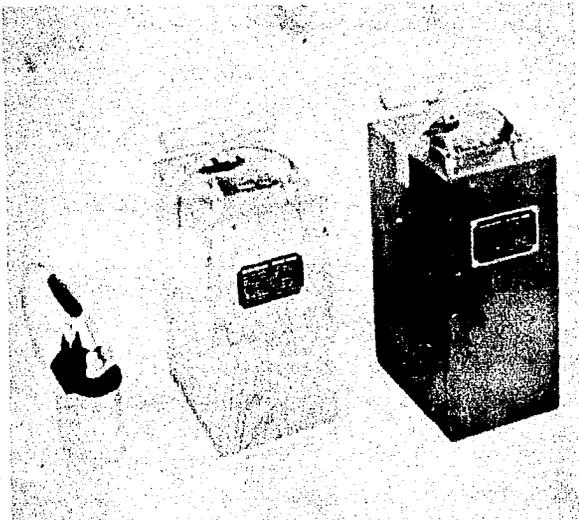


Fig. 22. - Tipos de Máquinas explosoras.

El siguiente cuadro (III) contiene las especificaciones generales de estos tipos de máquinas:

CUADRO III
 CARACTERISTICAS DE LAS MAQUINAS EXPLOSORAS TIPO _
 DESCARGA DE CONDENSADOR

| MODELO | Voltaje Asignado | CAPACIDAD CON ALAMBRES CON DUCTORES CUYA RESISTENCIA NO EXCEDA DE 3.0 OHMIOS | | | |
|---|---------------------|--|--------------|-----------------------|---|
| | | SERIES DIRECTAS | | | |
| | | Vol. Prim. | Vol. Sec. | Paralelos Directos | Series Paralelas |
| CD-12 Peso 4lbs. (1.81 Kgs) Ancho 4" (0.10 Mts) Largo 5 $\frac{1}{4}$ " (0.13 Mts) Alto 7" (0.18 Mts) | 120 | 20 | 30 | NR* | NR* |
| CD-32 Peso 22 lbs. (9.98 Kgs) Ancho 9 $\frac{1}{2}$ " (0.24 Mts) Largo 9 $\frac{1}{2}$ " (0.24 Mts) Alto 10 $\frac{1}{2}$ " (0.27 Mts) | 320 | 50 | 125 | 30 | 480 (10 series de 48) (12 series de 40) |
| CD-48 Peso 27 lbs (12.25 Kgs) Ancho 9 $\frac{1}{2}$ " (0.24 mts) Largo 11" (0.28 mts) Alto 12 $\frac{1}{4}$ " (0.31 mts) | 480 | 50 | 200 | 60 | 1,200 (24 series de 50) (30 series de 40) |

*NR Significa que no es recomendable para ese uso.

Existen además las de tipo generador, comunmente llamadas De vuelta o Cremallera, pueden detonar estopines en serie directa y bajo ciertas condiciones, disparos en series paralelas, pero nunca deben usarse para disparos paralelos directos.

El inconveniente de algunas máquinas de este tipo es el de que sus cajas no son impermeables.

MAQUINAS DE VUELTA: Las máquinas explosoras de vuelta son de tipo pequeño pero muy prácticas ya que son impermeables y ligeras; detonan con seguridad 10 estopines en serie. (22)

APARATOS DE PRUEBA.

GALVANOMETRO:

El galvanometro es un aparato que se usa para medir la resistencia eléctrica de un material ó un circuito, ésta última aplicación se aprovecha en las voladuras en donde se va a detonar con estopines eléctricos. (fig. 23)

Este aparato indispensable en toda voladura consta, de un electromagneto, una pila de cloruro de plata, una escala, una aguja indicadora y dos bornes para conectar los cables que sobresalen de la caja de pasta, que contiene los anteriores elementos.

La corriente emitida por el galvanómetro en las pruebas es aproximadamente igual a un décimo de la energía necesaria para detonar un estopín; por esta razón, es muy importante

usar únicamente pilas a base de cloruro de plata, especiales para voladuras, ya que si se conecta una pila común y corriente puede detonar a la hora de la prueba, la carga de explosivos.

La deflexión en la aguja indicadora depende de la resistencia del circuito que se prueba.

USO: El Galvanómetro debe manipularse con cuidado, ya que es un aparato delicado; para probar el estado de la pila, basta con poner una pieza de metal sobre los dos bornes; la deflexión de la aguja debe ser muy amplia, en caso contrario, hay que cambiar la pila, con la precaución antes mencionada.

VOLTIÓMETRO.

Este es un aparato muy útil en las voladuras, ya que reúne en sí, las cualidades de medir la resistencia de los circuitos y comprobar los voltajes de los mismos.

Con este aparato se deben seguir las mismas precauciones en el cambio de batería, que se utilizaron en el galvanómetro.

El voltímetro cuenta para medir el voltaje, con tres escalas para corriente alterna y tres para corriente directa y para medir la resistencia tiene dos escalas más.

REOSTATO.

El Reostato sirve para probar las máquinas explosoras de cremallera a base de bobinas, que sustituyen en resistencia a un número determinado de estopines.

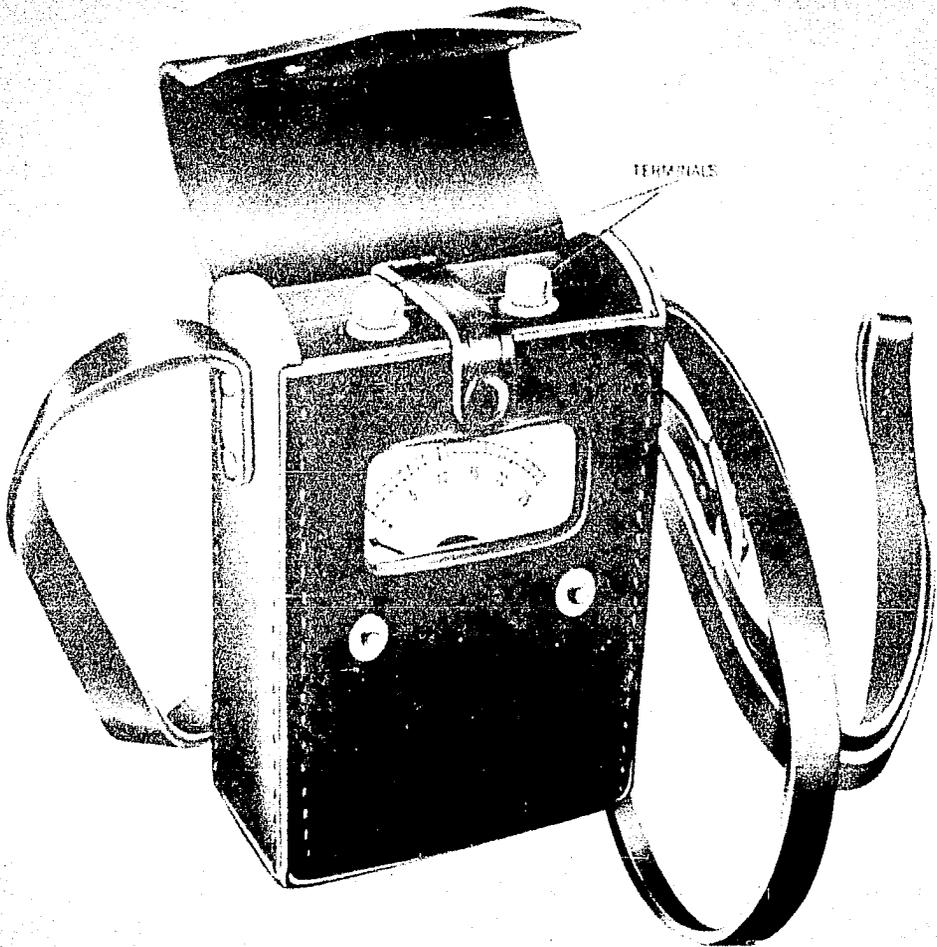


Fig. 23. - Galvanómetro.

DISTANCIA DE PROTECCION DE UN BUZO DE UNA VOLADURA Y EFECTOS QUE PRODUCE EN EL.

Considerando la necesidad de conocer, los factores y efectos - sobre el cuerpo de un buzo, en el caso de una explosión bajo - agua, por su mejor defensa y protección, describiremos los -- principales elementos que intervienen en un accidente de esta naturaleza.

- a). - Proximidad de la explosión.
- b). - Cantidad de explosivos.
- c). - Protección del buzo.
- d). - Tipo y características del fondo.
- e). - Tipo de explosivo.

a). - Proximidad de la explosión: Es natural que el buzo se vea más afectado cuanto más cercano se encuentre a la explosión, - ya que la energía que lleva la onda de choque, varía inversamen- te proporcional a la distancia, disminuyendo conforme se aleja de su lugar de origen. Más adelante veremos las ondas de presión que se forman con una carga determinada.

b). - Cantidad de Explosivos; A mayor cantidad de explosivos, - la energía liberada es más grande y por consiguiente más peli- - groso para el buzo; existe una fórmula usada por la Marina de -- los Estados Unidos, que nos determina la distancia a la que una cantidad determinada de TNT, puede afectar a un buzo, conside- rando que una presión de 500 libras por pulgada cuadrada, es su- ficiente para dañar los intestinos y pulmones de un hombre, vari- ando este efecto en cada individuo: a mayores presiones el efec- puede ser mortal.

$$d = \frac{13\,000 \sqrt[3]{w}}{p}$$

DONDE:

d = distancia del buzo a la explosión en pies.

p = Fuerza en libras por pulgada cuadrada.

w = Peso del explosivo en libras.

Esta misma fórmula transformada al sistema métrico decimal es la siguiente:

$$d = \frac{363 \sqrt[3]{w}}{p}$$

DONDE:

d = Distancia del buzo a la explosión en metros.

p = Fuerza en Kg/cm²

w = Peso del explosivo en Kg.

El efecto producido por una explosión en el cuerpo humano es parecido al de un gran squeeze, dañando las partes blandas ó aquellas que tienen espacios con aire, como son los pulmones, los intestinos, la cabeza y el sistema nervioso, la parte ósea no se afecta.

La razón de este efecto se debe, a que el aire y las diferentes partes del cuerpo, igualan ó reflejan la presión ejercida a distintas velocidades, provocando diferencias de presión que aunque muy rápidas son muy fuertes, causando la muerte del buzo como antes habíamos dicho, cuando la presión es superior a los 35 Kg/cm². Esta diferencia de presiones es notoria, al llegar al cono de energía de una voladura bajo agua a la superficie.

c). - Protección del buzo: La mejor protección en una voladura - bajo agua, es la de sacar la mayor parte del cuerpo del agua, ó si es imposible salir, se debe proteger las partes más delicadas adoptando una posición de enroscamiento. en tal forma, que nuestra parte trasera inferior. quede más cerca del foco de la explosión.

d). - Tipo y Características del Fondo: El tipo de material del fondo en una voladura bajo agua. puede aumentar los efectos de una explosión, ya que si el terreno es duro y compacto, refleja la energía.

e). - Tipo de explosivo: Los efectos de una voladura bajo agua - sobre el cuerpo humano. dependen también del tipo de explosivo, ya que un explosivo rápido produce una onda de choque que aunque más fuerte, su duración es menor. mientras que un explosivo lento produce un efecto menos intenso, pero de mayor duración, causando este tipo de explosivo. a veces, mayores daños, que el explosivo rápido.

Dado lo peligroso de este trabajo, como se ha explicado, y la ausencia de protección en todo momento para el buzo, la única precaución que se debe tomar, es la de no permitir que haya buzos ó nadadores en la zona, en el momento de la explosión, redoblando todas las reglas de seguridad que existen para una voladura en tierra.

VOLADURA CON CORRIENTE ELECTRICA.

En demoliciones ó voladuras de tierra ó bajo agua, es muy - conveniente el uso de la corriente eléctrica para encendido, - por la seguridad y el control del tiempo, el número de cargas que se pueden detonar al unísono, la posibilidad de probar los circuitos antes del encendido, la economía en algunos tipos - de voladuras, etc.;, propiedades y cualidades que deben aprovecharse observando mayores precauciones y cuidados que en las voladuras encendidas con mecha.

Antes de entrar en el cálculo de un circuito en especial debemos de considerar las diferentes fases de una voladura con estopines, para que ésta tenga éxito.

- 1). - La selección y disposición del circuito de voladura.
- 2). - Conexión de los alambres y protección de las conexiones
- 3). - Prueba de circuito.
- 4). - Selección de una adecuada fuente de energía, en tipo de corriente y fuerza de la misma.
- 5). - Protección del circuito de voladura contra la electricidad extraña.

TIPOS DE CIRCUITO.

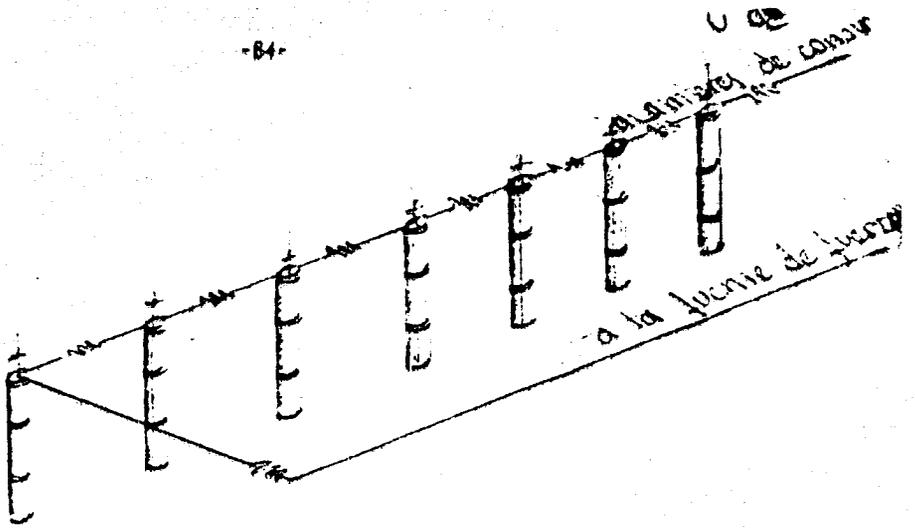
1). - Circuito en Serie. - Es aquel circuito que hace que la corriente siga un solo camino, detonando los estopines

Este se forma, uniendo progresivamente los alambres de un mismo color de un estopín con el siguiente, hasta que todos ellos esten conectados en serie. (fig. 24)

Un circuito en sere no debe contener en la práctica más de - 50 estopines, independientemente de la cantidad de energía -

4

-84-



5

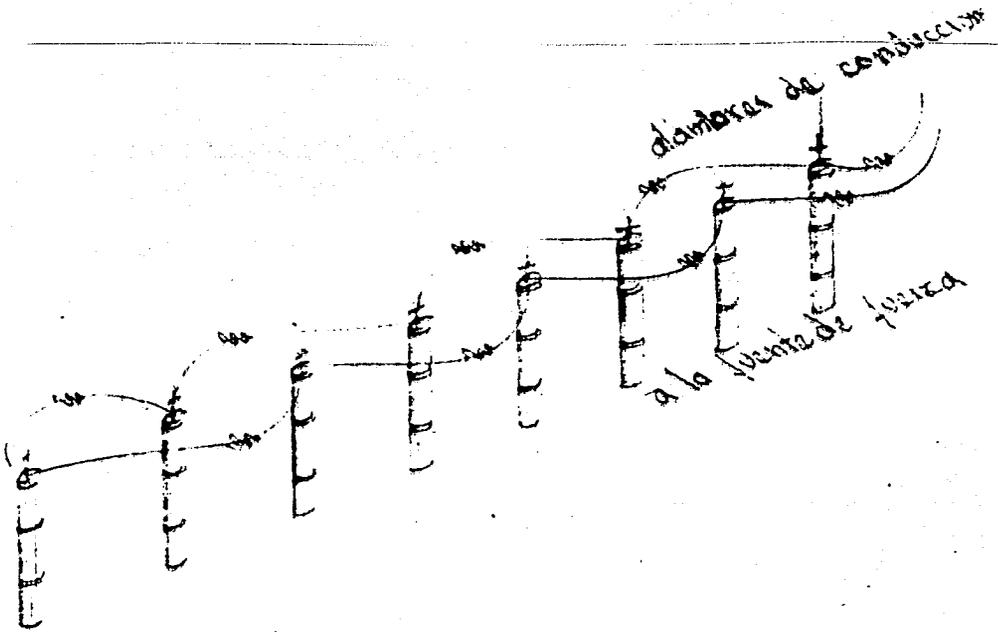
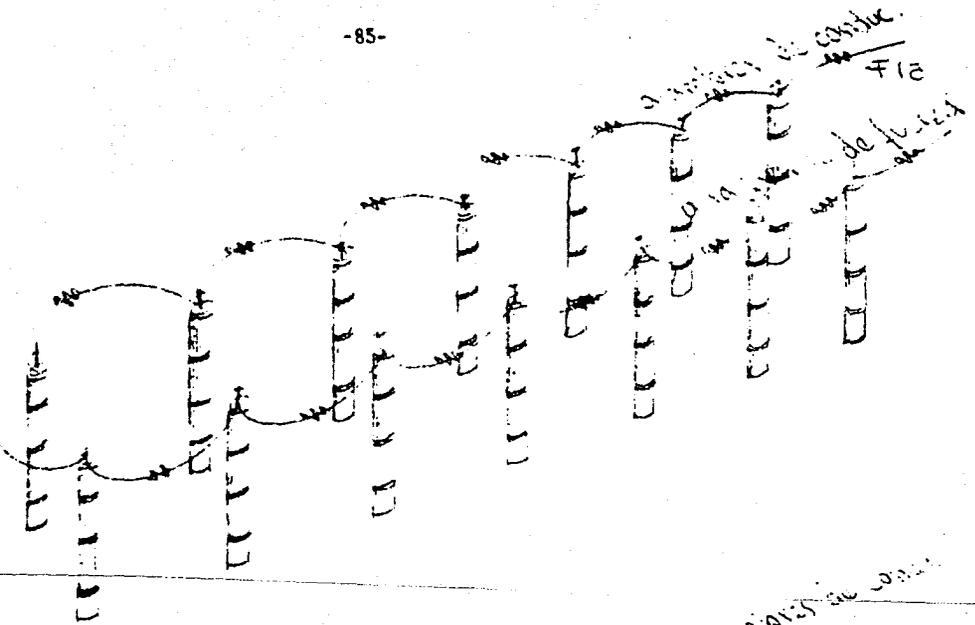


fig. 24 Dos métodos de conectar una sola línea de Barrenos en serie.



(A)

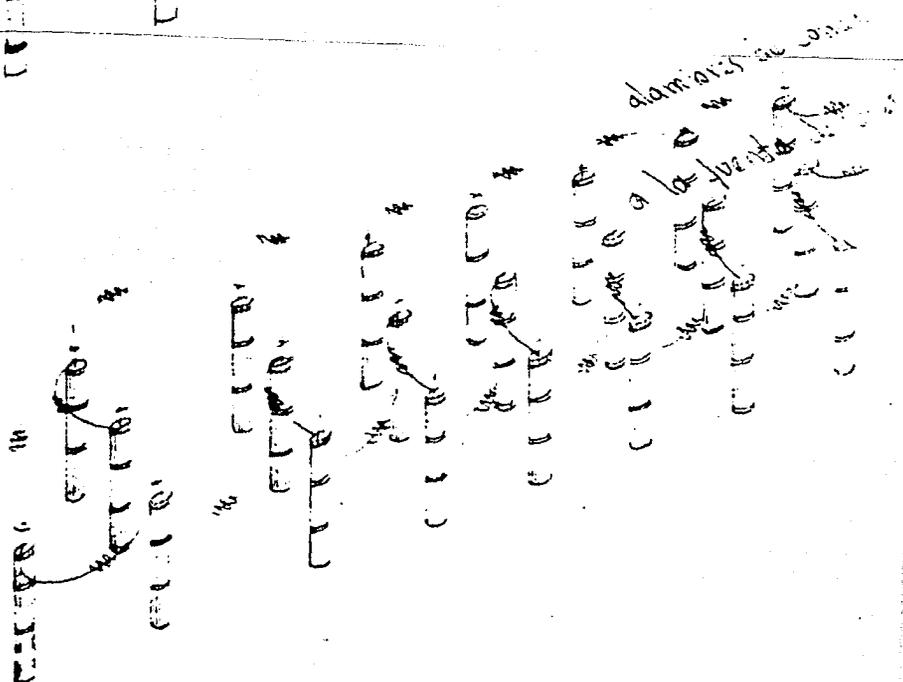


Fig. 25. Metodo de conector (arriba) Dos y abajo, Tres lineas de Damas en serie.

que se disponga, en caso de tener mayor número de estopines, se debe usar otro tipo de circuito.

2).- Circuito en Paralelo. es aquel en que la corriente sigue varios caminos; conducida de la fuente de energía por dos cables (línea principal), a los cuales se le unen dos cables (línea secundaria, conectándose estopín por estopín a ambos cables. (fig. 25)

3).- Circuito en Series Paralelas. -consiste en grupos de estopines conectados en serie entre sí y los extremos de los grupos conectados a sendos cables de la línea secundaria. Por consiguiente la diferencia entre un circuito en paralelo y un circuito en series paralelas estriba; que en el primero, existe una sola carga conectada a los cables secundarios y en el segundo, se conectan grupos de cargas. (fig. 26)

Cuando se empleen circuitos en series paralelas, debe tenerse precaución en utilizar solamente circuitos balanceados, para obtener una voladura más segura y eficiente, lográndose éste balance, cuando se coloca el mismo número de estopines en cada grupo de cargas conectadas en serie, para obtener una resistencia igual en cada rama del circuito.

Cuando la cantidad de explosivos colocados, es considerable, los cables que unen las cargas en serie con los cables secundarios, deben ser lo suficientemente grandes, para que la explosión de un grupo, no corte el paso de la corriente que viene de la fuente de energía por los cables secundarios, la cual debe alimentar los demás grupos.

(A)

-87-

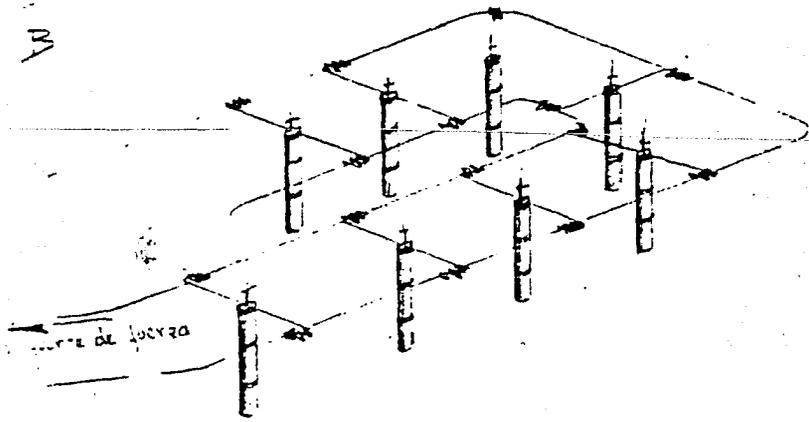
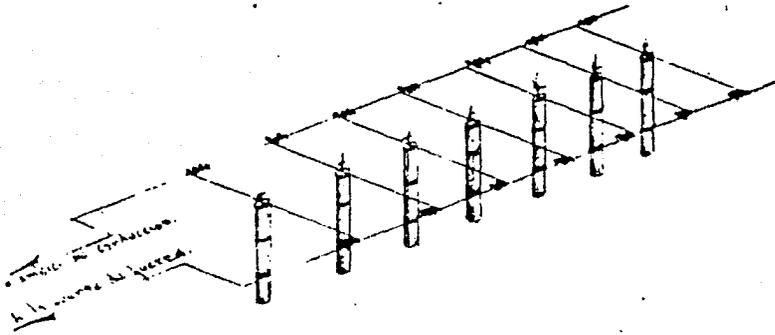


Fig. 20. Método de conectar en paralelo.
directo A, Barrenos en línea B. Su apli-
cación en Barrenos de túnel.

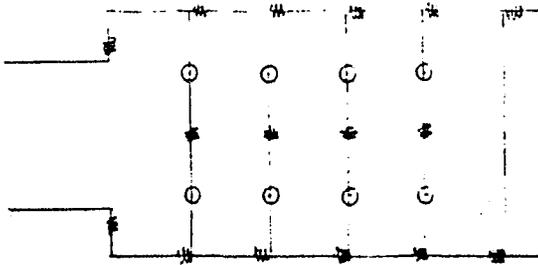
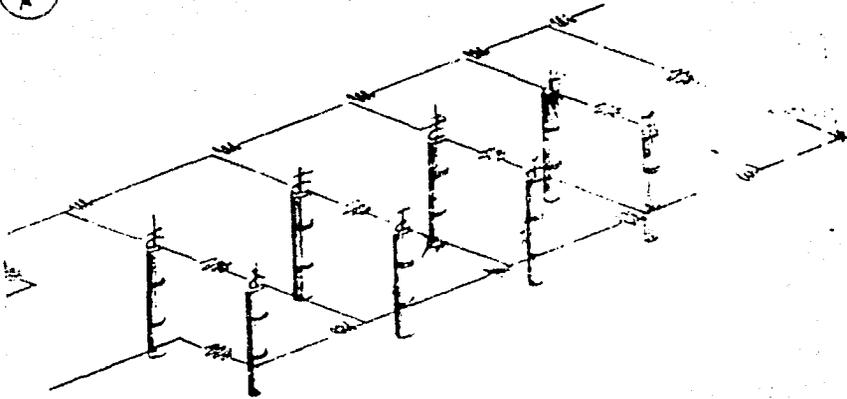


Fig. 27.
Circuito en Series. Paralelas.

PRECAUCIONES GENERALES EN CIRCUITOS EN SERIES - PARALELAS.

Al efectuarse una voladura con circuitos en series paralelas deben seguirse las siguientes reglas:

- 1). - Se debe poner un solo tipo de estopines en todo el circuito.
- 2). - No deben ponerse más de 30 estopines en cada grupo conectado en serie.
- 3). - En un circuito en series paralelas, cada serie debe tener el mismo número de estopines.
- 4). - Debe evitarse el hacer varios circuitos en series paralelas, conectados paralelamente entre si, ya que es sumamente difícil, obtener el balance del circuito general requisito indispensable para una voladura segura.
- 5). - Los cables conductores deben ser iguales en diámetro y longitud, teniendo la precaución de hacer los amarres bien apretados para obtener la misma resistencia en las uniones, evitando un desbalance en el circuito por falta de un adecuado contacto en los extremos
- 6). - De ser posible, debe usarse siempre corriente directa, si se usa corriente interna, ésta no debe ser menor de 25 ciclos y preferentemente de 50 ciclos ó más.
- 7). - En éste tipo de circuitos, se puede presentar que uno ó más de los grupos en serie no explote, por lo que deben aumentarse las precauciones al revisar el terreno después de la explosión y proceder a detonar inmediatamente las cargas que hayan fallado.

LEY DE OHM.

Para calcular el voltaje necesario para detonar un número determinado de estopines hacemos uso de la Ley de Ohm, -- que se expresa con la fórmula siguiente:

$$E = IR$$

DONDE:

E = Potencial eléctrico ó voltaje, expresado en volts.

I = Corriente, expresada en ampers.

R = Resistencia, expresada en Ohms.

Otra fórmula necesaria, para el cálculo de un circuito para una voladura, es la siguiente:

$$W = I^2R$$

DONDE:

W = Potencia eléctrica, expresada en watts.

I = Corriente, expresada en ampers.

R = Resistencia, expresada en Ohms.

CUADRO IV (MANUAL DUPONT)

Resistencia de alambre de cobre y de aluminio.

| Calibre AWG | Ohms por cada 1000 pies (305 m.) | |
|----------------|----------------------------------|-----------|
| | Cobre | Aluminio. |
| 0 | 0.098 | 0.161 |
| 2 | 0.156 | 0.256 |
| 4 | 0.249 | 0.408 |
| 6 | 0.395 | 0.648 |
| 8 | 0.628 | 1.03 |
| 10 | 0.999 | 1.64 |
| 12 | 1.588 | 2.61 |
| 14 | 2.525 | 4.14 |
| 16 | 4.02 | 6.59 |
| 18 | 6.39 | 10.50 |
| 20 | 10.15 | 16.70 |
| 22 | 16.14 | 26.50 |

CUADRO V (MANUAL DUPONT).

Resistencia de los estopines eléctricos en ohms por estopín.

| Long. del alambre | | Alambre de Cobre | | Alambre de Hierro | |
|----------------------|-------|---------------------------------|---|---------------------------------|---|
| | | Estopines Instanta- neos. | Estopines de tiempo regu- lares y MS. | Estopines Instanta- neos. | Estopines de tiempo regu- lares y MS. |
| Pies | M. | | | | |
| 4 | 1.22 | 1.23 | 1.18 | 2.00 | 1.87 |
| 6 | 1.83 | 1.29 | 1.24 | 2.40 | 2.27 |
| 7 | 2.13 | 1.33 | 1.28 | 2.60 | 2.47 |
| 8 | 2.44 | 1.36 | 1.31 | 2.80 | 2.68 |
| 9 | 2.74 | 1.39 | 1.34 | 3.01 | 2.88 |
| 10 | 3.05 | 1.42 | 1.37 | 3.21 | 3.08 |
| 12 | 3.66 | 1.49 | 1.44 | 3.61 | 3.48 |
| 16 | 4.88 | 1.61 | 1.57 | 4.42 | 4.29 |
| 20 | 6.10 | 1.74 | 1.69 | 5.23 | 5.10 |
| 24 | 7.32 | 1.87 | 1.82 | 6.04 | 5.91 |
| 30 | 9.14 | 1.70 | 1.66 | 7.25 | 7.12 |
| 40 | 12.19 | 1.91 | 1.86 | 9.27 | 9.14 |
| 50 | 15.24 | 2.11 | 2.06 | 11.29 | 11.16 |
| 60 | 18.29 | 2.31 | 2.26 | | |
| 80 | 24.38 | 2.72 | 2.67 | | |
| 100 | 30.48 | 3.12 | 3.07 | | |
| 150 | 45.72 | 4.13 | 4.08 | | |
| 200 | 60.96 | 5.14 | 5.09 | | |
| 250 | 76.20 | 6.15 | 6.10 | | |

RESISTENCIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE CIRCUITOS.

La resistencia de un circuito en serie, es igual a la suma de las resistencias de los estopines más la resistencia de los cables que intervienen en el circuito, hasta la fuente de fuerza, La resistencia de los diferentes tipos de estopines, vienen tabuladas en el cuadro (IV) y la de los cables en el cuadro (V), en ambas tablas podemos notar que a mayor longitud de cable tenemos mayor resistencia.

La resistencia al paso de la corriente en circuito en Paralelo Balanceado es menor que la de un circuito en serie ya que la corriente tiene más caminos por donde seguir (analogía - Hidráulica) para una misma fuente de energía, podemos meter más cargas con seguridad en un circuito en paralelo que en un circuito en serie ó lo que es lo mismo, para un circuito en paralelo con el mismo número de estopines tendremos con un mismo voltaje mayor número de amper.

Esto es fácil de comprobar con la Ley de Ohm, ya que a igual voltaje, tenemos menos resistencia y por consiguiente para que la igualdad de la Ley de Ohm subsista, necesita aumentar la corriente esto es el número de amper.

La resistencia en un circuito en paralelo, es igual a la resistencia de un estopín entre el número de estopines del circuito, más la resistencia de los cables, generalmente en la práctica el primer concepto es tan pequeño que se omite, así mismo, se considera la mitad de la longitud de la línea secundaria ó sea de la línea de colección y la longitud total de la línea principal.

La resistencia de un circuito en series paralelo se computa de la manera siguiente: Se obtiene la resistencia de una de las líneas que están conectadas en serie y es ésta resistencia la que nos sirve de numerador teniendo como denominador el número de líneas conectadas en serie; a éste cociente se le suma la mitad de la resistencia de los cables secundarios y el total de la resistencia de los cables principales.

CALCULO DE UN CIRCUITO EN SERIE.

Para el cálculo de un circuito en general, debemos de conocer ó determinar la corriente (ampers), el voltaje (volts) y la potencia (watts); para calcular la potencia y el voltaje necesitamos determinar la resistencia(ohms) del circuito.

- 1).- Corriente: La corriente en un circuito conectado en serie para estopines, es por lo menos de 1.5 ampers, sin importar el número de estopines que tenga el circuito.
- 2).- Resistencia: La resistencia total es la suma de la resistencia de los componentes del circuito.
- 3).- Voltaje: Para el cálculo del voltaje se sigue la Ley -- Ohm $E = IR$ por consiguiente, el voltaje requerido es igual a la intensidad de corriente (1.5 ampers) por la resistencia total del circuito.
- 4).- Potencia: Se calcula por la fórmula $W = I^2R$ la que nos indica que para encontrar el número de Watts requeridos debemos multiplicar la intensidad total del circuito.

5). - Problema: Un circuito que contiene 20 estopines conectados en serie y 500 pies de longitud de cable principal del #18, en cada uno de las líneas.

Se pregunta: Que corriente se necesita, el voltaje y la fuerza requerida para detonar los estopines.

(1) La corriente requerida es de:

$$I = 1.5 \text{ ampers.}$$

(2) Voltaje.

La resistencia total es igual a la suma de resistencias de los componentes.

Suponiendo que la resistencia de cada estopín es de 2Ω

$$\text{Estopines} = 2.0 \times 20 = 40 \Omega$$

De la tabla IVobtenemos la resistencia del cable.

$$\text{Cable} = 2 \times 500 \times 6.4 \div 1000 = 6.4 \Omega$$

$$\text{Resistencia total} = 46.4 \Omega$$

El voltaje requerido será:

$$E = IR$$

$$E = 1.5 \times 46.4 = 69.6 \text{ v}$$

(3) Potencia:

$$W = I^2 R$$
$$W = 1.5^2 \times 46.4 = 2.25 \times 46.6 = 104.4 \text{ w}$$

CALCULO DE UN CIRCUITO EN PARALELO.

1).- Corriente requerida.

La corriente necesaria para un circuito en paralelo es igual al número de estopines multiplicado por (0.6) esto es:

$$I = 0.6 N$$

DONDE:

I = Corriente total expresada en ampers.

N = Número de estopines conectados en paralelo.

2).- Resistencia.

La resistencia se determina dividiendo la resistencia de un estopín entre el número de estopines en paralelo, más la mitad de la resistencia del par de alambres secundarios, más la resistencia de los alambres principales.

3).- Voltaje:

Se utiliza la Ley de Ohm para calcular el voltaje necesario.

4).- Potencia necesaria.

Se utiliza la fórmula:

$$W = I^2 R$$

expresandose la potencia en Watts.

5). - Problema Ilustrativo:

Un circuito que consiste en 20 estopines conectados en paralelo a 10 pies de intervalo a lo largo de un par de cables secundarios del #20, conectados a su vez a dos cables principales - de 400 pies de largo del #18, al extremo de los cuales tenemos la fuente de energía.

Se pregunta: ¿Cuál es la corriente, voltaje y potencia necesaria para detonar los estopines?

1). - Corriente:

$$I = 0.6 \text{ N}$$

$$I = 0.6 \times 20 = 12 \text{ ampers.}$$

2). - Resistencia:

$$\text{Alambres principales} = 400 \times 2 \times \frac{6.4}{1000} = 5.1 \ \Omega$$

$$\text{Alambres secundarios} = 380 \times \frac{10.2}{1000} = 2.0 \ \Omega$$

$$\text{Estopines} = 2.0 \div 20 = 0.1 \ \Omega$$

$$\text{Resistencia total} = 7.2 \ \Omega$$

3). - Voltaje:

$$E = IR$$

$$E = 12 \times 7.2 = 86.4 \text{ volts.}$$

4). - Potencia:

$$W = I^2 R$$

$$W = 12^2 \times 7.2 = 144 \times 7.2 = 1,037 \text{ Watts}$$

NOTA. - La resistencia de los alambres secundarios se obtuvo, multiplicando el número de intervalos por 10 y dividiendo entre dos la longitud total, como prácticamente se usa.

CALCULO DE UN CIRCUITO EN SERIES - PARALELAS.

1).- Corriente.

La corriente necesaria para un circuito en series paralelas, es de 1.5 ampers por circuito en serie ó lo que es lo mismo.

$$I = 1.5 N$$

DONDE:

I = Corriente necesaria en ampers

N = Número de series conectadas -
paralelo.

2).- Resistencia.

La resistencia de un circuito en series paralelas, se obtiene -
de la siguiente manera:

a). - Se computa la resistencia de una de las ramas conectadas
en serie, sumando las resistencias de cada uno de sus -
componentes.

b). - La resistencia obtenida, se divide entre el número de ra-
mas que tenga el circuito y al cociente se le suma la mi-
tad de la resistencia de los alambres secundarios, y el -
total de la resistencia de los alambres principales.

3).- Voltaje:

El voltaje se obtiene, considerando como válida la Ley de Ohm.

$$V = IR$$

DONDE:

V = Voltaje necesario en volts.

I = Corriente necesaria en ampers.

R = Resistencia necesaria en ohms.

4). - Potencia .

La potencia requerida para que el circuito trabaje con toda eficiencia nos la dá la fórmula.

$$W = I^2R$$

DONDE:

W = Potencia en watts

I = Intensidad de corriente en ampers.

R = Resistencia en Ohms.

5). - Problema Ilustrativo:

Un circuito en series paralelas, está compuesto por 10 ramas conectadas en paralelo. Cada rama ó línea, esta compuesta por 30 estopines conectados en serie. El cable usado es de - 400 pies de longitud y del #20 en la línea secundaria y los cables principales son de 500 pies de largo y del #18.

Se pregunta: ¿La corriente? ¿El voltaje? ¿y la potencia necesaria para detonar este sistema de 300 estopines?

a) Corriente:

$$I = 1.5 N$$

$$I = 1.5 \times 10 = 15 \text{ ampers}$$

$$I = 15 \text{ ampers}$$

b) Voltaje:

Calculamos primero la resistencia del circuito:

$$\text{Resistencia de una rama: } 2 \times 30 = 60 \, \Omega$$

$$\text{Resistencia de todas las ramas} = \frac{60}{10} = 6 \, \Omega$$

$$\text{Resistencia del cable secundario: } \frac{10.2 \times 400 \times 2 \times \frac{1}{2}}{1000} = 2 \, \Omega$$

$$\text{Resistencia de los cables principales} = 6.4 \, \Omega$$

$$\text{Resistencia total del circuito} = 6.0 + 2 + 6.4 = 14.4 \, \Omega$$

Voltaje Necesario:

$$V = IR$$

$$V = 15 \times 14.4 = 216 \text{ volts.}$$

$$V = 216 \text{ volts.}$$

c) Potencia Necesaria:

$$W = I^2 R$$

$$W = 15^2 \times 14.4 = 3240 \text{ watts.}$$

$$W = 3240 \text{ watts.}$$

CAIDA DE VOLTAJE:

En los problemas anteriores hemos determinado el voltaje - a partir de la Ley de Ohm, sin embargo, debemos de tener en cuenta en una voladura, que si el voltaje calculado alcanza un 90% ó más del voltaje de nuestra fuente de energía, de bemos disminuir este voltaje en nuestro circuito ó cambiar nuestra fuente de energía, por una con mayor capacidad de - voltaje.

FUENTE DE ENERGIA.

El logro de una buena voladura, depende en gran parte de la selección adecuada de la maquina explosora.

Las máquinas de venta en el mercado, estipulan claramente, en una placa que viene adherida a ellas, su fuerza, amperaje y voltaje a los que puede ser usado dicha maquina, lo cual nos determina, si el circuito calculado está dentro de la capacidad de trabajo de dicha maquina. Sin embargo, muchas veces, dada una fuente de energía, nos es necesario conocer el circuito máximo que puede ser usado con dicha planta. -- Para determinar esta capacidad procedemos de la siguiente manera:

- 1). - El amperaje del generador se divide entre 1.5 para obtener el número de ramas en serie que pueden ser conectadas en paralelo.
- 2). - El noventa por ciento del voltaje del generador se divide entre el amperaje total del circuito (1.5 por el número de ramas conectadas en paralelo). Para determinar la resistencia máxima en ohms que puede haber en el circuito.
- 3). - La resistencia de los cables principales y la de los cables secundarios se resta a la resistencia máxima, permitida obtenida en el párrafo anterior.
- 4). - Para calcular el número máximo de estopines, que pueden entrar en cada serie, la resistencia permitida para los estopines en el circuito, se multiplica por el número de series y se divide entre la resistencia de un estopín.

5). - Problema Ilustrativo.

Se tiene un generador de 3 Kw., 220 volts y $13 \frac{1}{2}$ ampers como fuente de energía para una voladura. Así mismo se cuenta con dos cables principales del #18 de 500 pies de largo y dos cables secundarios del #20. Se pregunta ¿Cuántos estopines pueden ser colocados en el circuito con la maquina explosora de las características antes mencionadas y como debe formarse dicho circuito.

a). - Número de series que caben en el circuito:

$$I = 1.5 \text{ N}$$

$$N = \frac{I}{1.5}$$

$$N = \frac{13.5}{1.5} = 9 \text{ series independientes.}$$

b). - Resistencia permitida en el circuito.

$$V = IR \rightarrow R = \frac{V}{I}; \text{ Voltaje máximo} = 0.90 \text{ V}$$

$$I = 1.5 \text{ N}$$

$$R = \frac{0.90 \text{ V}}{I}$$

$$R_c = \frac{0.9 \times 220}{1.5 \times 9} = 14.6 \Omega$$

c) Resistencia de los cables principales:

$$R = 6.4 \Omega \text{ para el \# 18}$$

d). - Resistencia de los cables secundarios:

$$R = \frac{\frac{1}{2} \times 200 \times 10.2}{1000} = 1.0 \Omega$$

e). - Resistencia total de los cables:

$$R_{tc} = 6.4 + 1.0$$

f). - Resistencia permitida para el número de estopines máximo.

$$R_c = R_{tc} = 14.6 - 7.4 = 7.2 \Omega$$

g). - Número máximo de estopines por serie:

$$\text{Número máximo} = \frac{N \times R_{te}}{R_e}$$

$$\text{Número Estopines} = \frac{9 \times 7.2}{2} = 32.4 \text{ estopines en serie}$$

$$\text{Número estopines} = 32.4$$

Dado que habiamos establecido en un párrafo anterior, que no era conveniente colocar más de 30 estopines por serie, tendremos por consiguiente:

Un circuito de nueve ramas en serie conectadas en paralelo y cada rama conteniendo 30 estopines cada una.

PRUEBA DE CIRCUITOS CABLES PRINCIPALES.

Los cables principales se deben de probar cuando estén extendidos, ya que enrollados pueden pasar la prueba, y al extender se pueden romperse interiormente ó acusar una ruptura anterior.

Después de extenderse, se conecta uno de los extremos de cada cable al galvanómetro; la aguja, no debe moverse, en caso contrario existe un corto en uno de ellos. A continuación se unen --

los extremos libres de los dos cables, y la aguja debe desplazarse, marcando la resistencia de los cables, en caso que la deflexión sea menor ó no exista, los cables estarán rotos en una o varias partes.

PRUEBA DEL CIRCUITO COMPLETO.

Para efectuar la prueba de un circuito completo junto con los cables principales, se conectan estos últimos, por un extremo a los cables secundarios ó a los extremos del primer y último estopín; la aguja del galvanómetro nos debe marcar la resistencia calculada del circuito. Si la aguja no se mueve, quiere decir que existe un corto en el circuito.

Dentro de las limitaciones que tenemos, al hacer esta prueba, es que la aguja puede moverse más o menos en determinados circuitos, dejando una o más series desconectadas, ya que con esta prueba no se pueden garantizar el total de las cargas del circuito.

El mejor método de comprobación además del numérico es de revisar con mucho cuidado las conexiones del circuito, antes de efectuar una voladura.

LOCALIZACION DE UN CORTO EN EL CIRCUITO.

Para revisar un circuito, se prueba el primer estopín, si el corto continúa se procede a revisar el cable principal y las series intermedias.

PRUEBA DE LOS EMPALMES DE LOS CABLES PRINCIPALES CON EL PRIMERO Y ULTIMO ESTOPIN.

Para ejecutar esta prueba es necesario seguir los siguientes pasos: (fig. 28)

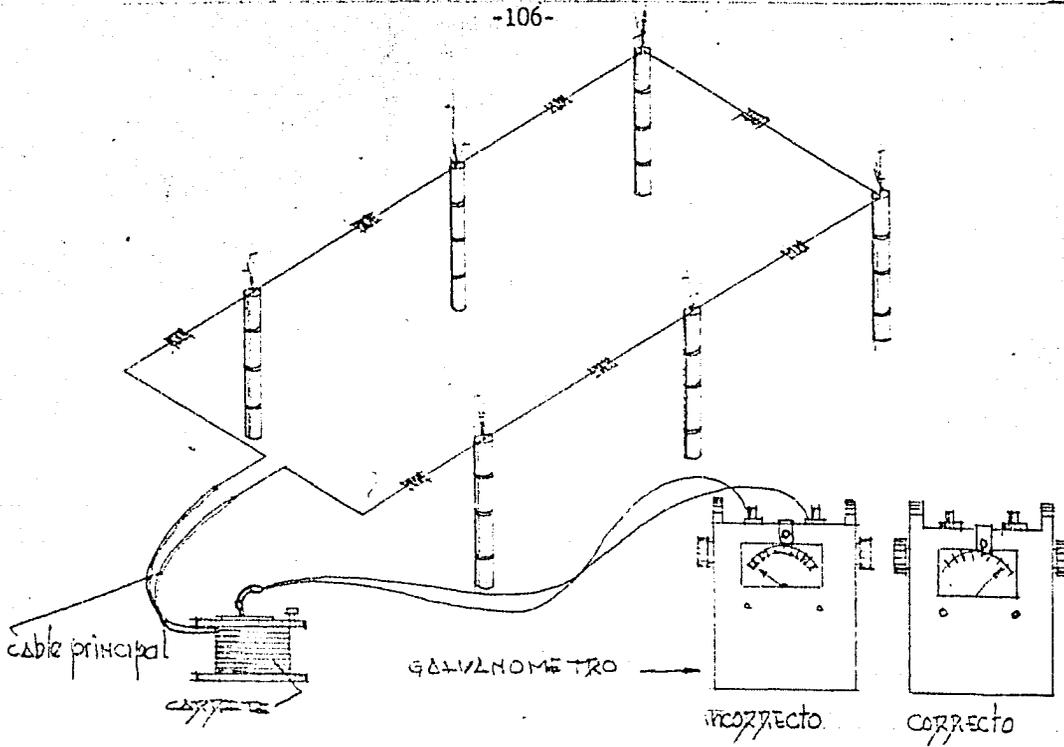


Fig. 28. Prueba de un circuito completo.

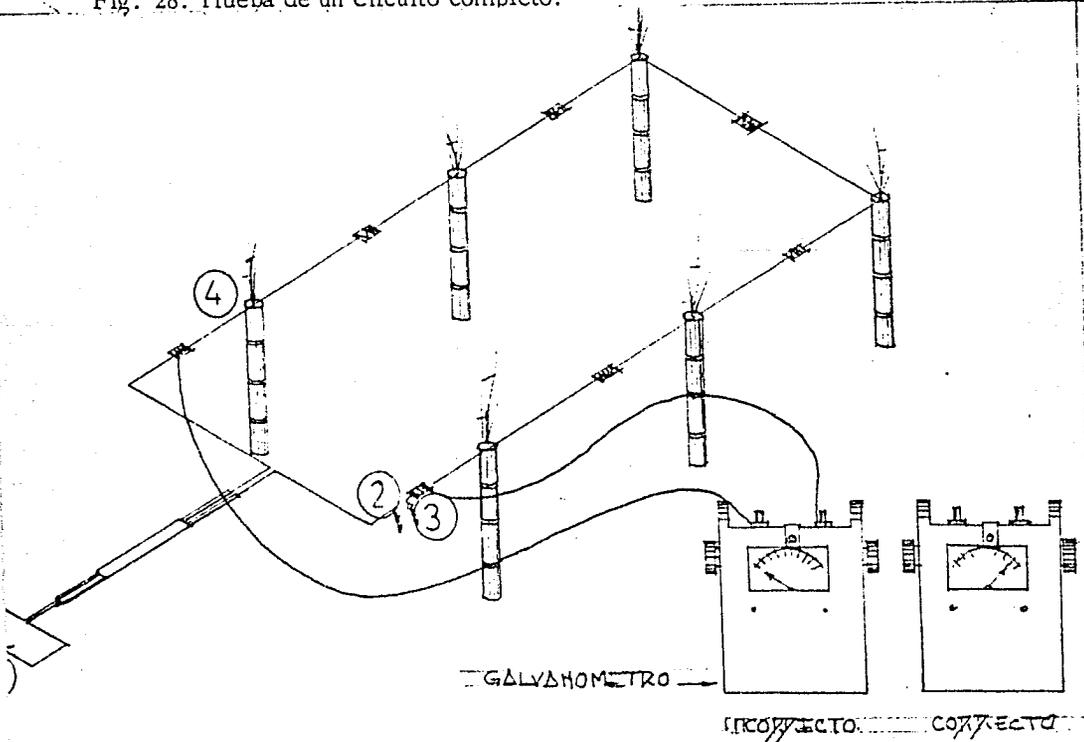


Fig. 29. prueba de las uniones en los extremos de un circuito.

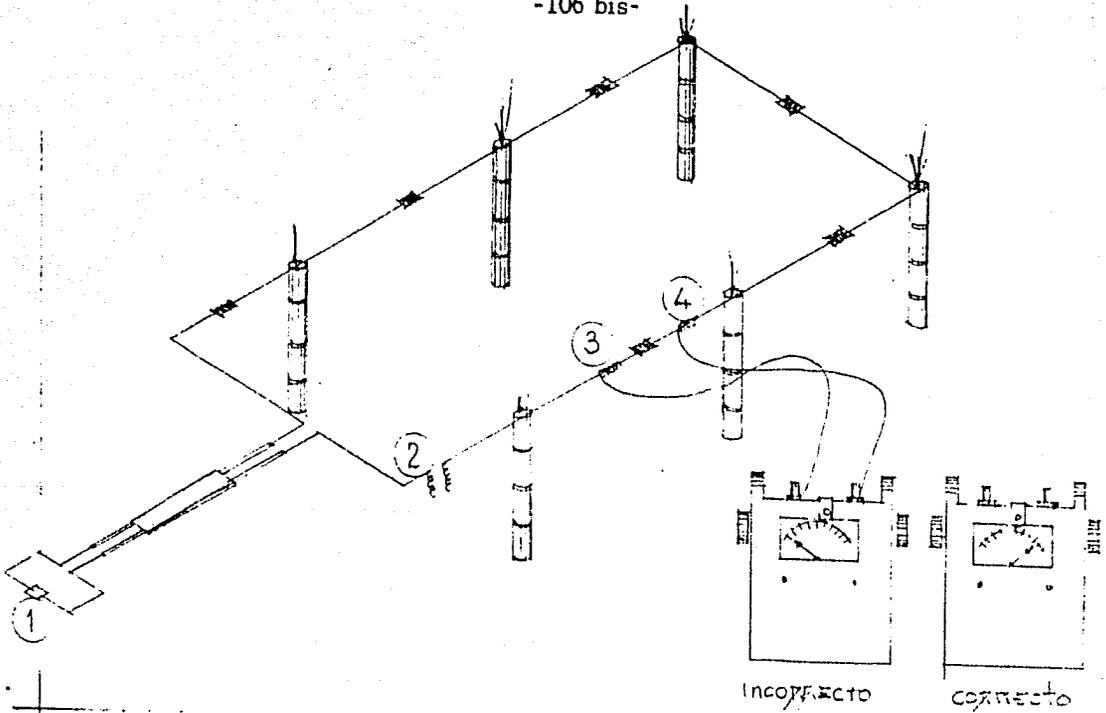


Fig. 30. Prueba de una unión intermedia en un circuito.

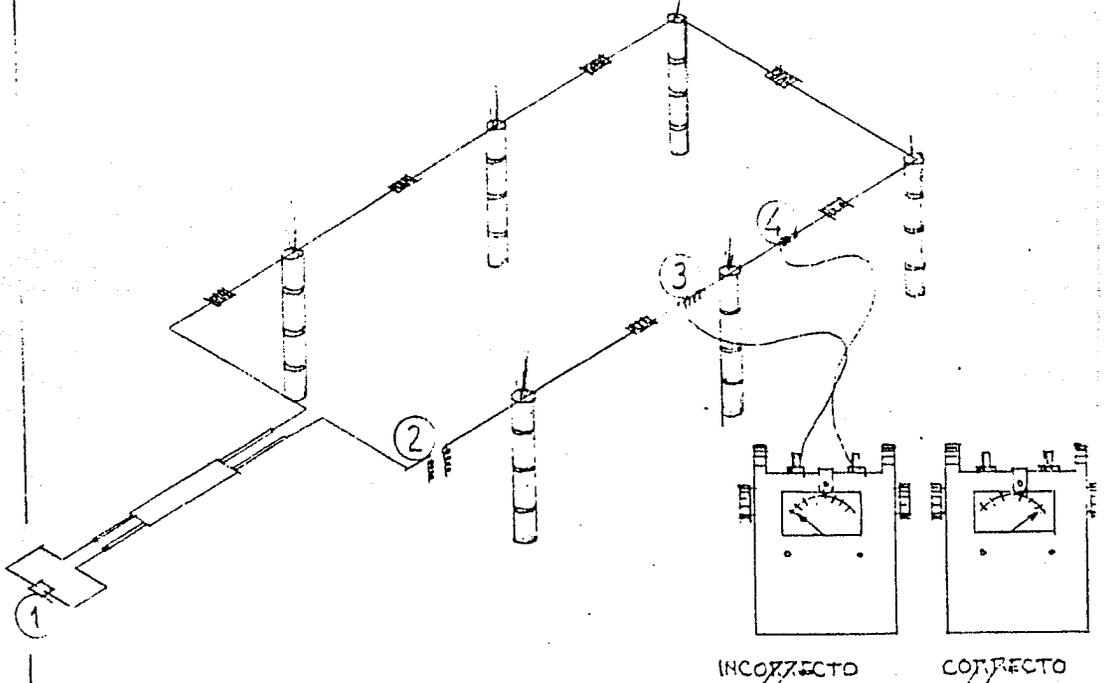


Fig. 30 b. Prueba de los estopines de un barreno.

- a). - Se desconectan los cables principales de la máquina - explosora, uniendo ambos extremos entre si.
- b). - Se desempalma la unión del cable principal con el primer estopín.
- c). - Se conecta el alambre del estopín que se acaba de desempalmar a una terminal del galvanómetro.
- d). - Se conecta, por medio de un alambre conductor, la otra terminal del galvanómetro con el alambre del último estopín, poco antes del empalme, con el cable principal.
- e). - Si el galvanómetro registra paso de corriente, el corto está en una o ambas uniones del cable principal.

PRUEBA DE CADA UNO DE LOS EMPALMES.

El método es el siguiente: (fig.29)

- a). - Se desconectan los cables principales de la máquina explosora.
- b). - Se desempalma uno de los cables principales, con el primero ó último estopín.
- c). - Se une, uno de los alambres conductores del galvanómetro, a un lado del empalme que se va a probar y el otro al otro lado del empalme.
- d). - Si el empalme está correcto, la aguja debe marcar con la misma intensidad que cuando se puso en corto circuito el galvanómetro, en la prueba de su batería.
- e). - Este método se sigue en todos los empalmes, hasta localizar la unión defectuosa.

PRUEBA DE LOS ESTOPINES DE LA CARGA CEBADA.

Para ejecutar esta prueba (fig. 30) se siguen los pasos a) y b) del método anterior.

c). - Los conductores del galvanómetro, se unen cerca de los empalmes, a los alambres del estopín.

d). - La aguja nos indicará si los conductores del estopín y este último están correctos.

e). - Se sigue el mismo sistema para todas las cargas.

DIFERENTES METODOS PARA PREPARAR UN CEBO Y SU COLOCACION EN UNA CARGA. -

La preparación de un cebo, es una de las fases más importantes en toda voladura, pues de su correcta aplicación depende el encendido de la carga.

Se llama cebo al cartucho de dinamita ó cualquier otro tipo de explosivo al que se le ha unido adecuadamente, un detonador.

Los detonadores pueden ser fulminantes ó estopines, y para cada uno de ellos existe un procedimiento adecuado para su uso.

El objeto de colocar un cebo en una carga, es el de que nos sirva como iniciador de élla, pero para que esto sea más efectivo, el cebo ó los cebos, deben colocarse en determinados puntos y en la dirección correcta.

PREPARACION DE UN CEBO A BASE DE UN CARTUCHO DE EXPLOSIVOS Y FULMINANTES.

Un cebo a base de un cartucho y de fulminantes, puede prepararse en muchas formas diferentes, por lo que nos concretaremos a tratar solamente las cuatro más comunes.

- 1). - Cebado por un extremo con perforación externa. - Para este tipo de cebado se procede como sigue.
 - a) Con el punzón de las pinzas ó con uno de madera, se perfora apróximadamente unos 8 cm. por el extremo el cartucho (fig31)

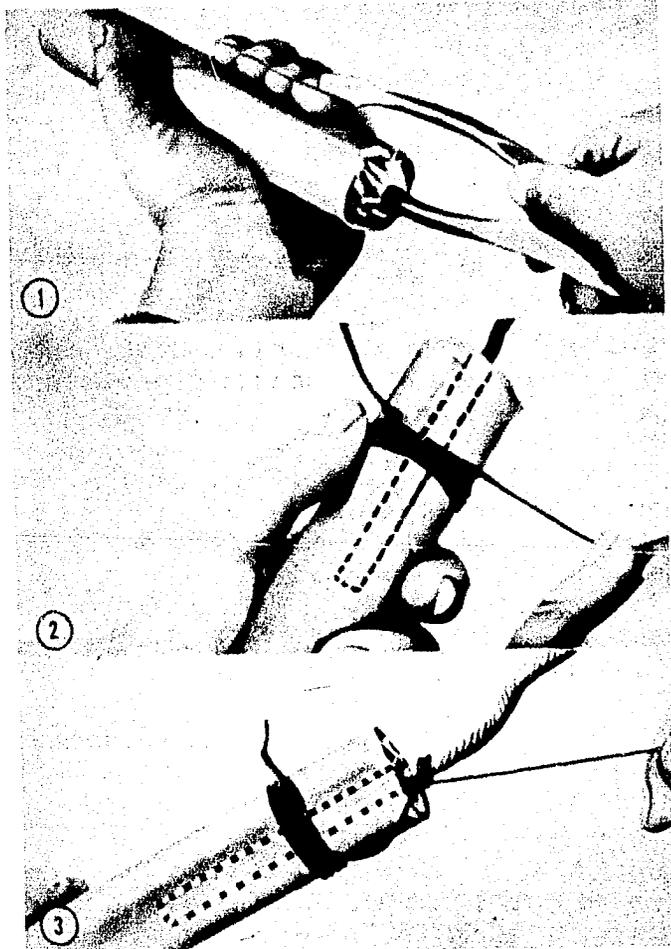


Fig. 31.' Cebado por un extremo con perforación externa.

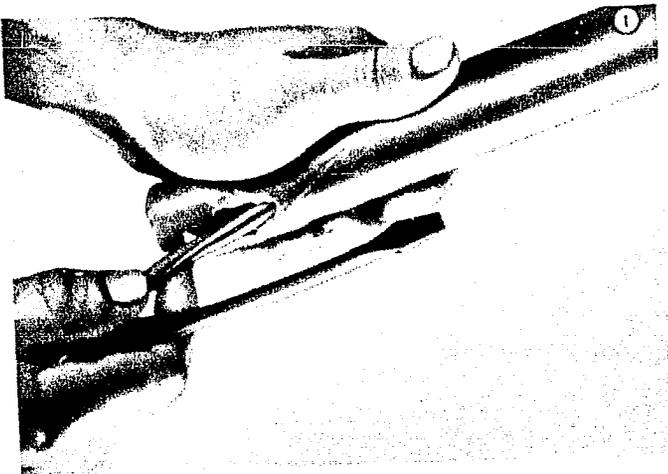


Fig. 32. Cebado Lateral

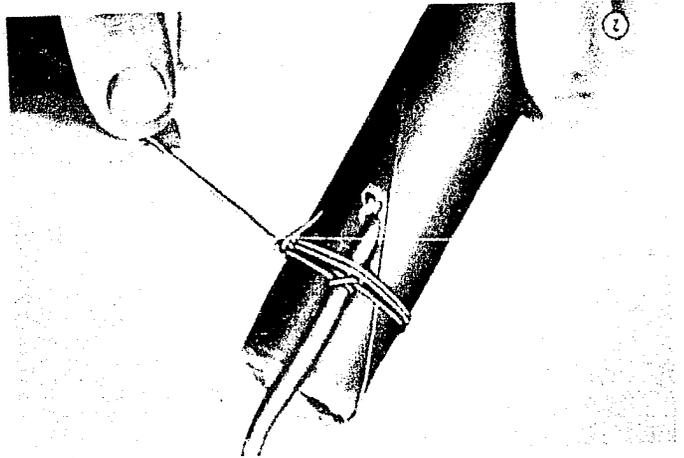


Fig. 33. Cebado por un extremo.



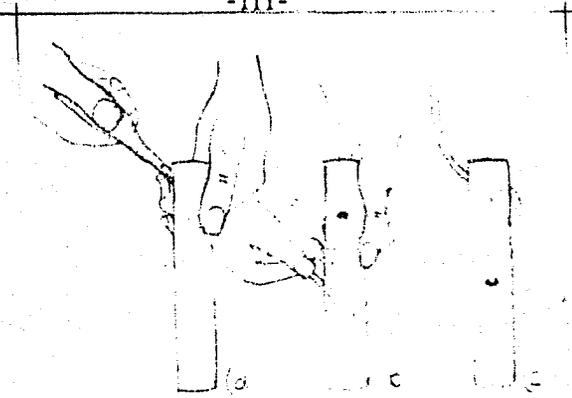


Fig. 34 Cebadura de Trenzado lateral.

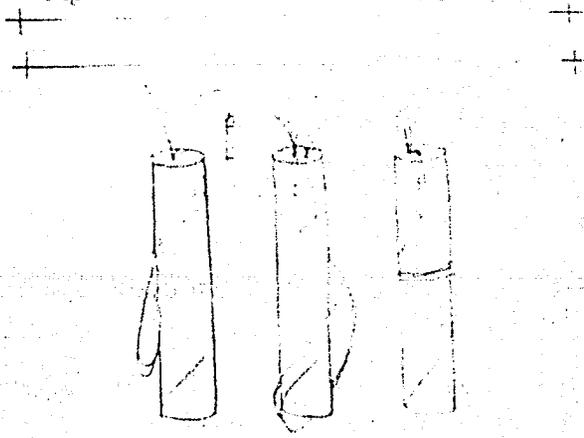


Fig. 35. - Cebado lateral diagonal.

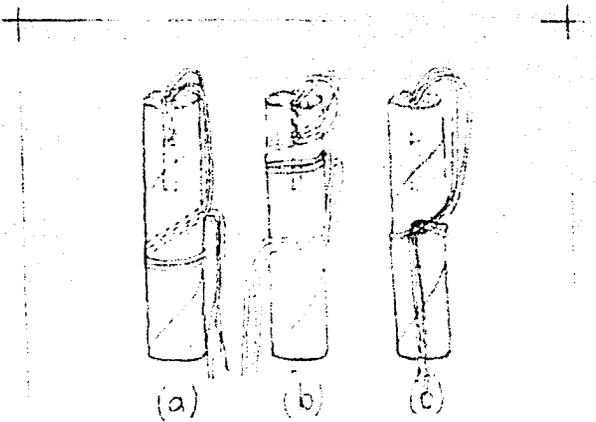


Fig. 36. - Cebado lateral perpendicular.

b) Se introduce dentro del agujero formado y con precaución, la capsula con la mecha.

c) Se fija con un cordón, la mecha al cartucho, como -- muestra la figura, con el objeto que soporte sin desprenderse la capsula, tensiones normales al manipularse el cebo.

2. - Cebado Lateral. - Método a seguirse:

a) Se perfora el cartucho lateralmente, a unos 4 cm. de un extremo, como se ve en la figura, con la precaución de no atravesarlo de lado a lado.

b) Se inserta el fulminante con la mecha, unos 6 - 7 cm. (fig. 32).

c) Se sujeta firmemente a base de un cordón, la mecha al cartucho (fig. 32)

3. - Cebado por un extremo. - Este método es semejante al primero y el procedimiento a seguirse es:

a) Se desenvuelve uno de los extremos del cartucho --- (fig. 33).

b) Se afloja un poco la dinamita con un movimiento rotatorio del cartucho, en las manos.

c) Con el punzón de madera ó el de las pinzas, se perfora unos 8 cm. la dinamita.

d) Se inserta la capsula con la mecha en el agujero preparado.

e) Se envuelve bien la mecha como se muestra en la figura, con el papel del cartucho.

f) Se fija firmemente la mecha con un cordón (fig 33).

4. - Cebado tipo trenzado. - Esta forma de cebado es bastante práctica ya que evita en ciertos casos el uso de cordones, siendo al mismo tiempo, muy segura. (fig. 34)

Para preparar cebos de esta clase hay que seguir las siguientes etapas:

a) Con el punzón se atraviesa de lado a lado el cartucho, a unos 4 cm. bajo del extremo, con mucho cuidado y -- procurando que los agujeros del papel sean semejantes - al diámetro del fulminante . (fig. 34 a)

b) Se gira el cartucho unos 90° en las manos y se perfora nuevamente, pero esta vez el agujero debe quedar paralelo al eje longitudinal del cartucho (ver fig.34a) y - con una profundidad poco mayor al tamaño de la capsula.

c) Se introduce la capsula y la mecha, por la parte superior, atravesando el cartucho y después cuidando de no formar dobleces ó cocas en la mecha, se deposita el fulminante en el agujero inferior.(fig. 34 b c)

d) Es una buena precaución atar bien la mecha al centro del cartucho, fijando ambas cosas mediante una cinta impermeable adhesiva.

Todos estos métodos, son prácticos y seguros cuando se han seguido todas las precauciones indicadas, y el uso en espe--cial de alguno de ellos, depende de la preferencia individual del poblador ó ingeniero responsable del trabajo.

PREPARACION DE UN CEBO FORMADO POR UN CARTUCHO DE EXPLOSIVOS Y ESTOPINES.

Para cebar un cartucho de explosivos con estopines, al igual que a base de capsulas y mecha, existen varios procedimientos, de los cuales enumeramos algunos.

A) Cebado para cartuchos cuyo diámetro es menor a 5 cm.

1). - CEBADO LATERAL DIAGONAL. - Procedimiento.

a) Se perfora con un punzón de madera ó con el de las pinzas especiales para explosivos, en sentido diagonal atravezandolo de lado a lado, esta perforación debe hacerse un poco abajo del centro del mismo.

b) Se doblan los alambres a unos 15 centímetros del estopín y se introducen asi doblados, por el agujero (ver - fig. 35)

c) Se abren los alambres y se pasan por el extremo inferior como se muestra en la figura.

d) Se hace una perforación en el extremo del cartucho - un poco mayor que el tamaño del estopín.

e) Se introduce el estopín dentro del agujero.

f) Se tensan bien los alambres, ajustandolos al cartucho con la precaución debida, para que no se rompan ó maltraten los recubrimientos.

2). - CEBADO LATERAL PERPENDICULAR. - Método a seguirse: (fig. 36)

a) Se perfora con el punzón de lado a lado el cartucho perpendicularmente, al centro ó poco más abajo.

b) Se hace un agujero en el extremo del cartucho, poco mayor al del estopín.

c) Se introduce el estopín, através del cartucho y se mete dentro del agujero del extremo.

d) Se hace una gasa alrededor del cartucho con los mismos alambres.

e) Se tensan con precaución los alambres y se ajustan al cartucho.

3). - CEBADO POR UN EXTREMO. - Metodo a seguirse:

a) Se hace un agujero poco más grande que el estopín con el punzón, en un extremo del cartucho.

b) Se introduce el estopín en el agujero.

c) Se hace una gasa al centro del cartucho con los mismos alambres.

d) Se tensan los alambres con cuidado y se ajustan al cartucho, sin dañar el recubrimiento.

B). - Cebado de cartuchos mayores de 5 cm. de diámetro.

El método de cebado de cartuchos de gran diámetro, es el siguiente:

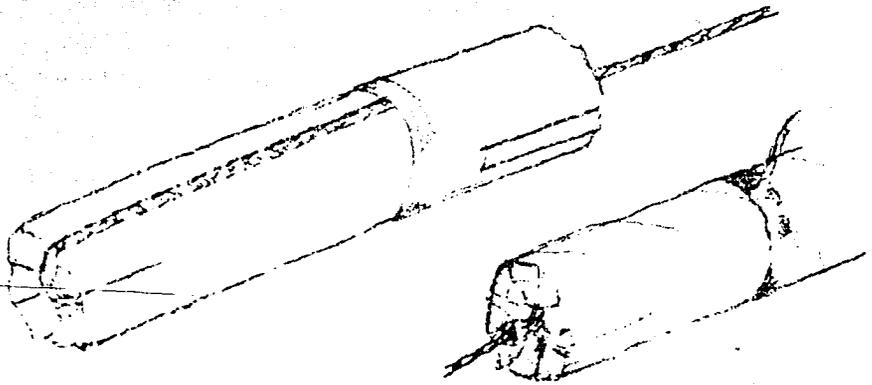


Fig. 37 Métodos para cebar cartuchos gruesos.

- a) Se perfora el cartucho diagonalmente, a partir del centro de un extremo hasta salir a unos 5 cm. ó más - abajo del extremo.
- b) Se hace con el punzón un agujero junto al anterior paralelo al eje longitudinal del cartucho y poco mayor al tamaño del estopín.
- c) Se doblan los alambres apróximadamente unos 30 cm. antes del estopín y se introducen en el agujero diagonal por el extremo del cartucho.
- d) Se desdoblán los alambres y se pasan por abajo del otro extremo (ver fig. 37)
- e) Se introduce el estopín en el agujero del extremo.
- f) Se tensan los alambres con precaución ajustandolos al cartucho.

PREPARACION DE UN CEBO FORMADO POR UN EXPLOSI- VO PLASTICO Y FULMINANTES O ESTOPINES.

El método para cebar un explosivo plástico con fulminantes es el mismo que con estopines, siendo el procedimiento general el siguiente:

- a). - Si el explosivo esta duro o quebradizo, es necesario ca lentarlo; esto debe hacerse trabajandolo con las manos ó colocandolo en un recipiente con agua caliente, nunca debe exponerse al fuego directamente ó calentarse a una temperatura muy alta, no hay que olvidar que el explosivo plástico aunque es muy manejable y práctico, sigue siendo explosivo.

- b). - Se moldea el explosivo en tal forma, que en su centro se pueda dejar la capsula ó estopín quedando recubierto por ambos extremos por lo menos con una capa de 3 cm. y lateralmente con 2 cm. (ver fig. 38)
- c). - Se fijan con un cordón o cintas adhesivas, los alambres ó la mecha al objetivo de tal manera, que puedan soportar una tensión normal sin salirse del explosivo.

En cada país existen diferentes fábricas de explosivos y cada una de ellas elabora explosivos envasados que tienen ciertos aditamentos para que puedan cebarse, dada la gran cantidad y variabilidad, no los trataremos y solamente se recomienda, el que se pida a los fabricantes los métodos a emplearse, evitando de ejecutar una voladura si no se cuenta con un conocimiento absoluto del procedimiento a seguirse.

PREPARACION DE UN CEBO A BASE DE PRIMACORD Y ESTOPINES O CAPSULAS PARA UN CARTUCHO.

La preparación de este tipo de cebos, es igual tanto para estopines como para capsulas y se divide en dos partes, la primera es la forma en que se unen el cartucho y el primacord y la segunda, la unión entre el primacord y el detonador.

METODO PARA CEBAR UN CARTUCHO CON UN DETONADOR TIPO PRIMACORD.

- a). - Se perfora de lado a lado con un punzón el cartucho en cuatro puntos diferentes.
- b). - Se introduce el Primacord, como lo muestra la figura.
- c). - Se tensa perfectamente (ver fig. 39)

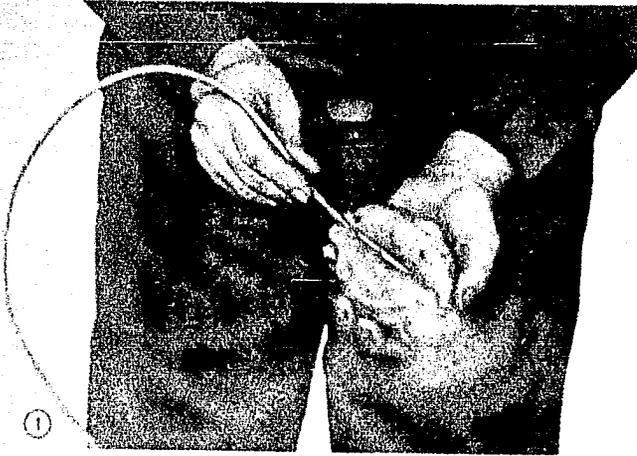


Fig. 38.- Método para cebar un explosivo plástico con - estopín ó capsula.

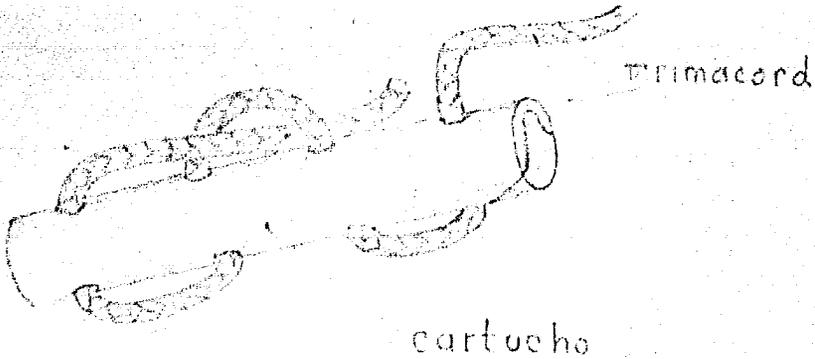
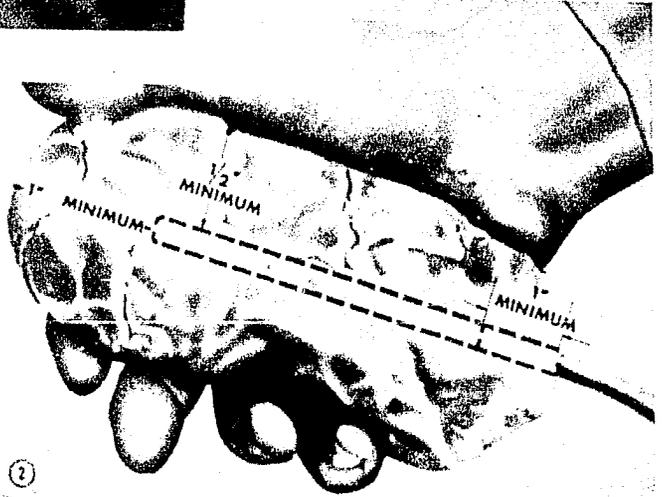


Fig. 39 - Cebado de cartucho con primacord.

En lugar de perforar en cuatro puntos diferentes, se puede hacer en dos o tres y el cebo que queda se puede anudar ó sujetar el detonador con cinta impermeable adhesiva, ambos métodos son prácticos.

CEBADO DE UN EXPLOSIVO PLASTICO A BASE DE PRIMACORD.

El procedimiento para cebar un explosivo plástico, con un detonador del tipo Primacord es el siguiente:

- a). - Se doblan unos 30 cm. apróximadamente de la punta del detonante, como se muestra en la figura. (40)
- b). - Se hace un nudo en la parte doblada.
- c). - Se introduce el nudo formado dentro del explosivo plástico, el cual se ha manipulado previamente, en el caso de que estuviese quebradizo. Las distancias mínimas entre el detonador y el explosivo, son las siguientes: -- en los extremos 3 cm. y lateralmente 2 cm. (fig. 40).

METODOS PARA UNIR LOS ESTOPINES O CAPSULAS AL DETONADOR TIPO PRIMACORD.

- 1). - Unión del estopín ó capsula a una línea ó a un cabo que sirva de cebo, procedimiento: (fig. 41).
 - a) Se coloca el estopín ó la capsula con su mecha, junto al detonador, en tal forma que el extremo que contiene el explosivo, se dirija hacia la carga.
 - b) Se une perfectamente el estopín ó capsula al detonador, con cinta adhesiva impermeable.

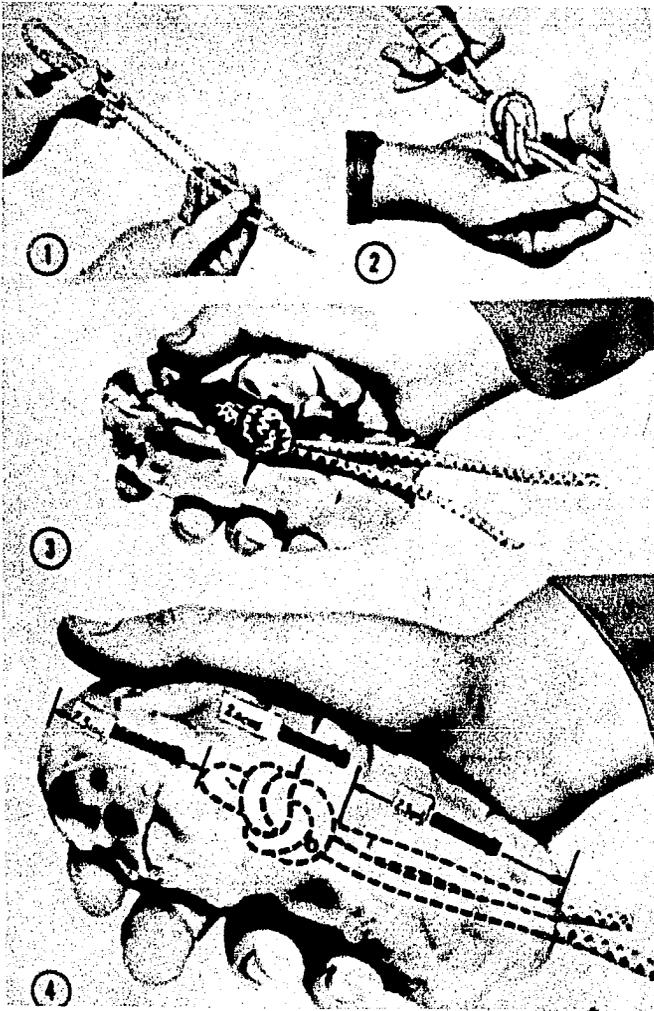
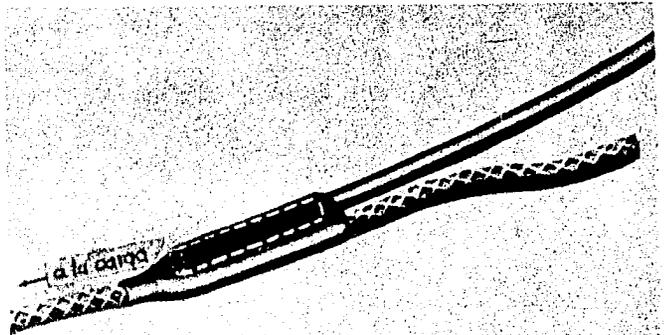


Fig. 40. Cebado de un explosivo plástico a base de primercord.

Fig. 41. Método para unir un estopín ó capsula con primercord.



2).- Unión del estopín ó capsula a dos líneas de cordón detonante, procedimiento: (fig.42).

a) Se coloca el estopín ó capsula entre las dos líneas, - como en el caso anterior, con el extremo que contiene el explosivo detonante, dirigido hacia la carga.

b) Se unen las dos líneas y el estopín con cinta adhesiva impermeable, en tal forma que exista un buen contacto entre ellas.

Fig. #42.

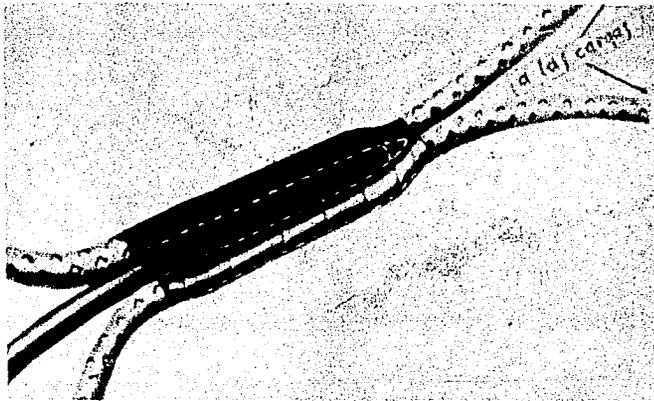


Fig. 42. Método para unir dos líneas de primacord con estopines ó capsulas.

COLOCACION DE LOS CEBOS EN LAS CARGAS.

La posición de los cebos en una voladura, es de primordial importancia, pues muchas de las fallas se deben a una mala colocación del cebo dentro de la carga.

Se ha considerado siempre que cuando no existan otros elementos más importantes, el cebo se coloque en tal forma, que la base del detonador apunte hacia donde hay mayor concentración de carga.

Cuando el encendido se haga a base de mecha y fulminante, los cebos deben colocarse en las posiciones que muestran las figuras, teniendo cada una de ellas sus ventajas, la primera, se aplica cuando se tenga un solo barreno y no haya peligro que la parte superior que se mueva destruya ó apague la mecha del barreno contiguo; el segundo y tercer método se emplean para voladuras con varios barrenos, colocándose el cebo en la parte inferior para seguridad en los desplazamientos de roca ó envíos de proyectiles que puedan cortar las mechas contiguas e impedir un encendido correcto, evitando así los barrenos quedados, se diferencia uno de otro en que en uno, se hace un doble que puede ser causa de filtración de agua y por consiguiente provocar una falla. Por lo que este no se emplea en barrenos con agua.

Con los estopines eléctricos instantáneos (fig. 13) los problemas anteriores se eliminan por lo que se recomienda que los cebos se coloquen en la zona superior, evitando un manejo y por ende menores posibilidades de que se rompan los alambres, en voladuras bajo agua, estos pueden ir entrelazados con alambres de mayor diámetro para mayor protección, evitando fuertes tensiones.

Con los estopines de tiempo (fig. 13) si es necesario, para evitar los barrenos quedados o robados a causa de fracturas en las rocas, que los cebos se coloquen en la parte inferior - con la base del estopín apuntando hacia la carga.

Cuando el método de cebado sea a base de Primacord, éste - debe introducirse hasta el fondo del barreno, procurando que exista un buen contacto entre el cordón y los explosivos.

FALLAS O BARRENOS QUEDADOS.

Si en tierra, un barreno quedado es causa de preocupación; en el agua el problema es doble, ya que el poblador en tierra, puede ver, esperar y acercarse con precaución a buscar con calma la causa del barreno quedado, mientras que en el agua el buzo tiene problemas con el tiempo (tiempo de inmersión) visibilidad y nula protección en caso de que el barreno detone, etc. etc.

Por las razones antes expuestas se puede ver, que un barreno quedado bajo agua, es sumamente peligroso y debe redoblar las precauciones para evitar que esto suceda.

A) PREVENCIÓN DE BARRENOS QUEDADOS:

Las precauciones para evitar un barreno quedado, son las que deben seguirse en toda voladura, dicho de otra manera, el riesgo ó probabilidades de tener un barreno quedado es mínimo, cuando se ajusta el poblador ó buzo a todos los reglamentos y precauciones que deben tomarse, antes de efectuar una voladura.

B) CAUSAS PRINCIPALES DE UN BARRENO QUEDADO:

Las causas principales que motivan un barreno quedado son:

En una voladura encendida por electricidad

- a) Fuente de energía insuficiente.
- b) Desbalance ó mal calculo del circuito ó circuitos.
- c) conexiones defectuosas.
- d) Materiales eléctricos en malas condiciones.
- e) Rotura de alambres ó cables

- f) Ubicación defectuosa del cebo dentro de la carga (produce cargas detonadas a medias)
- g) Colocación defectuosa del estopín, dentro del cartucho que va a servir de cebo., etc. etc.

En una voladura con encendido no eléctrico son:

- a) Materiales en malas condiciones.
- b) Fallas de encendido
- c) Contacto defectuoso entre la mecha y la cápsula.
- d) Mecha saturada de agua.
- e) Explosivo saturado de agua, cuando éste no sea completamente impermeable.
- f) Ubicación defectuosa del cebo dentro de la carga, etc. etc.

C) PROCEDIMIENTO A SEGUIR CON UN BARRENO QUEDADO:

En el caso de tener un barreno quedado por descuido ó por accidente, deben seguirse las siguientes indicaciones, teniendo siempre en cuenta, las leyes ó reglamentos del lugar y -- que este trabajo sea ejecutado por una persona capacitada y muy cuidadosa.

En voladuras eléctricas, se siguen las siguientes precauciones:

- a) Se desconecta la fuente de energía de los cables principales.
- b) No se permitirá el acercamiento al lugar del barreno quedado, durante media hora por lo menos.
- c) Si los alambres de los estopínes están visibles, se prueban estos, y si hay contacto se vuelve a conectar y se disparará de nuevo.
- d) En caso de que no detone, el mejor procedimiento a seguir es el de tratar de detonar el barreno con una nueva carga, - para esto hay varios procedimientos dependiendo del tipo - y cantidad de taco que se le puso al barreno.

En voladuras no eléctricas se debe tener la precaución de no acercarse al barreno quedado, cuando menos una hora después del encendido, pensando que entre más tiempo se deje, la seguridad es mayor, reduciendo las posibilidades de un accidente.

METODOS PARA DETONAR UN BARRENO CON UNA NUEVA CARGA:

Existen muchos métodos para detonar un barreno quedado, - dependiendo del taco, espesor, leyes del lugar y muchas condiciones especiales que hacen variar los sistemas de ataque, sin embargo describiremos aquí, algunos de ellos.

- a) Cuando el taco tiene un espesor menor ó igual a 30cm. se le puede colocar una pequeña carga arriba, para que sirva de cebo al barreno quedado.
- b) Otro método práctico, pero más peligroso, es el de sacar el taco con utensilios de madera. Nunca con cucharones o palas de metal, ya que se puede detonar el explosivo al estar en contacto con la herramienta. Después de esto, - se coloca una nueva carga como cebo y se detona.
- c) El método más apropiado y seguro, es el de sacar el taco a base de un chiflon de agua ó aire, para esto, es necesario el usar mangueras de hule, es importante siempre tener en mente, el peligro potencial que se tiene, al usar herramientas metálicas; despues de sacado el taco, se pone una nueva carga como cebo.
- d) En caso de ser factible, se puede usar un atacador de madera y perforar con un diámetro suficiente para introducir un cartucho cebado, el único problema que se tiene es el que debe conocerse con exactitud la profundidad a la que - está el explosivo y tener mucho cuidado en la perforación.
- e) Otro de los procedimientos que pueden seguirse, cuando - el taco tiene bastante espesor, es el de ejecutar barrenaciones pequeñas alrededor del barreno quedado e introducir cargas calculadas, para deslavar la parte superior del barreno que contiene el taco.

La precaución que debe seguirse después de haber deslavado la parte superior del barreno al detonar la carga, es la de - evitar que la voladura arroje piedras ó materiales a grandes distancias por el exceso de explosivos.

CARGAS DIRIGIDAS O FOCALES.

Este tipo de cargas fué desarrollado a partir del descubrimiento que hizo C. E. Munroe en 1888, con una placa de metal y nitrocelulosa; Munroe observó que al grabarse unas letras en un bloque de nitrocelulosa y colocando la placa de metal en contacto con ellas, al detonar el explosivo, las letras se grababan sobre la placa y a la inversa, si las letras se trazaban en forma de sobrerrelieve, éstas quedaban en las mismas condiciones sobre la placa.

Este efecto tan especial, lo llevó a la conclusión de que se podía proyectar y concentrar a voluntad, el efecto de una carga explosiva, sobre un objetivo determinado. No fué sino hasta la --segunda guerra mundial, cuando se le encontró una aplicación -práctica a este efecto, desarrollandose en la actualidad de una forma tal, que a base de explosivos se moldean piezas y se hace una infinidad de trabajos, más rápida y économicamente, cuando se construyen piezas aisladas, ahorrandose el molde y en algunos casos el costo de prensas de gran capacidad; se han logrado también, con el método de los explosivos, piezas que prácticamente eran imposibles de obtener por el método del prensado, sin embargo, cuando se trata de la producción masiva de una pieza determinada, los métodos convencionales, son los más apropiados.

Esta propiedad de proyección de la carga ha sido empleada en la actualidad, para perforar materiales como el concreto, acero ó rocas, para que posteriormente, se coloquen cargas más grandes en las perforaciones hechas, para obtener una demolición -- más completa.

Como puede verse, este método, es muy práctico cuando nos es imposible efectuar una barrenación, ahorrandonos una gran cantidad de explosivos, al cambiar el tipo de voladura de embarre a una de barrenación.

Para obtener los resultados anteriores, logrando una eficiencia máxima del tipo de explosivo, es necesario fabricar ciertos artefactos especiales, que aunque muy simples, deben seguirse determinadas reglas en su construcción.

Estos artefactos constan esencialmente de las siguientes partes.

Un recipiente metálico en forma cilíndrica en uno de cuyos extremos se coloca un detonador y en el otro un cono de diferente material; este cilindro se coloca a una distancia determinada del objetivo, por medio de unas patas. (figs. 43, 44 y 45).

Todas estas condiciones, tienen su razón, pues a partir de los experimentos realizados, se ha visto que la mayor ó menor efectividad depende de los siguientes elementos:

a). - El tipo y la cantidad de explosivo; los explosivos de tipo deflagrante, dan poco resultado con este sistema, por lo que se recomienda el uso de explosivos rápidos, con una velocidad no menor de 6500/ m/seg.; el mismo TNT dá pobres resultados relativamente; dentro de ciertos límites, a mayor cantidad de explosivo, mayor será el diámetro de la perforación y mayor su profundidad.

b). - El tipo de material usado como cono, su ductilidad, su densidad y el espesor que se le dé.

La siguiente tabla, nos dá una idea más precisa de la relación de estos factores en una carga focal. (ver tabla VI)

Se ha observado que el aumento de espesor en un cono de determinado diámetro, dá por resultado un aumento en la penetración del objetivo; teniendo como límite un milímetro en el espesor, pasado este grueso, la profundidad no se incrementa y en cambio se puede llegar a un punto tal, que el efecto no sea el deseado.

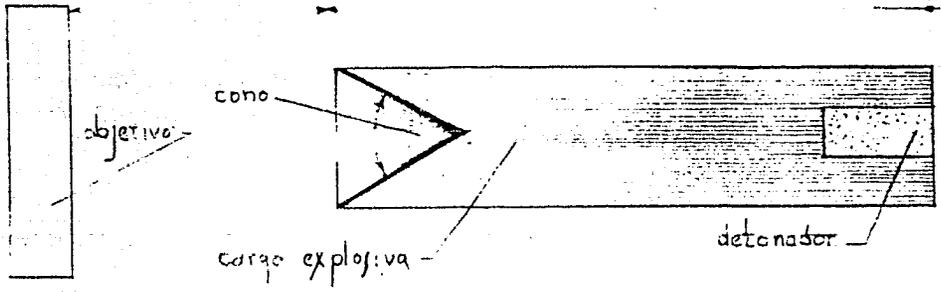


Fig. 43 Esquema de una carga focal con objetivo.

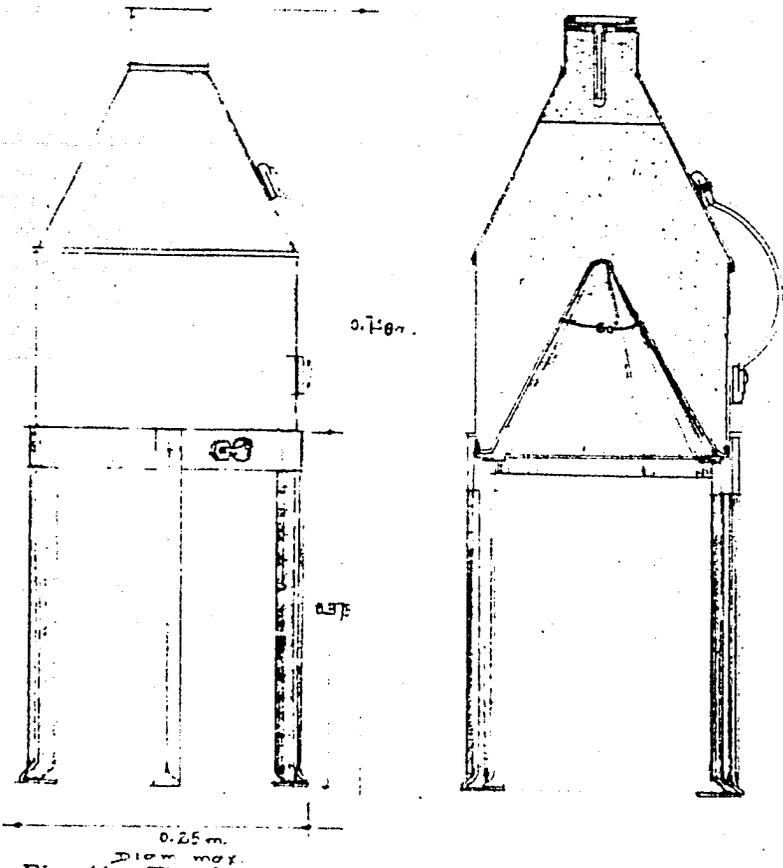


Fig. 44.- Tipo de artefacto para cargas dirigidas.

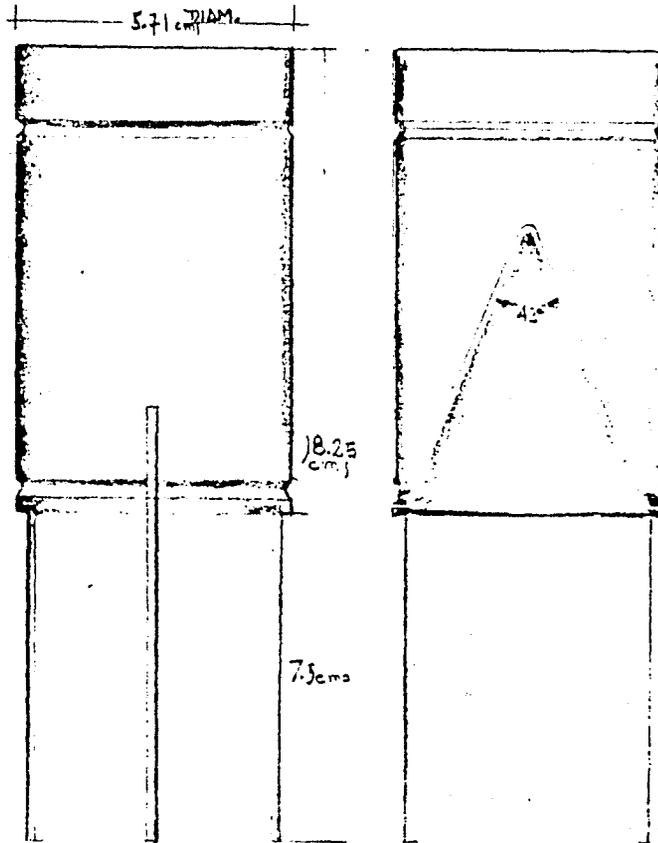


Fig. - 45 Tipo de artefacto para cargas dirigidas.

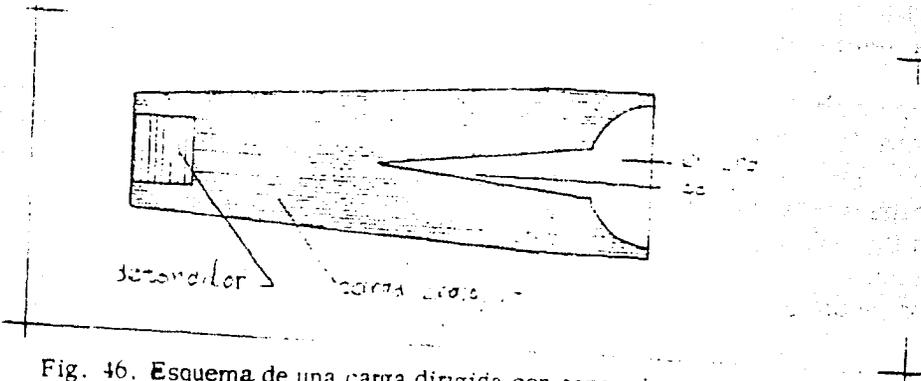


Fig. 46. Esquema de una carga dirigida con cono mixto.

Otro de los factores que fácilmente puede observarse, es que, - el volumen de la perforación de una carga focal, es prácticamente constante, pues a mayor penetración, menor diámetro e inversamente, a un diámetro mayor de la perforación se obtiene menor penetración.

Uno de los materiales que mejor resultado han dado en la fabricación de los conos, es el vidrio de alta densidad, ya que permite la colocación de otra carga focal inmediatamente después de ser detonada la primera, dejando la superficie del objetivo, lo suficientemente fría, para poder seguir trabajando, afortunadamente en voladuras bajo agua no existe este problema.

c). - Angulo interior del cono: El angulo interior del cono que sirve de proyección en una carga focal es de gran importancia, ya que una pequeña variación en éste, modifica el diámetro y la profundidad de la penetración.

A menor angulo del cono, se obtiene una concentración mayor de energía y una penetración mayor, aunque el diámetro de la perforación disminuye. Todo esto, desde luego dentro de ciertos límites.

Se ha encontrado que una combinación de un cono y una semiesfera (fig. 46) logra mayor penetración que el cono sólo, ó que la semiesfera, que simplemente hace más ancha la penetración.

d). - Distancia de la carga al objetivo: La distancia que se deje entre la carga y el objetivo modifica también los resultados de las cargas focales, pues se ha visto que el explosivo ejecuta un trabajo mayor cuando está separado del objetivo, sin embargo ésta distancia debe ser estudiada para cada tipo de artefacto de proyección y volumen de carga, para obtener de esta manera un mejor resultado.

Para explicar el porque la distancia al objetivo, la influencia del valor del ángulo y el tipo de material usado en la fabricacion, re producirémos por medio de figuras unas mágnificas fotografías del libro "Military Explosives" de la Armada de los E. E. U. U., donde se vé claramente la evolución que sufre una carga focal al ser detonada. (fig. 47)

TABLA VI.

EFECTOS SEGUN EL TIPO DEL MATERIAL DEL CONO EN -
CARGAS FOCALES.

| MATERIAL DEL CONO | DENSIDAD | PROFUNDIDAD OPTIMA (PLG) | DIAMETRO DEL AGUJE RO A LA EN- TRADA. (MM) |
|-------------------|----------|-----------------------------|---|
| COBRE | 22.00 | 18.75 | 45.00 |
| ACERO | 20.00 | 12.50 | 40.00 |
| ZINC | 18.00 | 11.25 | 55.00 |
| ALUMINIO | 6.75 | 12.50 | 57.5 |

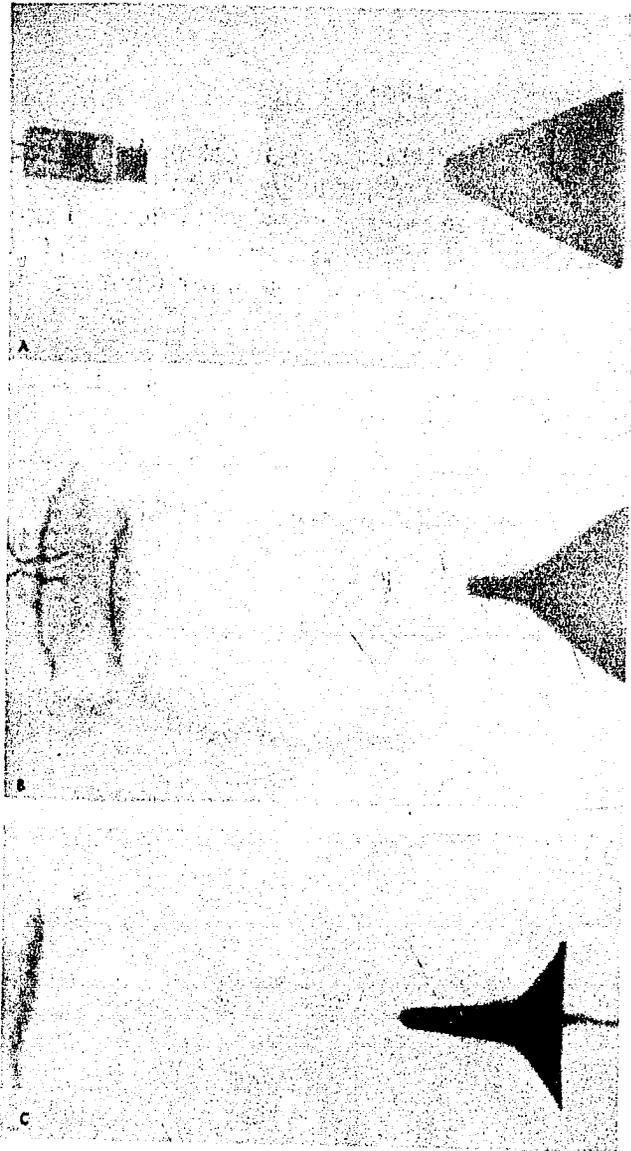


Fig. 47. Fotografías de los efectos y evolución que sufre una carga focal al ser

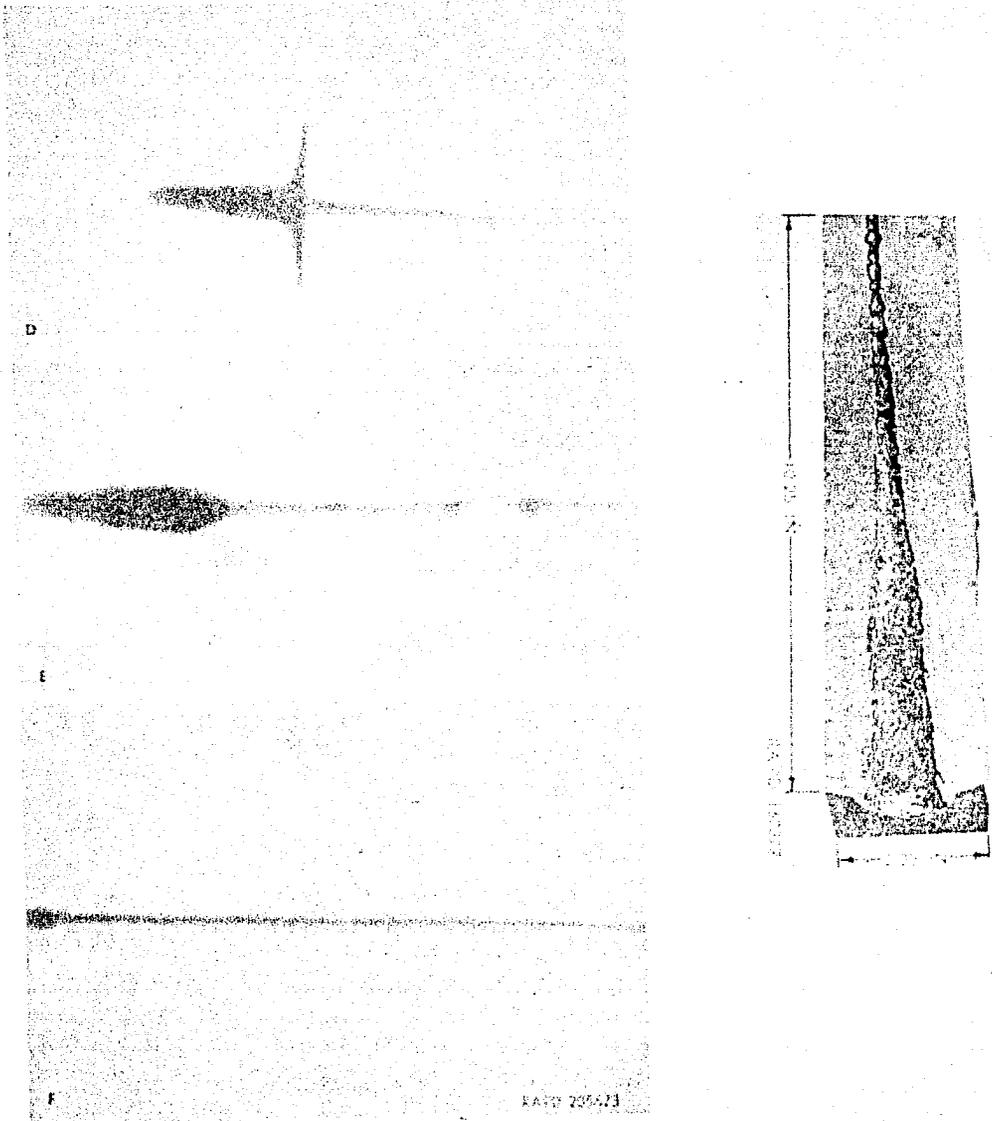


Fig. 47. Fotografías de los efectos y evolución que sufre una carga focal al ser detonada.

Las experiencias de cargas focales con explosivos comerciales -- son mínimas, pues solo se han usado para el sangrado de hornos -- en las industrias metalúrgicas, sin embargo, creemos que su --- uso puede ser muy práctico bajo agua (no existe en ocasiones --- la misma facilidad de barrenación), sobre todo en salvataje don- -- de se pueden aprovechar otros tipos de cargas focales, como son los artefactos para romper cadenas, cables, etc. (fig. 48)

Para tener idea de la potencia y efectos que puedan obtenerse con una carga de este tipo, daremos los resultados obtenidos por la -- Marina de los E. E. U. U. , con sus tipos de cargas focales dadas -- en su libro "Demolitions Materials", la M2A3 contiene 2,850 kg. de Pentolita (polvo cristalino de color blanco compuesto de TNT -- y PETN (Pentaeritratetranitrato) en proporción generalmente - - de 50/50 y cera, con esa proporción tiene una velocidad de deto- -- nación de 7500 m/seg. A este producto en Alemania lo conocen como Pentol ó Pentritol.) y es capaz de perforar una placa de - - metal hasta de 30 cm. de espesor y un muro de concreto armado hasta de 75 cm. de espesor con un agujero de 5 a 8 cm. de diá- -- metro.

La M3 con 7.5 kg. aproximadamente de Pentolita es capaz de per- forar un muro de concreto reforzado de 1.5 m. con un agujero de - - 12.5 cm a 6.25 cm de diámetro en la salida.

Así como estos, existen muchos otros tipos. (figs. 44 y 45)

En el uso de estas cargas focales bajo agua, hay que adaptarles - un aditamento para que, el agua que quedara entre el objetivo y - - la carga, no amortigüe la energía desprendida por el explosivo.

Con la adopción de este aditamento, las cargas focales, pueden ser de gran utilidad para ciertos trabajos sub-acuáticos, creemos, que valdría el esfuerzo de desarrollar una investigación, un poco más - profunda a este respecto.

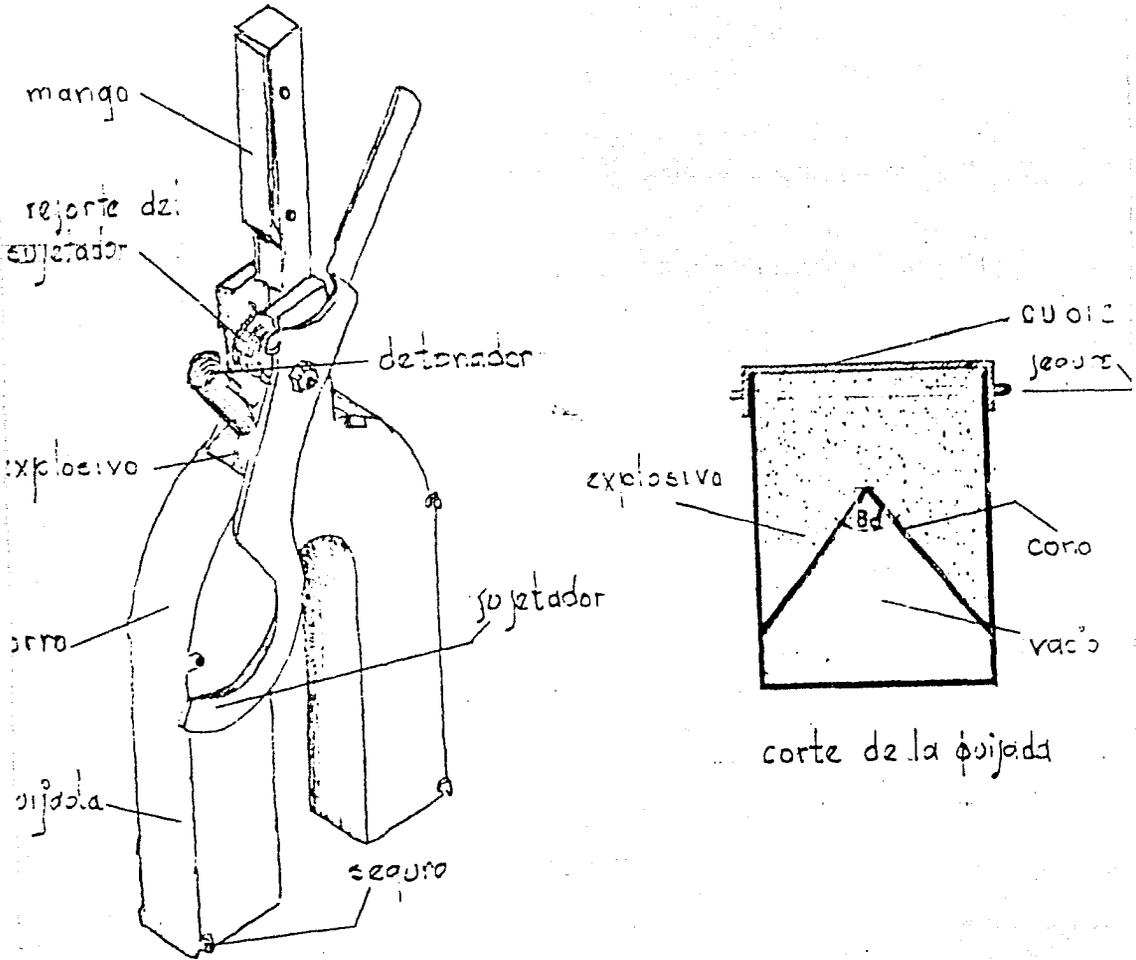


Fig. 48 Artefacto de carga dirigida para romper elementos de sección circular y cadenas.

Para corroborar la importancia del estudio y aplicación de cargas dirigidas, la DU PONT DE NEMOURS, ha sacado al mercado un nuevo producto denominado "DETASHEET". el cual, aunque no tiene el mismo fin de perforar un objetivo, para colocar en ese agujero una carga mayor, sí tiene la técnica de los explosivos modernos, de un gran control sobre el trabajo que puedan realizar, por lo que prácticamente, se enfoca su energía, es por esto que daremos algunos pormenores de este explosivo.

El "DETASHEET" es un explosivo flexible compuesto de Pentaeritritol Tetranitrato (PETN) y Elastómeros.

Es bastante insensible y se puede cortar en las formas que uno desee. (fig. 49)

El material explosivo es muy resistente al agua puede adquirirse en forma de cordón, hojas, figuras, cintas ó cualquier tipo de configuración que se le pueda dar al material, a base de presión y de un molde.

Esto es sumamente práctico por la adaptabilidad sobre todo tipo de objetivo, con el consiguiente ahorro de energía.

Dada la novedad y el tipo tan especial de explosivo, se cuenta con muy pocos datos de experiencias prácticas.

TIPOS DE DETASHEET.

Existen en el mercado dos tipos de "Detasheet", uno de color rojo, para uso comercial denominado "Detasheet A", y uno de color verde olivo que cumple con las especificaciones militares denominado "Detasheet C."

Aquí cabe, dar una explicación del porque, a lo largo de esta tesis se han dado nombres, especificaciones y usos a explosivos que actualmente, no se usan ó se venden comercialmente, restringiendo su empleo a la Fuerza Armada, tanto Nacional como Extranjera; -

sin embargo, dado el progreso acelerado en las investigaciones de hoy en día, las mejores aplicaciones y bajos costos de las substancias que componen estos explosivos, así como el descubrimiento continuo de nuevos componentes, hacen que todos estos factores influyan para que lo que fué de un dominio exclusivo de las Fuerzas Armadas, pasen pronto al uso civil, para proporcionar una mayor productividad al género humano.

Estas son las razones principales por las que se han incluido - dentro de estas tesis, los explosivos citados, así como los co me rc ia l e s de otros países.

Los fabricantes de los explosivos "Detasheet", han puesto a la venta el "Detasheet A" fabricado en hojas de diferentes espesores, mientras que el "Detasheet C", se proporciona en todas -- las formas imaginables.

Las principales especificaciones de estos productos, son las siguientes:

| CARACTERISTICAS | DETASHEET A | DETASHEET C |
|--|-------------|---|
| MATERIAL EXPLOSIVO | 85 % PETN | 63% PETN 8%-- NC NITROCELU- LOSA. |
| VELOCIDAD DE DETONACION. | 7200 m/seg. | 7000 m/seg. |
| DENSIDAD. | 1.48 gr/cc. | 1.48 gr/cc. |
| TIEMPO GARANTIZADO DE ALMACENAMIENTO A LA TEMPERATURA - AMBIENTE | 1 año | indefinido. |

METODOS PARA EL USO Y FORMAS PARA DETONAR EL -
"DETASHEET".

El fabricante, recomienda el uso de pegamentos para obtener un contacto mayor entre el explosivo y el objetivo, sobre todo, cuando se busca una carga dirigida para obtener un resultado -- preciso. Sin embargo, esto no es indispensable para lograr una gran eficiencia.

Existen tres métodos para encendido y las figuras (50 a, b y c) nos los muestran claramente; para detonar el "Detasheet" es su ficiente una cápsula del #6 colocandola siempre con la carga ex plosiva dirigida hacia la masa mayor del explosivo.

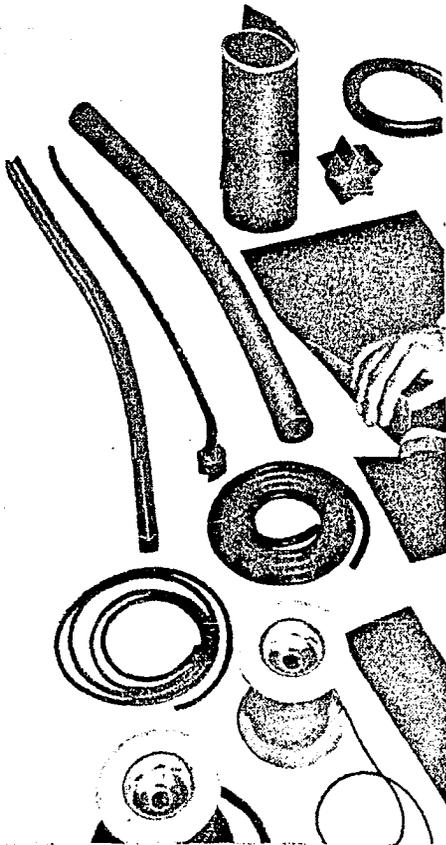


Fig. 49. Diferentes tipos y formas de Detasheet.

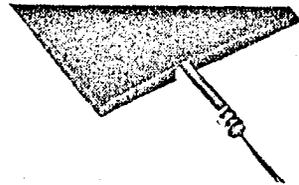
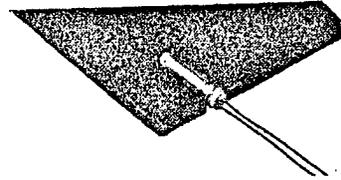
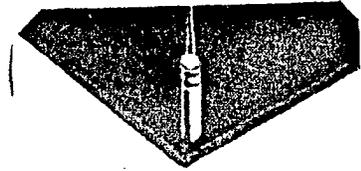


Fig. 50. - Métodos para detonar hojas de Detasheet.

VOLADURA EN ROCAS

GENERALIDADES:

Uno de los trabajos más comunes en ó con explosivos, es la voladura de rocas que presentan obstaculos para la navegación, ó han sido causa de naufragios y/ó encayamiento siendo necesario quitarlas para poner a flote la embarcación. Es muy importante también, la voladura de mantos rocosos para profundizar un canal de navegación, lecho de un río navegable ó un puerto al que se le quiere aumentar su capacidad de calado, ensanchamiento, etc.

Es útil por lo tanto, conocer los diferentes tipos de materiales que se pueden encontrar y los métodos que sean más convenientes para aprovechar sus propiedades, buscando una economía tanto en explosivos, como de trabajo en general.

La experiencia en el campo, para determinar la clase de roca ó el tipo de terreno, facilita la selección del explosivo y sobre todo el tipo de barrenación y la cantidad necesaria de material para obtener mejores rendimientos, pues algunas clases de roca por su naturaleza o edad tienen juntas o vienen en forma de lascas cuyo conocimiento facilita la colocación de las cargas.

MÉTODOS PARA VOLAR ROCAS:

Existen tres métodos diferentes que se pueden aplicar, para volar una roca; la elección de uno de ellos depende de la localización del objetivo, su dureza y las herramientas ó equipo con que se cuenta.

A) BARRENACION:

Este método consiste en barrenar una roca con equipo de perforación ó aprovechar una hendedura natural para colocar la carga; el agujero debe llegar al centro volumétrico de la ro-

ca para utilizar menor cantidad de explosivo pero con un volumen lo suficientemente grande para depositar en la cantidad de explosivo requerido y un espacio para el taco, el cual debe ponerse, tanto en voladuras en tierra como bajo agua. --- figura (51) .

El método de barenación, es el más efectivo porque se aprovecha al máximo la capacidad de trabajo, ahorrándose una gran cantidad de explosivo, sin embargo, hay que aumentar el valor de los explosivos al costo de la barrenación.

B) EMBARRE O PLASTA:

El método de embarre, consiste en colocar la carga sobre la roca, cubriéndola con un taco de aproximadamente 10 cm. ahorrándose con esta última operación hasta un 20% de explosivos. (52)

Para obtener mejores resultados, se debe depositar el explosivo en una depresión, hendidura ó junta de la roca.

La aplicación del método de embarre, es práctico, cuando no se cuenta con métodos de perforación ó que la roca este muy enterrada y solo se vea una fracción, en caso de que la roca sea más ancha que alta, es conveniente dividir la carga.

De los tres métodos, este es el más facil de aplicar, pero al mismo tiempo el que requiere mayor cantidad de explosivo.

Debe procurarse que el taco empleado, no contenga piedras ó cualquier otro tipo de material que pueda convertirse en un proyectil, en el momento de la explosión.



Fig. 51 Método de barrenación.



Fig. 52 Método de embarre ó plasta.

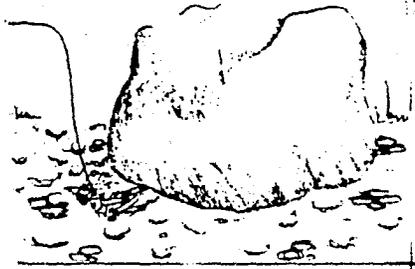


Fig. 53 Método de culebra.

C) METODO DE CULEBRA:

Este método consiste en hacer un pequeño agujero con un atacador ó palo, entre la roca y el material en que esté incrustada y en él, depositar la carga calculada, atacandola posteriormente. (fig. 53)

Al colocar el explosivo en la forma antes indicada, debe procurarse que esté lo más unido posible a la roca para obtener mejores resultados.

Con este método, se obtienen dos tipos de fuerzas, una que trata de volar la roca, y otra que la empuja fuera del seno donde se encuentra, esta última condición, debe proveerse en el caso de que existan instalaciones ó canales de navegación cercanos, que pueda provocar con el desplazamiento de la roca, un peligro o un nuevo obstáculo.

Este método es más efectivo que el de embarre y de utilizarse cuando sea posible en lugar del anterior.

Se recomienda, colocar el cartucho cebado, lo más cerca posible del taco para concentrar mejor la energía producida.

En la tabla VII se puede apreciar la diferencia en peso de explosivos que se utiliza para volar un determinado objetivo -- con los tres métodos diferentes.

D) CANTIDAD DE EXPLOSIVOS:

La cantidad de explosivos varia de acuerdo con el tipo de roca y el método empleado.

El tipo de rocas que requiere más explosivos es el basalto

la roca ignea, siguiendole el neiss, conglomerados densos - y rocas tepetatasas, variando la cantidad de explosivos de - 0.15 Kg. por M³ a 5 Kg. por M³ de TNT.

Se ha obtenido así mismo, una relación aproximada de las - cargas de TNT necesarias para volar un M³ siguiendo los - métodos antes descritos, encontrándose que si se considera un 100% a la carga colocada por el método de embarre, para volar un objetivo, se requiere un 75% por el método de culebra y un 12.5% por el método de barrenación para lograr -- aproximadamente los mismos efectos.

Esta misma relación la podemos apreciar en la tabla VII, -- donde se ha colocado las cargas de los tres tipos diferentes para un objetivo de determinado diámetro. Dados los multiples factores que pueden modificar estos valores a veces no concuerdan con los estipulados en el párrafo anterior, pero siempre es útil tener una idea aproximada de esta relación.

TABLA VII

| DIAMETRO DE LA ROCA EN - METROS. | METODOS | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------|-------------|
| | EMBARRE | CULEBRA | BARRENACION |
| | CANTIDAD APROXIMADA DE TNT EN KILOS | | |
| 0.50 | 0.500 | 0.250 | 0.060 |
| 0.60 | 0.700 | 0.250 | 0.060 |
| 0.90 | 0.950 | 0.350 | 0.125 |
| 1.20 | 1.600 | 0.950 | 0.175 |
| 1.50 | 2.750 | 1.350 | 0.250 |

NOTA: Las cantidades de explosivo obtenidas en la tabla(VII) - varían mucho con el tipo de roca usado.

SALVATAJE DE UN BARCO ENCALLADO EN UNA SALIENTE.

Es común que encallen barcos cerca de las costas, en rocas que no se ven al exterior y que por descuido, mal tiempo ó falta de señales, los barcos se accidenten.

El método a seguir más conveniente es el de volar la roca a una distancia tal, que no afecte el casco, el procedimiento es el siguiente:

- a). - Se efectua una inspección visual del daño, observando con cuidado la forma en que quedó la roca, su tipo, etc.
- b). - Se sella de ser posible al exterior y al interior del banco alrededor de la roca, buscando una fuerte adherencia entre el metal del casco y la roca.
- c). - Se perfora alrededor del obstáculo y a una distancia de 60 a 90 cm. del barco, pequeños agujeros donde se depositan cargas chicas las cuales se detonan.
- d). - Se repite la operación tantas veces como sea necesario, cuidando de no provocar daños a la embarcación.

La punta de roca al desprenderse nos puede servir de sello hasta que se pueda reparar el barco apropiadamente.

Si la punta que perforó el casco proviene de un manto coralífero, es conveniente proveer un taponamiento completo, ya que el coral por sus características, no es seguro para que quede como parche del casco.

La figura 54, nos muestra gráficamente el procedimiento antes descrito.

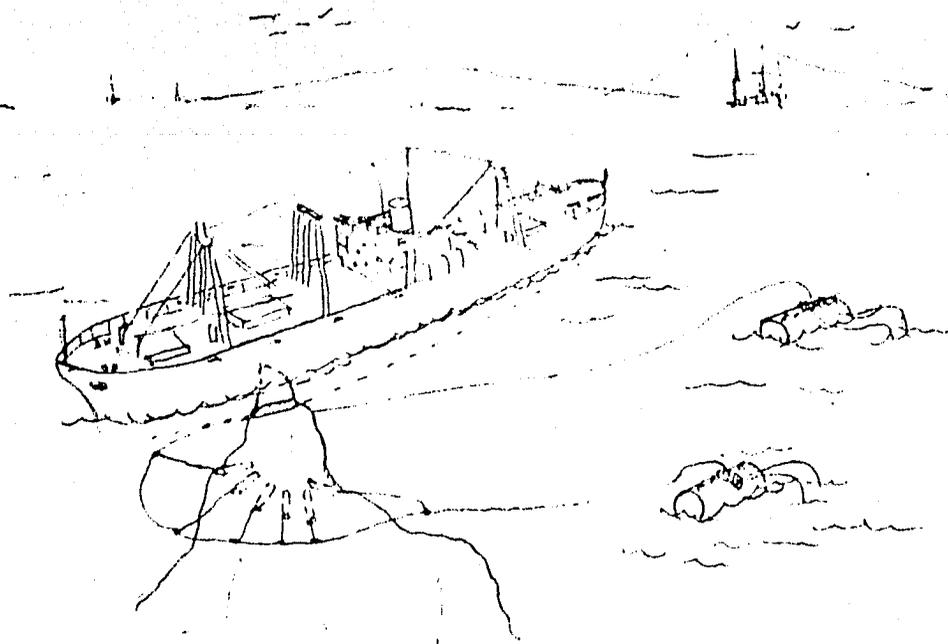


Fig. 54. Uso de explosivos para desencallar un barco.

ZANJEO Y ALTERACION DE CANALES.

GENERALIDADES:

El zanjeo ó cualquier cambio en la dirección ó profundidad de un canal, puede ser hecho con el uso de explosivos, sin embargo, cuando el tipo de terreno ó la magnitud de obra permiten otro tipo de excavación debe hacerse uso de maquinaria, dragas, air lift, etc.

Para un trabajo de zanjeo ó alteración de un canal, hay que pensar e investigar principalmente los siguientes conceptos:

- a). -Profundidades necesarias.
- b). -Tipo de canal existente, natural ó hecho por el hombre.
- c). -Tipo de suelo y su configuración.
- d). -Magnitud y dirección de las corrientes en diferentes épocas
- e). -Tipos de suelo adyacentes ó cercanos al lugar de trabajo
- f). -Intervalos y duración de las mareas.
- g). -Vientos
- h). -Movimiento de embarcación y su tipo
- i). -Pruebas preliminares.

a). - Profundidades necesarias: Es necesario hacer un levantamiento topográfico para determinar el estado actual del canal ó zona de trabajo y a partir de estos datos ver el volumen de material que es necesario remover ó extraer, para obtener el nivel deseado.

b). - Si el canal es natural, probablemente se necesite enderezar su cause para que este conserve dentro de lo posible una línea recta.

c). - El conocimiento del tipo de suelo junto con su configuración, ayudarán mucho, en la selección y colocación de explosivos, así como en el calculo de la cantidad aproximada de explosivos que se van a ocupar .

d). - Es de importancia conocer las corrientes existentes en diferentes épocas del año, así como las direcciones que siguen, - porque esto implica necesariamente un acarreo constante de materiales que pueden ser muy perjudiciales; las corrientes también influyen en la determinación de la dirección y sentido de los canales.

e). - Los tipos de suelo adyacentes y su estado de descomposición ó intemperización pueden representar sonas de acarreo de materiales que puedan en un momento dado obstruir el canal, - que se va a hacer.

f). - El conocimiento de las mareas es necesario en la construcción de un canal, ya que muchas veces es imposible económicamente excavar lo suficiente, para que pase cualquier tipo de barco, por lo que hay que preveer una ayuda de las mareas, excavando lo suficiente en determinados puntos únicamente.

g). - Los vientos y su protección para la navegación influyen mucho en la determinación de la dirección de los canales.

h). - Movimiento de embaraciones: El conocimiento aproximado de la cantidad y capacidad de los barcos que vayan a pasar por el canal en cuestión, nos va a determinar junto con los datos - anteriores, el proyecto y dimensiones necesarias del canal, para que éste nos rinda el servicio esperado.

POLVORINES. -

Por polvorín se entiende el lugar ó construcción donde se almacenan explosivos por un tiempo determinado.

La construcción de un polvorín requiere del cumplimiento de -- ciertas especificaciones para que funcione debidamente. y no se maltraten ó descompongan los explosivos ahí guardados. La experiencia ha demostrado que una gran cantidad de fallas en el campo, se deben a errores en el almacenaje.

UBICACION. -

La localización de un polvorín debe ser objeto de una buena selección ya que además de cumplir con las distancias mínimas - que debe guardar con respecto a edificios ó vías de comunicación es conveniente que éste se encuentre en un lugar donde sin perturbar la construcción y seguridad de las obras, sea económica su operación. (ver tabla VIII)

Debe estar protegido de incendios y localizado en tal forma que tengan barreras naturales en caso de un accidente, de lo contrario habrá que construir las barreras artificiales.

Es un error colocar los explosivos en cavernas ó cualquier otro lugar húmedo y sin ventilación que puedan provocar una aceleración de la descomposición de los explosivos, junto con los cambios extremos de temperatura del lugar.

Antes de construir un polvorín es necesario consultar los planos y reglamentos del lugar, así como seguir las especificaciones de distancias mínimas.

TABLA VIII. -

CUADRO DE DISTANCIAS PARA ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS. -

| EXPLOSIVOS | | DISTANCIAS EN METROS CUANDO EL - | | | |
|------------|---------|----------------------------------|--------------------|------------------------|----------------------------------|
| KILOS | | POLVORIN TIENE BARRERA. | | | |
| De: | A; | Edificios Habitados | Vías - Férreas. | Carreteras Públicas | Separación de los Polvorines. |
| 1 | 2.5 | 21 | 9 | 9 | 1.8 |
| 13 | 18 | 42 | 17 | 17 | 3.5 |
| 90 | 115 | 77 | 32 | 32 | 7 |
| 455 | 545 | 129 | 52 | 50 | 12 |
| 910 | 1,130 | 166 | 67 | 58 | 15 |
| 1,810 | 2,270 | 208 | 84 | 68 | 18.5 |
| 2,720 | 3,180 | 234 | 94 | 74 | 21 |
| 3,630 | 4,080 | 254 | 102 | 77 | 23 |
| 4,540 | 5,440 | 266 | 112 | 82 | 25 |
| 9,070 | 11,340 | 321 | 143 | 96 | 32 |
| 20,420 | 22,680 | 426 | 180 | 128 | 41 |
| 29,500 | 31,750 | 490 | 201 | 148 | 47 |
| 40,800 | 43,100 | 545 | 222 | 164 | 55 |
| 54,400 | 59,000 | 571 | 247 | 170 | 66 |
| 95,300 | 104,300 | 640 | 298 | 193 | 96 |

VOLADURAS EN MANTOS ROCOSOS.

GENERALIDADES:

Para efectuar voladuras en mantos rocosos bajo agua, el técnico ó ingeniero especializado, debe considerar algunos factores que diferencian a estos trabajos de los realizados en tierra.

Es indudable, que para atacar un manto rocoso bajo agua, - deben proyectarse y planearse perfectamente las operaciones que generalmente son grandes y costosas.

Antes de iniciar un trabajo de este tipo, debe hacerse una - inspección visual para buscar el mejor punto en donde empezar el ataque al manto y observar las condiciones topográficas del lugar, efectuar pruebas directas para encontrar los mejores rendimientos, para ahorrar barrenaciones que es lo que más cuesta en estas voladuras.

Debe estudiarse antes, la posibilidad de efectuar estos trabajos en seco, esto es, formar pequeñas ataguías y extraer el agua para poder volar con los métodos empleados en la - superficie, esto puede hacerse únicamente, cuando el tirante del agua es pequeño y las áreas por atacar son mínimas.

Otro de los problemas graves que se tienen en estas voladuras son las vibraciones causadas por los explosivos al momento de detonar, ya que generalmente se efectúan en zonas pobladas, con instalaciones portuarias, cortinas de concreto u otros materiales y edificios públicos; para evitar este contratiempo en lo posible, existen métodos, sistemas de - barrenación y encendido que se detallan más adelante, así - como la colocación de cortinas de aire que impiden en un -- gran porcentaje, el paso de las ondas de choque evitando de

esta manera vibraciones fuertes en los lugares protegidos por ellas, Este procedimiento también se describe en una forma más explícita en otro capítulo.

Debe analizarse con cuidado todos y cada uno de los puntos -- tratados al principio de esta sección para lograr una mejor -- planeación, tales como, horario de mareas, época de vientos fuertes, profundidad de operación, protecciones naturales con tra las corrientes y el oleaje, posibilidad de almacenaje de ex plosivos; selección del equipo y personal adecuado, etc.

Entre los factores específicos más importantes que deben ser considerados en una voladura bajo agua de mantos rocosos, - para calcular las cargas y obtener un mejor rendimiento económico, son los siguientes:

- a). - Selección del explosivo.
- b). - Rompimiento.
- c). - Fallas de perforación.
- d). - Esponjamiento.
- e). - Fragmentación
- f). - Número de barrenos que pueden ser cargados y volados.

SELECCION DEL EXPLOSIVO: Aunque la variedad de explosivos que pueden utilizarse bajo agua para este tipo de trabajo, - en México, no es muy grande y se deba seleccionar el explosivo ó combinación de ellos, que cumpla con los requisitos necesarios para efectuar una voladura segura y al mismo tiempo - que su rendimiento sea tal que se logre en éxito deseado con - un costo mínimo.

Para escoger el ó los explosivos adecuados se debe tener en - cuenta:

- 1). - La magnitud de la voladura.
- 2) - La profundidad promedio y máxima a la que se va a trabajar
- 3). - Tiempo que van a permanecer los barrenos cargados sin detonar
- 4) - La proximidad de los barrenos para evitar cuando se desee, una detonación por simpatía.
- 5). - Resistencia al medio ambiente (altas ó bajas temperaturas, humedad, etc.)
- 6). - Facilidad y condiciones adecuadas para la construcción y localización de los polvorines.
- 7). - Selección del diámetro del cartucho más práctico.
- 8). - Selección del explosivo de acuerdo con el objetivo buscado esto es, si se requiere un explosivo rápido para desintegrar ó uno lento que sea capaz de demoler obteniéndose rocas grandes que puedan ser removidas con gruas ó que por acción de la gravedad desciendan a planos más profundos del buscado, también depende del tipo de roca y su intemperización, etc. etc.

1). - MAGNITUD DE LA VOLADURA: La magnitud de la voladura influye muchas veces en la selección del tipo de explosivos por el manejo de cantidades grandes y continuas de los mismos y por consiguiente, las precauciones especiales que se deben tener para evitar accidentes ó daños por los efectos de las cargas, precauciones que estaran en función directa del personal que trabaje.

Ha habido ocasiones en que por orden de las autoridades del lugar, se ha tenido que variar completamente de un explosivo solido a uno líquido, como medio de protección por la cantidad tan grande de ellos requeridos en la cercanía de una población ó por el tránsito continuo de grandes embarcaciones.

También la magnitud de explosivos necesarios influye en su selección, por los problemas de transporte de las fábricas a los

polvorines y de estos al lugar donde se van a usar; lo cual puede efectuarse con camiones especiales, aviones, barcos y pequeñas embarcaciones, dependiendo de la accesibilidad al punto de trabajo, de la disponibilidad de los medios y de las reglas especiales de seguridad; que provocan la eliminación de uno ó varios de estos tipos de transporte ó el cambio del explosivo elegido.

La mayor ó menor cantidad de cargas que se empleen en una voladura, influye basicamente en la determinación y selección del tipo de explosivo, pues entre más grande sea la voladura, más tiempo permanecerán los explosivos en el agua bajo presión, provocando su descomposición y la posibilidad de un accidente.

2). - PROFUNDIDAD: La profundidad es uno de los factores que influyen en el momento de escoger el tipo adecuado de explosivo ya que el incremento de presión sobre la carga, en un medio acuoso da lugar a una descomposición química en ciertos explosivos, disminuyendo ó nulificando su capacidad de trabajo.

Son pocas las experiencias científicas que se han llevado a cabo para determinar con precisión las causas y efectos del aumento de presión, por la poca experiencia que se ha tenido hasta el momento en este campo, sin embargo, el incremento en las explotaciones petroleras a diferentes profundidades en las plataformas continentales de varios países, la instalación de cables y tuberías, el aumento del calado en los puertos, los estudios geológicos submarinos, etc., proporcionan cada día los conocimientos y las técnicas adecuadas para obtener el máximo rendimiento de un determinado tipo de explosivo.

Es obvio que al aumentar la profundidad y por ende la presión ejercida sobre cualquier objeto, ocasione una disminución en la capacidad de trabajo de cualquier explosivo, obligando a un estudio de profundidad promedio y máxima para seleccionar el

explosivo adecuado y la cantidad necesaria requerida para un objetivo determinado.

3). - RESISTENCIA AL AGUA: La resistencia al agua es uno de los factores que más influyen en la selección del tipo ó combinación de explosivo para ejecutar un trabajo, como se vió anteriormente, existen voladuras de gran tamaño que obligan a que los explosivos permanezcan mucho tiempo sin detonarse, requiriendo materiales con bastante resistencia al agua, sales en solución, presión, etc.

La localización de la carga, influye mucho a su vez, en la resistencia que puede tener un explosivo, pues no es lo mismo colocar una carga donde exista una corriente de agua, que donde ésta esté estanca: dejar un explosivo en contacto con un volumen grande de agua ó depositarlo en un barreno cuyo líquido se pueda saturar de las sales desprendidas de la carga.

Es natural que el tipo de envase cambie la resistencia de un explosivo al agua, sobre todo si estos son herméticos y contruidos a base de metal ó productos plásticos.

Existen fábricas en diferentes países como Suecia, Inglaterra, etc. donde se ha estudiado la resistencia al agua de sus diferentes productos, las cuales pueden variar por diferencia de presiones ó por las causas antes expuestas; en las tablas de propiedades de los diferentes explosivos, se puede observar esta variación de resistencia.

4). - DETONACION POR SIMPATIA: La detonación por simpatía es una de las propiedades a las que no se les ha dedicado la -- atención debida y la cual es de suma importancia para éste tipo de voladuras, sobre todo si existen construcciones ó instalaciones cercanas al lugar de trabajo.

La propiedad de detonación por simpatía aumenta considerablemente en el agua, por la incompresibilidad de ésta, dándose el caso, de que cargas que están lo suficientemente alejadas para que no detonen por simpatía en el aire, en el agua si lo hacen, ó aún, cargas en barrenos separados convenientemente, pueden detonar, si la roca ó manto rocoso tiene hendiduras ó fisuras que permitan el paso del agua.

El problema que se tiene al provocarse una detonación por simpatía es que, el control de los efectos de las cargas sobre el objetivo se pierde, así como el de las vibraciones provocadas por efecto de la explosión, disminuyendo la eficiencia buscada ó causando desperfectos que bajo un control de encendido no hubieran existido; Una de las técnicas que se emplean actualmente para evitar ó disminuir las vibraciones es la de usar, un encendido a base de estopines de tiempo, produciéndose al detonar una superposición de ondas de choque que van nulificando sus efectos, entre ellas mismas, variando considerablemente los resultados sobre las instalaciones ó construcciones que se están protegiendo.

Esta técnica es muy usada actualmente tanto en voladuras bajo agua como en tierra y se ha comprobado con la colocación de sismógrafos en los lugares estratégicos, que una variación de algunos milisegundos en el encendido de una carga determinada, provoca las mismas vibraciones que una, diez veces menor que haya sido detonada con estopines instantáneos.

Por lo antes mencionado, se puede ver lo importante de conocer la propiedad de cada explosivo de detonarse por simpatía y los problemas o beneficios que esto puede reportar en cada caso, ya que por el contrario, muchas veces lo que se busca, cuando no existe el problema de vibraciones, es una voladura donde todas las cargas detonen simultáneamente.

5. - RESISTENCIA AL MEDIO AMBIENTE: La resistencia a los diferentes cambios de temperatura tanto en la superficie como bajo agua, debe tenerse muy en cuenta, cuando se va a trabajar en lugares con climas extremos, pues hay explosivos que cambian mucho su sensibilidad, cuando la temperatura es muy baja, aumentando la posibilidad de un accidente ó disminuyendo su capacidad de trabajo.

En cambio una temperatura alta puede provocar la descomposición parcial ó total de un explosivo, dificultando su manejo y almacenamiento ó también aumentando su sensibilidad y el peligro consiguiente en su empleo, así como variación en sus propiedades.

Debe evitarse el uso de explosivos que presenten síntomas de descomposición procediéndose a su destrucción inmediata, siguiendo para ello, las indicaciones expresas del fabricante.

6. - FACILIDAD Y LOCALIZACION DE LOS POLVORINES: La localización de un polvorín puede resultar un serio problema, cuando el lugar de trabajo, sea un puerto de mucho movimiento, tanto en tráfico terrestre como marítimo y más aún, si se mueven cargamentos de productos inflamables; obligando a reducir el volumen y tiempo de almacenaje, también las autoridades pueden negar el uso de determinado tipo de explosivos por el peligro parcial que sus propiedades específicas puedan presentar.

7. - DIAMETRO DE LOS CARTUCHOS: El diámetro de los cartuchos viene determinado por el equipo de barrenación con que se cuenta, la profundidad de trabajo, resistencia al agua del explosivo y el tiempo de permanencia, etc.

Se han desarrollado aparatos neumáticos para cargar barrenos tanto en tierra como bajo agua, su empleo en ciertos casos, puede ahorrar mucho tiempo y dinero; el problema estriba en ----

tener el cartucho del diámetro que cumpliendo con todas las especificaciones pueda ser cargado con estos aparatos.

8). - SELECCION DE UN EXPLOSIVO POR EL TIPO DE TRABAJO A REALIZAR: Uno de los elementos más importantes a considerar en toda voladura terrestre como sub-acuática, es la de seleccionar el explosivo de acuerdo a las propiedades geológicas del manto rocoso, aunadas a todos los factores anteriores, buscando los resultados planeados a partir de la inspección visual.

El costo de los diferentes explosivos es muy variable y muy a menudo, puede usarse uno más barato con iguales o mejores resultados, todo el problema consiste, en una planeación correcta por el técnico o ingeniero especialista, a partir de los conocimientos adquiridos de la zona de trabajo, del objetivo buscado y sobre todo, de las pruebas preliminares realizadas en el lugar.

Es muy diferente el tipo de explosivo requerido, si se va a ensanchar un canal, del necesario en la excavación de una zanja al utilizado en un manto de roca granítica sana; del empleado en una piedra caliza, etc.

ROMPIMIENTO: El esfuerzo realizado para romper ó desintegrar una roca ó una sección de un manto rocoso, bajo agua, no es el mismo al realizado en la superficie; ya que en el agua se requiere más energía con el aumento de profundidad a la que se trabaje, debido a la presión ejercida por la columna de agua sobre la superficie de contacto y el esfuerzo necesario para transformar la energía estática de la misma, en energía cinética; todo esto obliga a aumentar la carga ó reducir el espacio entre barrenos.

Para el cálculo de cargas en mantos que esten a baja profundidad (no mayor de 15 m.) se puede seguir una regla práctica;

se reduce la longitud de la línea de menor resistencia así como la distancia entre barrenos, en un 10%.

También se puede dejar la misma línea de menor resistencia - pero se disminuye en un 20% la distancia entre barrenos, teniendo en cuenta la siguiente consideración para mantos de poca altura.

No debe olvidarse que en toda voladura en frentes rocosos, donde se perforan varias líneas de barrenos, se obtienen mejores resultados. si se disminuye en un 10% la distancia entre las filas posteriores, (ver fig. 55)

Existe otra regla práctica para voladuras bajo agua, y es la siguiente; la distancia entre agujeros debe ser igual a la profundidad de barrenación sin olvidar que la línea de menor resistencia debe ser igual ó poco menor a la distancia entre barrenos.

PROYECCION: En voladuras de mantos de determinada altura es necesario perforar varias líneas de barrenos lo que motiva, un aumento de las cargas requeridas para romper y proyectar fuera del banco, las rocas obtenidas por los explosivos de las filas posteriores, de no hacerlo, únicamente se obtendrá una fracturación y reacomodo de las rocas.

La consideración de este concepto, es de relativa importancia cuando la barrenación se efectúa con equipo manejado por personal humano, debido a las constantes desviaciones y fallas de perforación, en cambio, cuando la barrenación se efectúa con aparatos montados en elementos fijos o semifijos y la barrenación es de gran diámetro, estos errores de barrenación disminuyen enormemente por lo que la sobrecarga necesaria, para una buena proyección es determinante, en el primer caso.

La inclinación en la barrenación influye mucho para el cálculo de esta sobrecarga ya que se requiere la mitad de aumento, -

Cuando la inclinación es de 1:2 y va hacia adelante y de abajo a arriba de aquella que tenga una relación de 1:3.

En la figura 55 se puede observar la variabilidad de la línea de menor resistencia, para compensar este efecto en una barrenación de 5 cm. de diámetro, aquí se puede ver que la línea Y1 que representa a una voladura con una sola línea de barrenación, varía proporcionalmente hasta una determinada altura del banco, después de este punto, permanece constante, no así la línea Y2 que representa a una voladura con barrenación en varias hileras, comparandola con la anterior se observa como es necesario disminuir la línea de menor resistencia entre mayor sea la altura del frente, pudiendose considerar que esta reducción se haga en un 8% para frentes de poca altura y se aumente en proporción a la gráfica, para frentes mayores.

En lugar de disminuir la línea de menor resistencia se puede reducir el espacio entre barrenos, obteniendose los mismos resultados.

ERRORES DE BARRENACION: Dentro del cálculo de una carga de barrenos bajo agua y por consiguiente en la planeación y en el presupuesto de una voladura sub-acuática debe tenerse en cuenta el error en las perforaciones, pues este factor influye mucho, en la cantidad de explosivos calculados, por lo que se debe prever un porcentaje más.

La magnitud del error varía de acuerdo con la forma de ejecutar la barrenación, pues si esta es hecha por un buzo con equipo de perforación se debe considerar según experiencias Suecas, un error de cuando menos 20 cm. del punto de partida y una desviación en la dirección deseada de perforación de 5 cm. por metro; en cambio cuando ésta se ejecuta con equipos especiales y montados sobre una plataforma fija, el error varía proporcionalmente con la profundidad del agua en

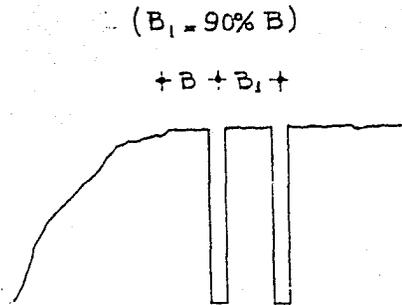
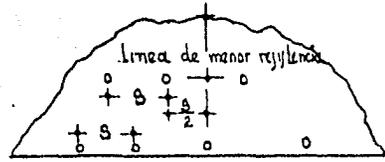
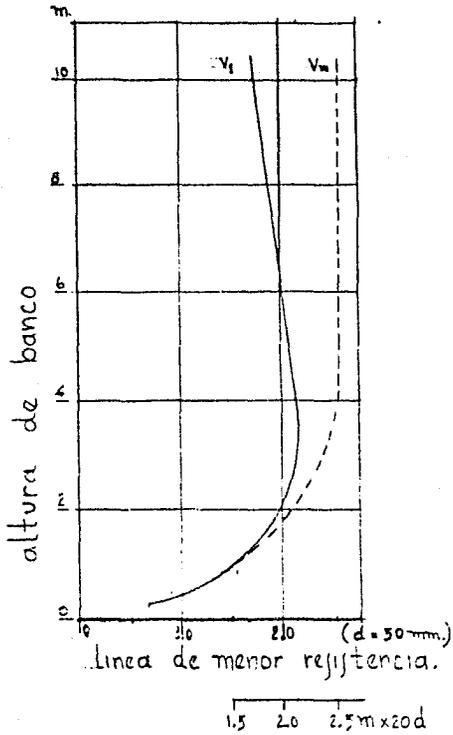


Fig. 55.- Línea de menor resistencia y distancia entre barrenos.

el punto de partida y la inclinación, ésta depende de varios factores aunque se considera una desviación satisfactoria de 3 cm. por metro cuando la plataforma esté bien fija

Se debe considerar al calcular la sobrecarga por error de barrenación, que si en tierra se tiene este problema, bajo agua las dificultades con que se tropieza son mayores aunque los elementos atmosféricos sean favorables y las precauciones tomadas suficientes.

En función de las causas anteriores, se considera la necesidad de prevenir y corregir en una proporción del cuadrado de la profundidad máxima desde la superficie, del barreno perforado, todos los factores antes indicados.

Estos errores disminuyen mucho, si se utilizan barrenos de gran diámetro.

FRAGMENTACION: Otro elemento importante a tomarse en cuenta para obtener un valor aproximado de la carga necesaria para un barreno, es la fragmentación deseada, pues debe aplicarse una sobrecarga para igualr a la que se obtuviera en tierra.

También se debe considerar que la barrenación y los trabajos para ejecutarla, son mucho más costosos en el agua que en tierra por lo que debe evitarse que se queden salientes ó picos que puedan ser un peligro posterior, para esto hay que aumentar la cantidad de explosivos.

Se ha obtenido en la práctica, que una sobrecarga de 20% de explosivos (que varia también con la profundidad) es suficiente para igualar la fragmentación de la superficie, mejorando su uniformidad. También se incluye en este porcentaje la cantidad de barrenos de una voladura que por una causa u otra, no se puede cargar.

Uno de los factores que nos ayudan en una voladura sub-acuática es el de que se corre poco peligro de accidentes ó daños por proyectiles enviados por la fuerza de la explosión, por lo que en estos barrenos, podemos disminuir el taco considerablemente, sin embargo, debe prevenirse en zonas pobladas y con cargas grandes, un contratiempo de esta naturaleza.

TABLA IX

CANTIDAD APROXIMADA DE EXPLOSIVO POR METRO LINEAL DE BARRENO EN KILOS

| DIAMETRO DEL BARRENO EN CMS. | *EXPLOSIVO POR METRO DE PROFUNDIDAD EN KGS. | DIAMETRO DEL BARRENO EN CMS. | *EXPLOSIVO POR METRO DE PROFUNDIDAD EN KGS. |
|------------------------------|---|------------------------------|---|
| 3.80 | 0.95 | 12.70 | 11.20 |
| 4.45 | 1.35 | 14.00 | 12.50 |
| 5.00 | 1.80 | 14.30 | 14.00 |
| 6.35 | 2.75 | 15.25 | 16.00 |
| 7.50 | 4.00 | 16.50 | 18.50 |
| 8.90 | 5.45 | 17.80 | 22.00 |
| 10.00 | 7.10 | 20.30 | 28.25 |
| 11.40 | 8.90 | | |

CANTIDAD APROXIMADA DE EXPLOSIVO POR PIE DE PROFUNDIDAD DE BARRENO EN LIBRAS.

| DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS. | *EXPLOSIVO POR PIES DE PROFUNDIDAD EN LIBRAS | DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS | *EXPLOSIVO POR PIES DE PROFUNDIDAD EN LIBRAS. |
|-----------------------------------|--|----------------------------------|---|
| 1 1/2 | 0.65 | 5. | 7.40 |
| 1 3/4 | 0.90 | 5 1/2 | 8.30 |
| 2 | 1.20 | 5 5/8 | 9.35 |
| 2 1/2 | 1.85 | 6 | 10.60 |
| 3 | 2.70 | 6 1/2 | 12.50 |
| 3 1/2 | 3.65 | 7 | 14.50 |
| 4 | 4.75 | 8 | 18.90 |
| 4 1/2 | 5.95 | | |

NOTA: se ha considerado 2/3 el barreno cargado con explosivo 1/3 con - ataque. *El explosivo usado para este calculo fué dinamita al 40%

METODOS DE CONTROL DE VOLADURAS EN EXCAVACIONES.

GENERALIDADES:

Por mucho tiempo, el control de voladuras en excavaciones, fué prácticamente primitivo, impidiendo que se hicieran cortes limpios en los frentes, provocando una sobre-excavación y por ende un aumento en el costo y un desgaste inútil de energía, así como el impedimento de lograr un corte cercano a instalaciones ó construcciones sin tener un gran riesgo ó peligro para las mismas.

En la actualidad se han desarrollado algunas técnicas que disminuyen considerablemente estos problemas obteniéndose una mayor seguridad y un control más efectivo sobre el comportamiento de una voladura.

A) BARRENACION LINEAL.

Para obtener mejores resultados, debe reducirse en un 50% las cargas y la línea de menor resistencia entre los barrenos vacíos y los adyacentes, así como una disminución en la distancia entre estos últimos barrenos de un 25% a los normales, ver figura (56)

Con este tipo de barrenación se obtienen buenos resultados cuando las barrenaciones están bien hechas, desgraciadamente la cantidad de barrenos y su proximidad, aumenta mucho el valor de la excavación, el problema básico para su empleo bajo agua es la dificultad y control en las distancias y dirección de los barrenos.

B) VOLADURAS AMORTIGUADAS (CUSHION BLASTING)

Esta técnica de control de voladuras fué empleada por primera

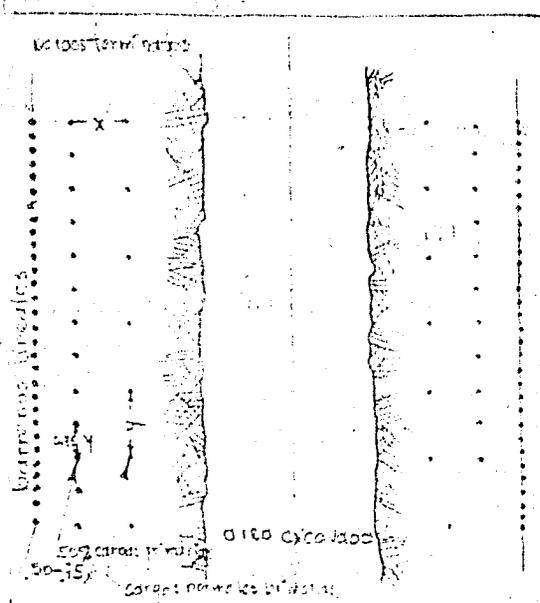


Fig. # 56.

Método para colocar los barrenos, en una barrenación lineal.

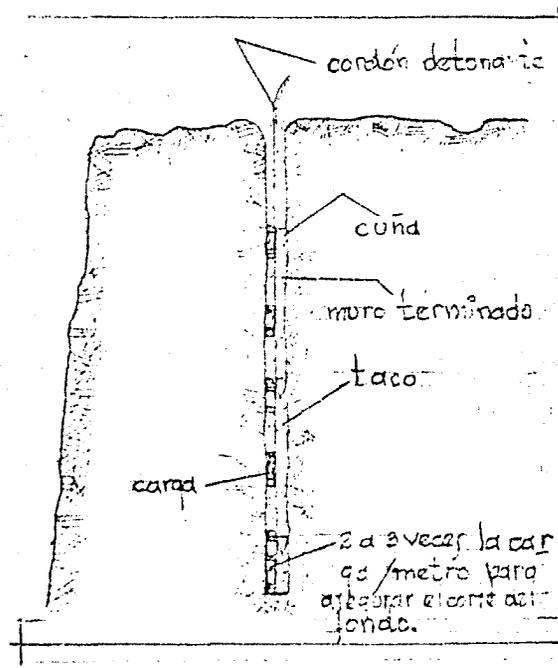


Fig. #57 Método para colocar las cargas en una barrenación amortiguada.

vez en Canada por la compañía Canadian Industries Limited en la construcción del gran Canal de San Lorenzo, obra que por su magnitud y variabilidad de condiciones, motivó un gran desarrollo y conocimientos de los explosivos y la aplicación de mejores técnicas bajo agua.

El procedimiento se basa, en el mismo principio anterior - esto es, proteger las construcciones cercanas ó la obtención de cortes limpios para la navegación, haciendo barrenos de un diámetro mayor al usado en la barrenación líneal (de 10 a 15 cm.) no obstante puede aplicarse este sistema a barrenos de diámetro pequeño.

Sin embargo entre mayor sea el diámetro de los barrenos los resultados serán mejores por lo que hay que equilibrar entre estos beneficios, el aumento de costo de barrenación.

Hecho el barreno, se distribuye en toda su longitud cargas pequeñas y bien equilibradas, con una separación de aproximadamente 30 cm.; en el fondo se duplica ó triplica la carga para evitar que queden salientes.

Las cargas deben adosarse lo más posible al plano que se va a destruir, por medio de cuñas entre el explosivo y el plano interior, hecho esto, se le introduce el taco que sirve de "colchón" y protección al muro ver fig. #57

La detonación de esta línea de barrenos, se debe hacer, después de que se ha dejado la berma menor posible, habiéndolo tronado la parte gruesa de la excavación con anterioridad.

En la tabla (X) podemos observar la relación que existe entre la línea de menor resistencia y el espaciamiento de los barrenos, en ella se puede ver que para obtener un mejor -

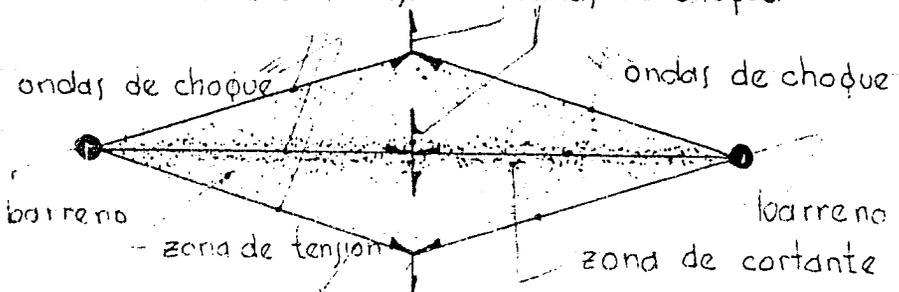
TABLA X.-

CARGAS APROXIMADAS PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.-

| BARRENO DIA | | ESPACIA MIENTO Pies M. | LINEA DE MENOR RESISTENCIA | | CARGAS.- | |
|-------------------|-------------|------------------------------|----------------------------------|-----------|-------------|--------|
| Pulg. | M. | | Pies. | M. | Lb/pies | Kg./M. |
| 2-2 $\frac{1}{2}$ | 5.00- 6.25 | 3 0.914 | 4 1.219 | 0.08-0.25 | 0.011-0.037 | |
| 3-3 $\frac{1}{2}$ | 7.50- 8.75 | 4 1.219 | 5 1.524 | 0.13-0.50 | 0.019-0.074 | |
| 4-4 $\frac{1}{2}$ | 10.00-11.25 | 5 1.524 | 6 1.82 | 0.25-0.75 | 0.037-0.111 | |
| 5-5 $\frac{1}{2}$ | 12.50-13.75 | 6 1.82 | 7 2.13 | 0.75-1.00 | 0.111-0.149 | |
| 6-6 $\frac{1}{2}$ | 15.00-16.25 | 7 2.13 | 9 2.74 | 1.00-1.50 | 0.159-0.223 | |

Fig. # 58.-

resultante de vida a la colision de ondas de choque.



resultante de vida a la colision de ondas de choque

nota: si los barrenos se sobrecargan la zona de corte aumentara sobre la zona de tension.

Fig. 58 Esquema del principio de la voladura de precorte.

esfuerzo cortante, la distancia entre barrenos, debe ser menor que el ancho máximo de la berma (línea de menor resistencia al frente).

Ha dado buen resultado en pruebas realizadas, el colocar las cargas rodeadas de taco.

El empleo de esta técnica junto con la anterior, ha dado muy buenos rendimientos, por lo que la combinación de varios sistemas puede redundar en ciertos casos, en una economía y en la obtención de un corte más limpio.

Las ventajas principales de este métodos sobre el anterior son:

- a). - El aumento de espaciamiento entre barrenos reduciendo el costo de perforación.
- b). - Permite una serie de pruebas parciales para seleccionar el espaciamiento para que las cargas den mejores resultados.
- c). - Al volar primero la parte principal de la excavación, se conoce perfectamente el tipo de terreno donde se trabaja.
- d). - Permite barrenaciones más profundas por usar barrenos de gran diámetro, etc.

C) METODO DE PRE-CORTE: Este método consiste en perforar barrenos de 5 a 10 cm. de diámetro a lo largo del plano deseado de frente, cargandolos con el mismo sistema que el método "Amortiguado", separando las cargas entre sí, cuando menos 30 cm. y concentrandolas un poco en el fondo del barreno.

La diferencia entre este método y el anterior es que estos barrenos se detonan primero y no después de la voladura principal. Al efectuar esta operación en esta forma y con los barrenos debidamente distanciados, se establece un esfuerzo cortante entre barrenos (ver fig. 58) produciendose un agrieta

miento en todo ese plano que sirve al mismo tiempo de frontera al momento de volar las cargas grandes y de zona de amortiguamiento, para disminuir las vibraciones producidas.

En la tabla XI podemos ver los espaciamentos y las cargas por metro lineal de barrenación, recomendados por la Compañía Dupont, debe tenerse presente, que estos valores son promedios y que solo sirven de guía para facilitar las operaciones.

Ha dado buen resultado en este método y el anterior, el atacar únicamente la parte superior del barreno (50 a 100 M.) debiendo detonarse todas las cargas simultáneamente.

TABLA XI. -

CARGAS APROXIMADAS PARA VOLADURAS DE PRE CORTE.

| BARRENO DIA. | | CARGAS EXPLOSIVAS | | ESPACIAMIENTO | |
|--------------|-------------|-------------------|-------------|---------------|-------------|
| PULG. | M. | LB/PIES. | KG/M. | PIES. | M. |
| 1½-1 3/4 | 0.038-0.045 | 0.08-0.25 | 0.013-0.040 | 1-1½ | 0.305-0.457 |
| 2- 2½ | 0.051-0.064 | 0.08-0.25 | 0.013-0.040 | 1½-2 | 0.457-0.609 |
| 3- 3½ | 0.076-0.089 | 0.03-0.50 | 0.021-0.080 | 1½-3 | 0.457-0.914 |
| 4 | 0.102 | 0.25-0.75 | 0.040-0.119 | 2-4 | 0.609-1.220 |

FORMACION DE CRATERES A PARTIR DE UNA CARGA DE EXPLOSIVOS.

El conocimiento de ésta propiedad de los explosivos es muy importante, especialmente para zanjeo y voladura de rocas.

El tamaño del cráter formado en una voladura, depende de los siguientes factores principalmente.

- a). - La cantidad de explosivos.
- b). - La profundidad a la que se coloque el explosivo.
- c). - El tipo de suelo.
- d). - El tipo de explosivo empleado.

Analizando estos factores vemos que son lógicos, ya que a mayor cantidad de explosivo, los efectos aumentan, así mismo la ubicación de la carga influye ya que, una cantidad a determinada profundidad, puede producir un efecto exterior mínimo, mientras que si la misma cantidad de explosivo se coloca sobre la superficie del terreno ó a poca profundidad, los efectos son más grandes.

Como caso especial, puede darse el que un cráter dejado por un explosivo sea mayor, cuando el explosivo se coloca sobre la superficie, que cuando la carga se entierra un poco, debido a los gases que se desprenden.

El tipo de suelo, es también un factor determinante en la formación de cráteres ya que es más fácil hacerlos, cuando el terreno es flojo y poco cohesivo, que cuando se vuela en terrenos rocosos ó muy duros.

El tipo de explosivo, aunado con los otros factores, influye en los resultados, por ejemplo; tenemos el caso de una voladura -- con un explosivo deflagrante, que desprende un gran volumen de

gases, si se le aplica éste en terreno poco cohesivo y se le entierra mucho causa más efecto que un explosivo rápido, mientras que en un suelo duro ó rocoso, un explosivo con velocidad de detonación elevada colocado sobre la superficie ó a poca profundidad, produce mayor efecto que un explosivo lento.

En la formación de un cráter a base de explosivos, encontramos varios conceptos o definiciones tales como:

- a). - Radio de ruptura. - Se llama radio de ruptura a la distancia que existe entre el lugar de detonación de la carga y el punto más alejado donde la explosión deja sentir sus efectos.
- b). - Cráter. - Se denomina cráter a la depresión dejada en un terreno por una voladura, cuando la profundidad a la que se colocó la carga, es menor que el radio de ruptura.
- c). - Profundidad aparente del cráter. - Es la profundidad del cráter cuando no se ha sacado la tierra suelta, que quedó en el fondo.
- d). - Diámetro del cráter. - Es la distancia entre bordes de un cráter, cuando se ha limpiado y sacado todo el material suelto.
- e). - Diámetro aparente del cráter. - El diámetro aparente es la distancia entre bordes del cráter, cuando estos no se han limpiado del material suelto.
- f). - Profundidad del cráter. - Es la distancia que existe en un cráter, desde el nivel terreno hasta el fondo de éste, cuando se han extraído todos los materiales sueltos.
- g). - Asentamiento ó Camouflet. - Se llama asentamiento ó camouflet, a la depresión externa, formada cuando el explosivo se entierra más abajo que su radio de ruptura y al detonarse por efecto del acomodamiento interno, produce esta formación externa.

Se ha encontrado, con la dinamita comercial, una fórmula que nos determina el volumen de un cráter, formado en un tipo de suelo medio:

$$V = 0.4 Q^{8/7}$$

DONDE:

- V = Volumen en pies cubicos
- Q = Peso en libras de la dinamita.

Sin embargo, esta fórmula no es útil, para determinar los volúmenes de otros cráteres, obtenidos en suelos duros ó con otros explosivos.

Se han logrado obtener así mismo, otras fórmulas que nos determinen tanto la profundidad como el diámetro de un cráter, a partir de una carga de TNT.

$$L^3 = \frac{2W}{Z}$$

DONDE:

- L = Profundidad en pies del cráter.
- W = Número de libras de dinamita.
- Z = Cte.

$$D^3 = \frac{16 W}{Z}$$

DONDE:

- D = Diámetro en pies del cráter.
- W = Dinamita en lbs, necesaria.
- Z = Cte.

La constante "Z" para estas dos fórmulas tiene los siguientes valores, dependiendo del tipo de suelo.

| TIPO DE TIERRA. | CONSTANTE "Z" |
|------------------|------------------|
| Tierra suelta | 0.054 |
| Tierra común. | 0.066 |
| Tierra compacta. | 0.084 |
| Tepetate. | 0.10 |

Si se quiere encontrar, el valor de W a partir de éstas fórmulas es necesario aumentar al resultado una sobrecarga de:

- 100 % para una carga de 25 lbs. ó menos
- 50 % para una carga de 50 a 100 libras
- 25 % para una carga de 100 a 250 libras
- 10 % para cargas mayores de 250 libras.

Así mismo hay que hacer constar que estos valores son válidos sólo para una carga de TNT.

Se ha encontrado, que si se coloca una carga de dinamita, a la profundidad debida, se obtiene un cráter normal, esto es, una proporción correcta entre, tipo de suelo, profundidad y capacidad de trabajo de una carga determinada de TNT.

Cuando se logra ésto, se obtiene una relación de 2 entre el diámetro verdadero "L" y la profundidad verdadera "D"; esto es:

$$\frac{L}{D} = 2.$$

DEMOLICION DE UNA CARRETERA O DIQUE DE CONTENCION.

Habr  ocasiones en que haya que demoler   hacer una abertura   canal en una carretera, un dique, etc., en una inundación   embalse de agua, que represente un peligro para una población, animales, estructuras, etc.; trataremos --- dos casos, el primero cuando no haya alcantarilla y el segundo con ella, ambos como emergencia ya que para un caso normal deben seguirse otros procedimientos.

El método que vamos a describir, produce un cráter de $1\frac{1}{2}$ veces la profundidad a la que se haya colocado las cargas y un ancho de 5 veces esta profundidad y unos 5 metros - más largo que la longitud total utilizada por las cargas.

PROCEDIMIENTO:

- 1).- Las cargas deben colocarse a la misma altura en perforaciones de 0.75 a 1.50 metros de profundidad, dependiendo de la dimensión de la abertura deseada y con una separación de 1.50 metros en la sección transversal de la carretera   dique.
- 2).- Las perforaciones se cargan con 5 kilos de explosivo - por cada 0.30 cm. de profundidad.
- 3).- Las cargas deben explotar simultaneamente.
- 4).- Las perforaciones se deben atacar perfectamente.

En general hacer vías en diques   carreteras de más de 5 M. de altura requiere una cantidad excesiva de trabajo y de explosivos.

2o.- Caso; cuanto tengamos una alcantarilla.

Cuando existe una alcantarilla que tenga una cubierta de menos de 1.50 m. de espesor, debemos usar el mismo sistema descrito anteriormente.

Las alcantarillas que tienen más de 1.5 y menos de 5.00m. de rendimiento se pueden emplear para hacer el canal ó abertura - en la carretera que nos proponemos destruir en un caso de emergencia. La fórmula para encontrar la cantidad de carga necesaria, es la siguiente:

$$P = 10 D^2$$

DONDE:

P - Peso en Kilos de explosivo por carga.

D = Máxima profundidad en metros a la cual están colocadas las cargas.

Para fracciones de profundidad en metros, se usa el entero superior cuando pasa de 50 cm.

Sistema Inglés:

$$P = 2 D^2$$

DONDE:

P = Peso en libras de explosivo por carga.

D = Máxima profundidad en pies a la cual están colocadas las cargas.

Las cargas deben ser distribuidas a lo largo, a un intervalo de 4.5 D y en las orillas donde la profundidad sea menor de 1.50 se calcularán a base de 5 Kgs. por cada 30 cm. de profundidad y su separación será a cada 1.50 m.

TABLA XII

CARGAS DE PRESION

CARGA DE EXPLOSIVOS EN KILOS POR CADA VIGA.

| ALTURA DE LA VIGA EN ME TROS. | ESPESOR DE LA VIGA EN METROS | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--|
| | 0.30 | 0.38 | 0.45 | 0.53 | 0.61 | 0.69 | 0.76 | 0.84 | 0.91 | |
| 0.30 | 1.36 | | | | | | | | | |
| 0.38 | 2.26 | 2.70 | | | | | | | | |
| 0.45 | 3.16 | 4.00 | 5.00 | | | | | | | |
| 0.53 | 4.50 | 5.45 | 6.35 | 7.25 | | | | | | |
| 0.61 | 5.45 | 6.80 | 8.15 | 9.50 | 10.90 | | | | | |
| 0.69 | 7.25 | 8.60 | 10.40 | 12.20 | 14.00 | 15.90 | | | | |
| 0.76 | 8.60 | 11.90 | 13.10 | 15.00 | 17.20 | 19.50 | 21.30 | | | |
| 0.84 | 10.80 | 13.10 | 15.40 | 18.00 | 20.80 | 23.20 | 25.80 | 28.50 | | |
| 0.91 | 12.25 | 15.40 | 18.60 | 21.80 | 24.50 | 27.60 | 30.80 | 34.00 | 36.80 | |
| 0.99 | 14.50 | 18.10 | 21.80 | 25.40 | 29.00 | 32.50 | 36.20 | 40.00 | 43.00 | |
| 1.07 | 16.80 | 20.80 | 25.40 | 29.50 | 33.10 | 37.60 | 41.80 | 45.80 | 50.30 | |
| 1.15 | 19.50 | 24.00 | 29.00 | 33.50 | 38.50 | 43.00 | 48.00 | 52.50 | 57.50 | |
| 1.22 | 21.80 | 27.20 | 32.75 | 38.20 | 43.50 | 49.00 | 54.40 | 60.00 | 65.50 | |
| 1.30 | 25.00 | 30.80 | 37.20 | 43.00 | 49.50 | 55.50 | 61.75 | 67.50 | 74.00 | |
| 1.37 | 27.60 | 34.40 | 41.75 | 48.50 | 55.25 | 62.00 | 69.00 | 75.60 | 83.00 | |
| 1.45 | 30.80 | 38.50 | 46.20 | 54.00 | 61.75 | 69.40 | 77.00 | 84.75 | 92.00 | |
| 1.53 | 34.00 | 42.50 | 51.25 | 60.00 | 68.00 | 76.50 | 82.25 | 93.90 | 102.25 | |

*NOTA: Hay que aumentar en 1/3 la carga, cuando ésta no esté atacada.

TABLA XII

CARGAS DE PRESION.

* CARGA DE EXPLOSIVOS EN LBS. PARA CADA VIGA.

ALTURA DE ESPEJOR DE LA VIGA EN PIES.

| LA VIGA EN PIES. | 1' (12'') | 1 1/4' (15'') | 1 1/2' (18'') | 1 3/4' (21'') | 2' (24'') | 2 1/4' (27'') | 2 1/2' (30'') | 2 3/4' (33'') | 3' (36'') |
|------------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| 1' (12'') | 3 | | | | | | | | |
| 1 1/4' (15'') | 5 | 6 | | | | | | | |
| 1 1/2' (18'') | 7 | 9 | 11 | | | | | | |
| 1 3/4' (21'') | 10 | 12 | 14 | 16 | | | | | |
| 2' (24'') | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | | | | |
| 2 1/4' (27'') | 16 | 19 | 23 | 27 | 31 | 35 | | | |
| 2 1/2' (30'') | 19 | 24 | 29 | 33 | 38 | 43 | 47 | | |
| 2 3/4' (33'') | 23 | 29 | 34 | 40 | 46 | 51 | 57 | 63 | |
| 3' (36'') | 27 | 34 | 41 | 48 | 54 | 61 | 68 | 75 | 81 |
| 3 1/4' (39'') | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 | 80 | 88 | 95 |
| 3 1/2' (42'') | 37 | 46 | 56 | 65 | 73 | 83 | 92 | 101 | 111 |
| 3 3/4' (45'') | 43 | 53 | 64 | 74 | 85 | 95 | 106 | 116 | 127 |
| 4' (48'') | 48 | 60 | 72 | 84 | 96 | 108 | 120 | 132 | 144 |
| 4 1/4' (51'') | 55 | 68 | 82 | 95 | 109 | 122 | 136 | 149 | 163 |
| 4 1/2' (54'') | 61 | 76 | 92 | 107 | 122 | 137 | 152 | 167 | 183 |
| 4 3/4' (57'') | 68 | 85 | 102 | 119 | 136 | 153 | 170 | 187 | 203 |
| 5' (60'') | 75 | 94 | 113 | 132 | 150 | 169 | 188 | 207 | 225 |

* NOTA: Aumente 1/3 de la carga cuando ésta, no esté atacada.

VOLADURAS EN CONCRETO Y MAMPOSTERIAS

ASPECTOS GENERALES. -

Aunque raramente, se presentará la demolición de un muro de concreto o mampostería, es conveniente tener una idea de la cantidad de explosivos y localización de las cargas; a veces se puede presentar, sin embargo, el caso de la demolición de un muelle, dique, rompeolas, lastres de barcos ó simplemente un obstáculo a la navegación fabricados de concreto ciclopeo, concreto armado ó de mampostería.

A priori se puede considerar una carga de 15 Kg. de TNT por cada M³ de concreto ciclopeo y 30 Kg. de TNT por M³ de concreto armado, es necesario hacer notar que en la generalidad de los casos, el fierro no se destruye mas que parcialmente.

Para voladuras bajo agua se considerará, el doble de las cantidades anteriores.

FORMULAS PARA FRACTURAR Y DEMOLER MUROS DE CONCRETO, MAMPOSTERIA O MATERIALES SIMILARES. -

Se han desarrollado algunas fórmulas para demoler muros de diferentes materiales que nos indican la cantidad necesaria aproximada de TNT.

FORMULA PARA ROMPER MUROS DE CONCRETO

Sistema Decimal.

$P = 100 HE$

DONDE:

P = Carga necesaria en Kg.

H = Altura del muro en metros.

E = Espesor del muro en metros.

Sistema Inglés;

$$P = 20 H T$$

Donde: P = Carga necesaria de Lbs.
H = Altura del muro en pies
T = Espesor del muro en -
pies.

FORMULA GENERAL PARA DEMOLER MUROS DE
DIFERENTES MATERIALES.

Sistema decimal:

$$P = 17 R^3 KC$$

Donde: P = Carga necesaria de -
kilos.
R = Radio de ruptura en -
metros.
K = Coeficiente que depen
de del tipo de mate-
rial. (ver tabla).
C = Coeficiente que varía
según el confinamien
to (ver tabla).

Sistema Inglés:

$$P = R^3 KC$$

Donde: P = Carga necesaria en
libras.
R = Radio de Ruptura en -
pies
K = Constante para deter-
minar tipo de mate--
rial.
C = Constante que depende-
del confinamiento.

Si los muros estan bajo agua y la profundidad a la que se ha --
colocado la carga, es menor a la mitad del radio de ruptura --
se la considera a "C" un valor de uno y un valor de dos, cuando

la profundidad exceda al radio de ruptura. (ver. Fig. 59)

Al aplicar estas fórmulas, se deben considerar todos los factores que influyen en una voladura bajo agua, principalmente, los siguientes:

- a). - La profundidad.
- b). - Tipo de material con el que esta construido el objetivo.
- c). - La posibilidad de colocar las cargas en el lugar previsto.
- d). - El confinamiento que se le pueda dar a las cargas.

RADIO DE RUPTURA: En las fórmulas anteriores, la cantidad de explosivo varía proporcionalmente al radio de ruptura siendo este, la distancia en metros ó pies que existe entre el punto donde se localiza la carga y el sitio más alejado donde se destruye o desplaza el material a causa de la voladura.

Para la aplicación de este concepto, en la fórmula de demolición, se considera el radio de ruptura, para una carga externa, igual al espesor del muro; para una carga interna, la distancia mayor que existe desde el punto hasta donde se perforó y el exterior de la masa.

RESISTENCIA DEL OBJETIVO: Se a denominado el factor "K" - como la resistencia y dureza del material de que esta compuesto el objetivo para ser fracturado ó disgregado.

El valor "K" se ha tabulado para las diferentes clases de material en el cuadro. (XIII)

COLOCACION Y NUMERO DE CARGAS PARA MUROS O DIQUES DE CONCRETO.

Existen varias formas distintas para colocar las cargas junto al objetivo:

- a). - Bajo el nivel terreno.
- b). - Al nivel terreno.
- c). - Arriba del nivel terreno.

De estas tres posiciones, la primera es la más efectiva, pues se requiere menor cantidad de explosivos para demoler un -- objetivo; le sigue en efectividad la forma "c" y por último la -- "b".

La influencia de estos factores se puede ver claramente en la tabla XY que está calculada a partir de la formula -----
 $P = K R^2 C$, en la cual se redondearon las cantidades fraccionarias; se ha clasificado también las diferentes posiciones en que puede quedar la carga con respecto al nivel terreno, como puede verse en las figuras que estan arriba de las columnas.

CUADRO. IV

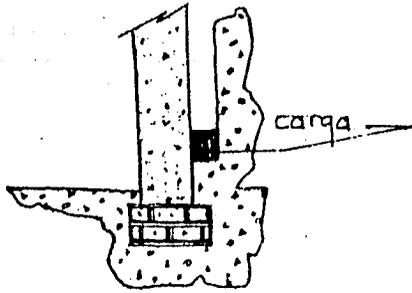
VALORES DEL FACTOR "K". - De distintos materiales para cargas de rompimiento en muros, diques, etc.

| MATERIAL | RADIO DE RUPTURA "K" | |
|------------------------------|-------------------------|------|
| Tierra | Cualquier Valor | 0.05 |
| Mamposteria, pizarra, madera | Cualquier Valor | 0.23 |
| Roca ó concreto ciclopeo | Menor de 1 metro | 0.35 |
| | de 1 a 1.50 metros | 0.28 |
| | De 1.5 a 2.25 M. | 0.25 |
| | De 2.25 M. en adelante. | 0.23 |
| Concreto de alta resistencia | Menor de un metro | 0.45 |
| | De 1 a 1.5 metros | 0.38 |
| | De 1.5 a 2.25 M. | 0.33 |
| | De 2.25 M en adelante | 0.28 |
| Concreto reforzado | Menor de 1 metro | 0.70 |
| | De 1 a 1.5 metros | 0.55 |
| | De 1.5 a 2.25 M. | 0.50 |
| | De 2.25 M. en adelante. | 0.43 |

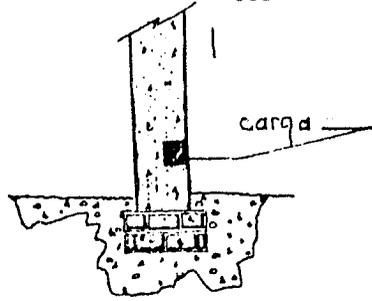
TABLA. IV.

VALORES DEL FACTOR "K". - Para uso en fórmulas de carga de rompimiento.

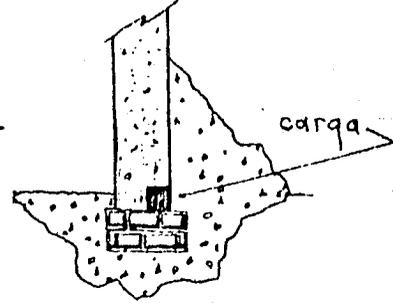
| MATERIAL | RADIO DE RUPTURA | "K" |
|---------------------------------------|--------------------|------|
| Tierra Común | Todos los Valores | 0.05 |
| Mamposteria pobre, tepetate, pizarra | Todos los valores | 0.23 |
| Mamposteria, concreto ordinario, roca | Menos de 3 pies | 0.35 |
| | de 3 pies a 5 pies | 0.28 |
| | de 5 pies a 7 pies | 0.25 |
| | de 7 pies ó más | 0.23 |
| Concreto fuerte, mamposteria. | Menos de 3 pies | 0.45 |
| | de 3 pies a 5 pies | 0.38 |
| | de 5 pies a 7 pies | 0.33 |
| | de 7 pies ó más | 0.28 |
| Concreto armado(no rompe el armado) | Menos de 3 pies | 0.70 |
| | de 3 pies a 5 pies | 0.55 |
| | de 5 pies a 7 pies | 0.50 |
| | de 7 pies ó más. | 0.43 |



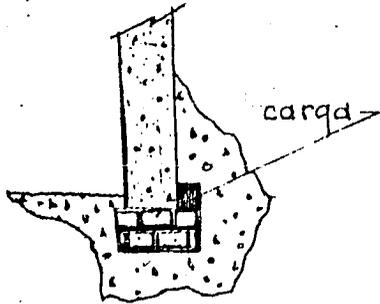
atacado $C = 1.25$



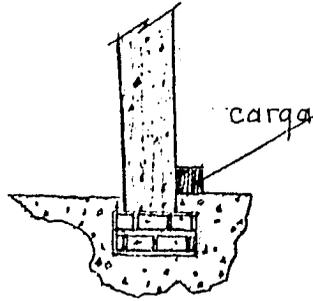
sin atacar $C = 2.5$



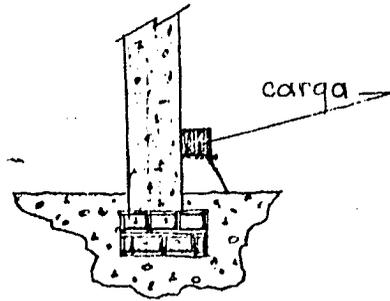
atacar $C = 1.5$



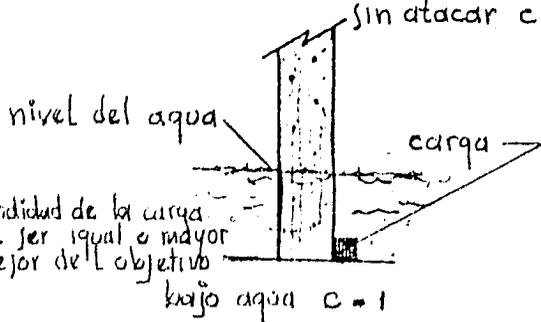
atacado $C = 2.0$



atacado $C = 2.5$
sin atacar $C = 3.5$

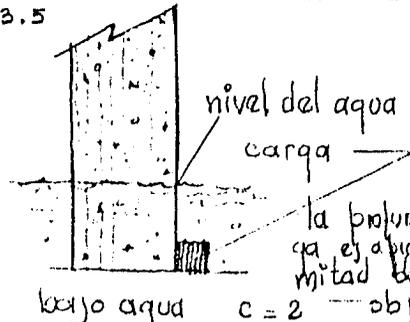


sin atacar $C = 4.5$



la profundidad de la carga debe de ser igual o mayor al espesor del objetivo

bajo agua $C = 1$



la profundidad de la carga es aproximadamente a la mitad del espesor del objetivo.

bajo agua $C = 2$

TABLA. XV. -

CARGA DE ROMPIMIENTO EN KILOS.

| ESESOR DEL CONCRETO - EN METROS | CONCRETO REFORZADO | | | | CONCRETO SIN REFUERZO. | | | |
|---------------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0.30 | 2.26 | 2.26 | 2.26 | 2.26 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| 0.60 | 9.99 | 3.62 | 12.70 | 7.25 | 6.35 | 2.25 | 8.15 | 4.50 |
| 0.91 | 23.60 | 9.50 | 30.30 | 18.55 | 18.10 | 6.75 | 23.00 | 13.15 |
| 1.21 | 56.25 | 22.20 | 72.00 | 39.90 | 39.00 | 15.50 | 50.00 | 27.50 |
| 1.51 | 99.00 | 35.80 | 128.00 | 71.00 | 65.50 | 21.00 | 84.00 | 47.00 |
| 1.81 | 170.25 | 61.25 | 220.00 | 124.00 | 113.00 | 40.00 | 145.00 | 81.00 |
| 2.11 | 234.00 | 83.75 | 299.50 | 166.50 | 153.00 | 54.00 | 196.00 | 110.00 |
| 2.42 | 349.00 | 125.00 | 450.00 | 250.00 | 226.00 | 77.00 | 292.00 | 162.00 |
| 2.57 | 445.00 | 177.00 | 640.00 | 355.00 | 323.00 | 115.00 | 415.00 | 232.00 |
| 3.00 | 682.50 | 244.00 | 877.50 | 486.00 | 445.00 | 158.50 | 570.00 | 316.00 |

NOTA:

■ Carga de explosivos

△ Taco.

En concreto reforzado se debe colocar cuando menos 2.25 Kilos

En concreto sin reforzar, se debe colocar cuando menos 1.50 Kilos.

TABLAS. XV.

CARGA DE ROMPIMIENTO EN LIBRAS.

ESPESOR DEL
CONCRETO EN
PIES.



| | | | | | | | | |
|----|------|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 2 | 22 | 8 | 28 | 16 | 14 | 5 | 18 | 10 |
| 3 | 52 | 21 | 67 | 41 | 40 | 15 | 51 | 29 |
| 4 | 124 | 49 | 159 | 88 | 86 | 34 | 110 | 61 |
| 5 | 219 | 79 | 282 | 157 | 145 | 52 | 186 | 104 |
| 6 | 378 | 135 | 486 | 270 | 250 | 89 | 321 | 179 |
| 7 | 517 | 185 | 663 | 369 | 337 | 120 | 433 | 241 |
| 8 | 771 | 276 | 991 | 551 | 502 | 170 | 646 | 359 |
| 9 | 1098 | 392 | 1411 | 784 | 715 | 255 | 919 | 511 |
| 10 | 1505 | 540 | 1935 | 1075 | 980 | 350 | 1260 | 700 |

Nota:

■ Carga de explosivos.

▲ Taco.

En concreto reforzado se debe colocar cuando menos 5 libras
En concreto sin reforzar, se debe colocar cuando menos 3 libras.

Así mismo se tomó en cuenta, el ataque de las cargas, el cual hace variar en forma considerable el volumen ó la cantidad de explosivo necesaria para demoler un objetivo; notamos claramente la diferencia entre una carga cubierta y una que no lo está.

El número de cargas requerido para la demolición de un dique ó muro, esta determinada por la fórmula:

$$N = \frac{W}{2R}$$

Donde: N = Número de cargas.
W = Espesor del objetivo en metros.
R = Radio de Ruptura en metros.

Esta misma fórmula, sirve para el sistema inglés siempre y cuando los valores del espesor del objetivo (W) y del radio de ruptura (R) sean dados en pies.

En la práctica, es muy común que el número de cargas dado por la fórmula resulte compuesto, esto es, con un entero y una fracción. En tales casos se debe seguir el siguiente criterio:

- a). - Cuando la fracción sea mayor a un medio, se toma el entero superior, si esta es menor, se toma el número de cargas encontrado, sin tener en cuenta la fracción. -
- b). - Si el valor obtenido está entre uno y dos, se considera un cuarto como limite para una carga, pasando éste, se usaran dos cargas.

USO DE CARGAS DIRIGIDAS:

El utilizar las cargas focales ó dirigidas puede ayudad en gran parte el ahorro de explosivos, ya que al colocar las cargas dentro del objetivo, en la perforación hecha por la carga focal, las cantidades necesarias de explosivos serán mucho menores para un volumen determinado. Por la importancia y desarrollo a que se ha llegado actualmente en la dirección de la energía de un explosivo, tratamos las cargas focales en una sección apar-

te de esta tesis, concretandonos aquí a mostrar su uso específico sobre un muro ó pila de concreto en las siguientes figuras. (60 y 61)

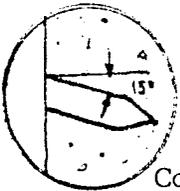
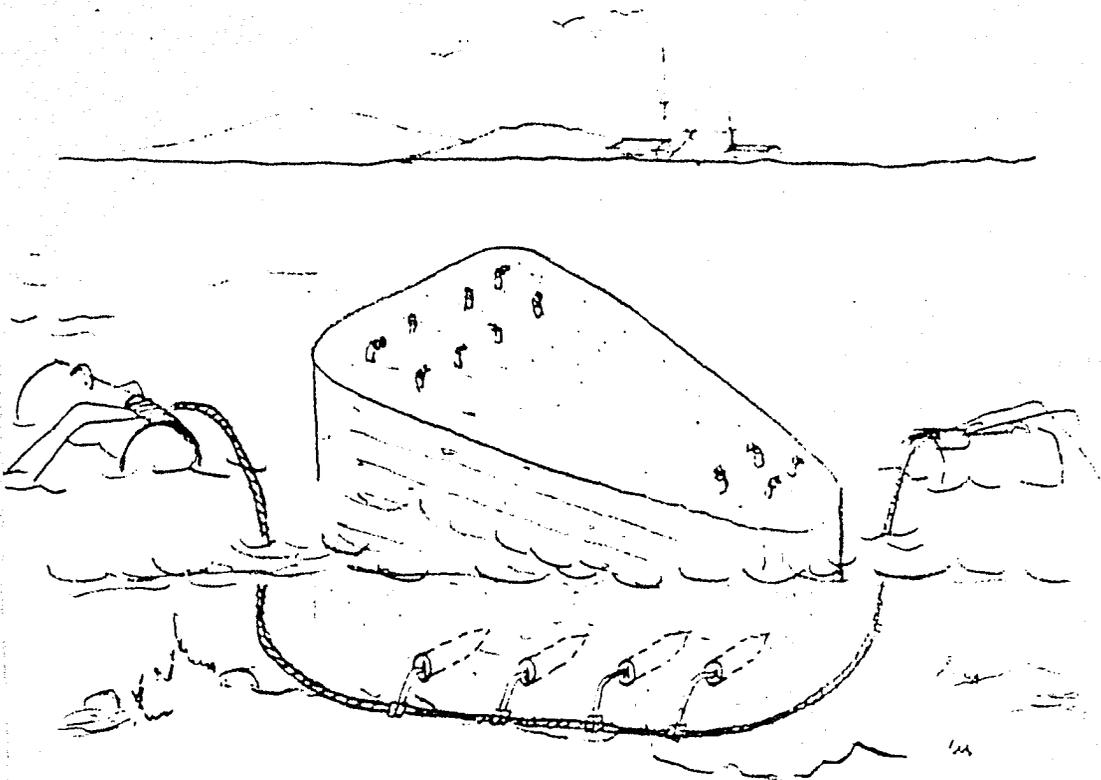
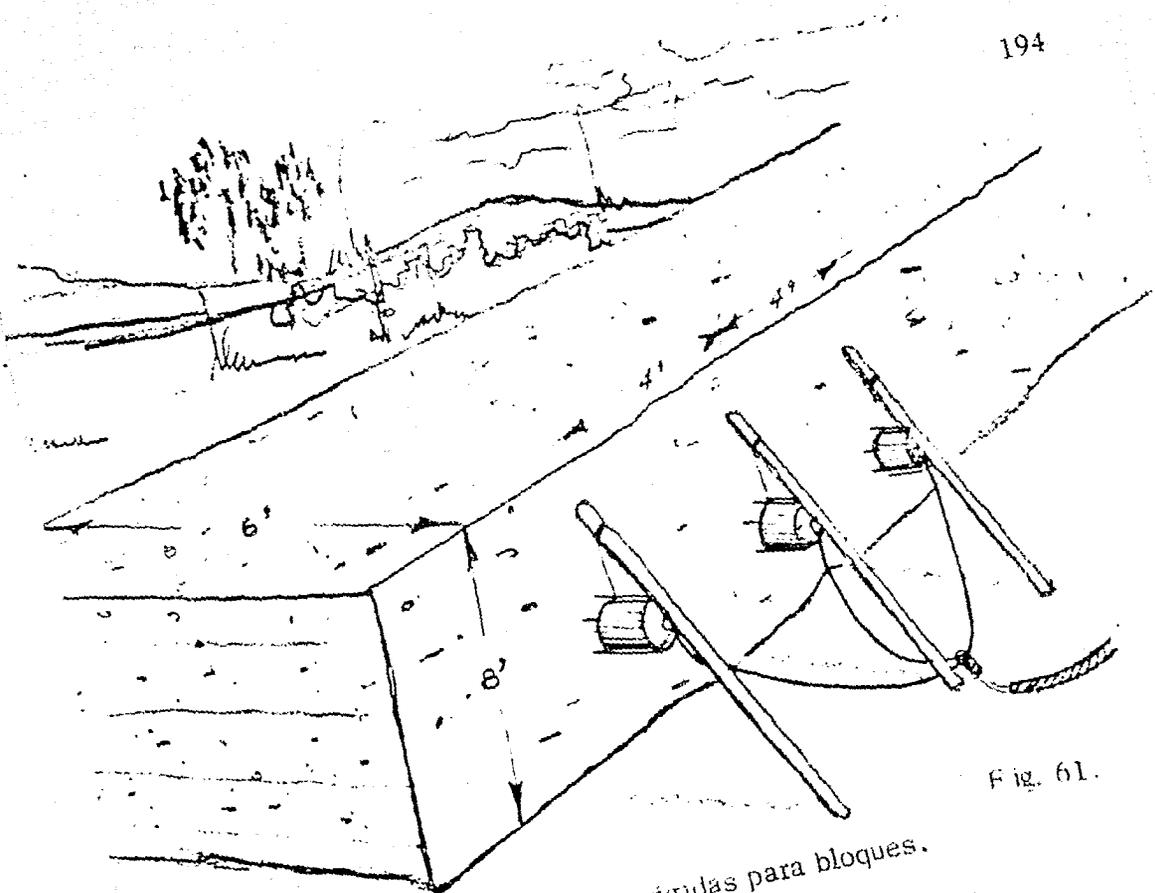


Fig. 60.

Colocación de cargas dirigidas para bloques.



Colocación de cargas dirigidas para bloques.

Fig. 61.

CORTE DE METALES CON EXPLOSIVOS.

A) CONCEPTOS GENERALES:

El corte de metales con explosivos bajo agua, requiere principalmente de ingenieros ó técnicos que dominen tanto el manejo de explosivos como el buceo, pues es tan importante una cosa como la otra, para seguridad y éxito de la empresa.

Existen fórmulas y métodos que sólo sirven como guía para dar una cantidad apróximada de explosivos necesaria para determinado objetivo ó un procedimiento a seguir. Deben por consiguiente, aplicarse las fórmulas con las reservas necesarias.

Los factores que influyen en una voladura de corte bajo agua son muchos y muy variados, se pueden considerar entre ellos:

- a). - La profundidad.
- b). - La accesibilidad.
- c). - La colocación.
- d). - La cantidad.
- e). - el contacto entre la carga y el objetivo, que debe ser lo más firme posible.
- f). - El tipo de explosivo.
- g). - El factor humano.

De los coneptos anteriores, el factor humano es el más difícil - de catalogar y medir su rendimiento, siendo en realidad de quien depende el éxito del trabajo.

Una buena colocación de los explosivos, puede determinar una - ahorro considerable de energía y materiales, así como la eliminación de materiales de desperdicio.

Existen varias clases de metales, que se usan tanto en estructuras como en herramientas, para fines industriales como maquinarias ó instalaciones fabriles.

Para cada material ó para cada tipo de objetivo, se deben seguir diferentes técnicas y aplicar las cantidades de explosivos requeridas en diferentes formas y posiciones.

Se han desarrollado fórmulas empíricas para el corte de metales en tierra, a las que hay que afectarlas de un coeficiente que varía de 1 a 2.5, en estas fórmulas se ha considerado que las cargas no han sido atacadas ó cubiertas, por lo que las cantidades de explosivos se pueden reducir, si se toma esta precaución; no hay que olvidar que la energía desprendida en una voladura se disipa por la línea de menor resistencia.

B) FORMULA PARA CORTE DE MIEMBROS ESTRUCTURALES. CON SECCIONES RECTANGULARES.

La cantidad de explosivos para corte de miembros estructurales se puede obtener a partir de la siguiente fórmula, tomando en cuenta los conceptos del párrafo anterior.

SISTEMA DECIMAL.

$$P = 0.025 A$$

DONDE:

P = Kg. de TNT

A = Area transversal en cm.²

SISTEMA INGLES.

$$P = 3/8 A$$

DONDE:

P = Libras de TNT

A = Area transversal en pulgadas²

En el caso de miembros compuestos, la carga total requerida - es igual a la suma de las cargas parciales, esto es:

$$P_t = \sum P = 0.025 \sum A$$

DONDE:

P_t = Carga total en Kg.

$\sum P$ = Suma de las cargas parciales.

$\sum A$ = Suma de las áreas de las secciones transversales.

C) COLOCACION DE LAS CARGAS:

Las cargas para corte de miembros estructurales deben colocarse, de ser posible, a ambos lados como lo muestra la fig (62), teniendo la precaución de que las cargas no esten una en frente de la otra, pues al detonarse simultaneamente, las fuerzas se oponen, y la eficiencia disminuye, para evitar este efecto, se desplazan las cargas, dejando un espacio entre ellas, poco mayor al espesor ó diámetro del objetivo, ejerciendo así, un esfuerzo cortante más efectivo.

Cuando se tienen placas unidas por soldadura o remaches, las cargas serán lineales y deben colocarse a lo largo de la unión -- como lo muestran las figuras.

En caso de que la unión sea a base de uno o varios pernos se debe utilizar cargas focales ahorrándose mucho material explosivo y tiempo; el único problema que se tiene en este último -- tipo de cargas bajo agua, es la adaptación de un aditamento que impida que se interponga entre la carga y el explosivo, agua ó cualquier otro elemento que pueda disipar la energía dirigida.

Las fórmulas para placas ó secciones rectangulas se han desarrollado, obteniendose las siguientes tablas:

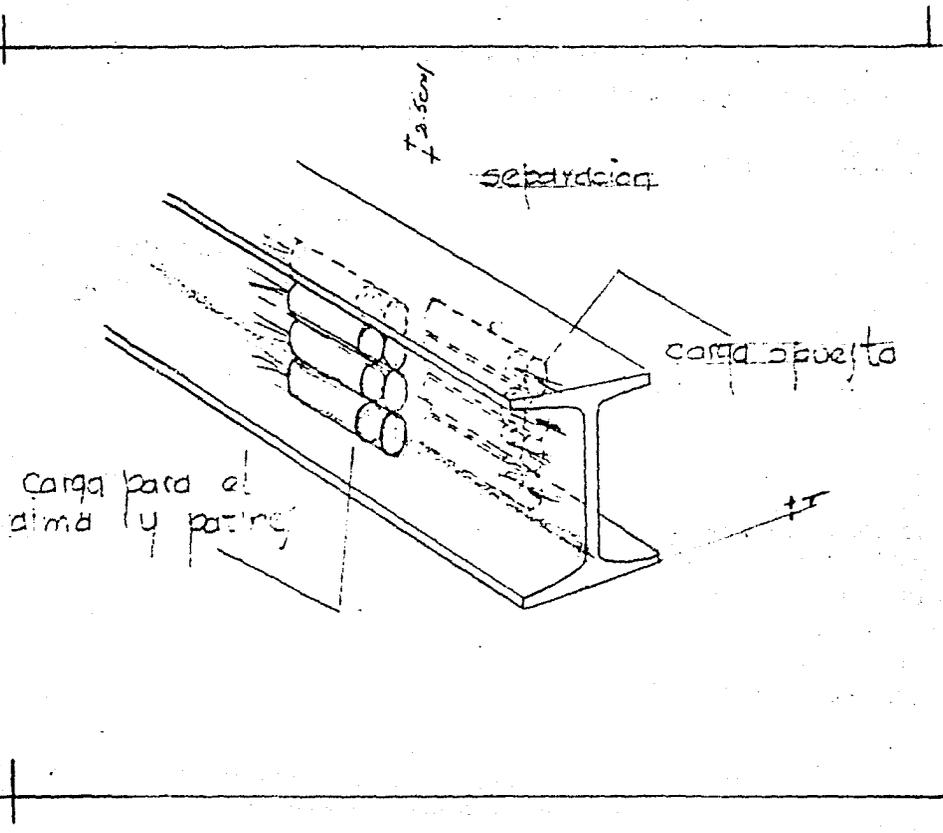


Fig. 62. - Colocación de las cargas para corte de metal.

TABLA XVI

PARA CORTE DE METAL, USANDO GELATINA EN CARGAS - LINEALES.

| ESPEJOR EN CM | KG. DE GELATINA POR METROS | ESPEJOR EN Pulgs. | LIBRAS DE GELA TINA POR PIE. |
|------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 0.63 | 0.70 | 1/4 | 1.5 |
| 1.27 | 0.90 | 1/2 | 2.0 |
| 1.90 | 1.15 | 3/4 | 2.5 |
| 2.54 | 1.60 | 1 | 3.5 |
| 3.17 | 2.00 | 1 1/4 | 4.5 |
| 3.84 | 2.75 | 1 1/2 | 6.0 |
| 4.44 | 3.40 | 1 3/4 | 7.5 |
| 5.08 | 4.50 | 2 | 10.0 |

TABLA XVII

CARGAS PARA CORTAR ACERO.

KILOS DE EXPLOSIVO* PARA CORTE DE SECCIONES RECTANGULARES

| Espesor de la Sección en Cms. | ANCHO DE LA SECCION EN CENTIMETROS | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 7.5 | 10 | 12.5 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| 0.63 | 0.09 | 0.14 | 0.18 | 0.23 | 0.27 | 0.36 | 0.45 | 0.55 | 0.59 | 0.68 | 0.78 | 0.86 | 1.1 |
| 0.825 | 0.14 | 0.23 | 0.27 | 0.31 | 0.40 | 0.55 | 0.63 | 0.76 | 0.90 | 1.10 | 1.20 | 1.26 | 1.55 |
| 1.27 | 0.18 | 0.27 | 0.36 | 0.45 | 0.55 | 0.68 | 0.86 | 1.10 | 1.20 | 1.35 | 1.55 | 1.70 | 2.00 |
| 1.59 | 0.23 | 0.31 | 0.45 | 0.55 | 0.63 | 0.86 | 1.10 | 1.30 | 1.50 | 1.70 | 1.95 | 2.10 | 2.60 |
| 1.90 | 0.27 | 0.40 | 0.55 | 0.63 | 0.76 | 1.10 | 1.25 | 1.80 | 1.80 | 2.00 | 2.30 | 2.60 | 3.10 |
| 2.22 | 0.31 | 0.45 | 0.63 | 0.76 | 0.90 | 1.20 | 1.50 | 2.10 | 2.10 | 2.40 | 2.70 | 3.00 | 3.30 |
| 2.54 | 0.36 | 0.55 | 0.67 | 0.86 | 1.10 | 1.35 | 1.70 | 2.40 | 2.40 | 2.70 | 3.10 | 3.40 | 4.00 |

*TNT

- USO DE LA TABLA: 1.- Se miden las secciones separadamente.
2.- Se encuentra la carga para cada sección.
3.- Sumese todas las cargas de las secciones.

TABLA XVII

LIBRAS DE EXPLOSIVO * PARA FIERRO DE SECCIONES RECTANGULARES

| ESPESOR DE LA SECCION EN - PULGADA | ANCHO DE LA SECCION EN PULGADAS. | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 24 |
| 1/4 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.9 | 2.3 |
| 3/8 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.3 | 2.6 | 2.8 | 3.4 |
| 1/2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 3.4 | 3.8 | 4.5 |
| 5/8 | 0.5 | 0.7 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.9 | 2.4 | 2.9 | 3.3 | 3.8 | 4.3 | 4.7 | 5.7 |
| 3/4 | 0.6 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 2.3 | 2.8 | 3.4 | 4.0 | 4.5 | 5.1 | 5.7 | 6.8 |
| 7/8 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.7 | 2.0 | 2.7 | 3.3 | 4.0 | 4.6 | 5.3 | 6.0 | 6.6 | 7.4 |
| 1 | 0.8 | 1.2 | 1.5 | 1.9 | 2.3 | 3.0 | 3.8 | 4.5 | 5.3 | 6.0 | 6.8 | 7.5 | 9.0 |

* TNT

USO DE LA TABLA: 1. - Se miden las secciones separadamente.

2. - Se encuentra la carga para cada sección.

3. - Sumese todas las cargas de las secciones.

D) EJEMPLO:

Se tiene una viga de acero de 25.4 cm de peralte que se quiere seccionar con TNT, se pregunta: (I 25.4)

¿Qué cantidad de TNT se requiere para seccionar dicha viga?

Solución: Se aplica la fórmula general de corte, para seccionar estructurales para lo cual debemos de encontrar el area total de la viga.

| | | |
|-------------------------|------------|-------------------------------|
| Area del Alma | .79 x 23.7 | 18.72 cm ² |
| Area de los patines (2) | (15.05) | 30.10 cm ² |
| Area Total | | 48.82 = 48.82 cm ² |

De la fórmula

$$P = 0.025 A$$

$$P = 0.025 \times 48.82 = 1.220 \text{ Kg.}$$

Se necesitarán 2 kilos de TNT para un trabajo bajo agua.

E) FORMULAS PARA CORTAR METALES CON SECCIONES -
TRANSVERSALES CIRCULARES.

Cuando se tienen elementos cuyas secciones transversales sean circulares, es necesario aplicar otras fórmulas a las anteriores - ya que generalmente, estos objetivos tienen un porcentaje mayor de carbón y son muy resistentes.

Para este caso, es necesario también afectar a la cantidad de explosivos obtenida de la fórmula, por un factor que va de ---- 1 a 2.5 cuando se ejecuten trabajos bajo agua.

Se ha encontrado la siguiente fórmula para este tipo de corte:

$$P = 0.07 A$$

DONDE:

P = Kg. de TNT.

A = Area de la sección transversal en cm^2

Dado que estas fórmulas son empíricas y solo nos sirven como guías en la práctica, podemos utilizar el diámetro al cuadrado en lugar del area, quedando la fórmula como sigue:

$$P = 0.07 D^2$$

DONDE:

P = Carga necesaria en Kg. de TNT.

D = Diámetro de la sección en Cm.

La carga total para dos ó más elementos es igual a la suma de las cargas parciales, lo que es lo mismo:

$$P_t = 0.07 \sum A$$

DONDE:

P_t = Carga total en Kg.

A = Suma de las areas parciales.

Estas mismas fórmulas en el sistema Ingles son:

$$P = A$$

Donde:

P = Carga en Lbs.

A = Area de la sección en Pulgs.²

$$P = D^2$$

Donde:

P = Carga en libras.

D = Diámetro de la sección en Pulgs.

F) COLOCACION DE LAS CARGAS.

Es natural que para secciones de este tipo, la colocación de las cargas es un poco más complicado, cuando se busca una economía, factor que debe estar siempre en la mente del ingeniero que dirige las operaciones.

Se han desarrollado multiples accesorios que facilitan estas operaciones; dado lo sencillo de la fabricación de los mismos, se -- pueden construir cuando el número de voladuras lo amerite; entre los más utilizados estan los mostrados en las figuras

G) EJEMPLO:

Se necesita cortar la cadena de un ancla que tiene eslabones de - 2.5 cm. de diámetro, se pregunta:

¿Que cantidad de TNT se necesita para romper la cadena?..

Fórmula General:

$$P = 0.07 \quad A$$

$$A_1 = \frac{3.14 \times 2.5^2}{4} = 4.4 \text{ cm}^2$$

$$A_2 = \frac{3.14 \times 2.5^2}{4} = 4.4 \text{ cm}^2$$

$$A_t = \underline{\hspace{2cm}} = 8.8 \text{ cm}^2$$

De la fórmula General:

$$P = 0.7 \times 8.8 = 0.616$$

Se utilizará 1 kilo de TNT repartido en ambos lados para romper la cadena

H) DEMOLICION DE VOLUMENES GRANDES DE METAL.

Existen ciertas piezas de metal que por su volumen sea necesario demolerlas ó seccionarlas para su futuro aprovechamiento.

El mejor método que existe es el de perforarlas con un soplete - oxhídrico u oxicitilénico usando para ello un tubo de pequeño diámetro (6 mm) por el que se introducen los gases, este tubo se va consumiendo al mismo tiempo que se perfora el cuerpo metálico.

En esta forma efectuamos prácticamente una barrenación que nos permite un ahorro muy grande de material explosivo.

En caso de tener tanques, chimeneas o cualquier otro tipo de formas de gran diámetro, las cargas deben colocarse en el interior y cercanas a una de las paredes; si el objetivo por cualquier circunstancia contiene aire dentro, este debe ser expulsado y llenado el volumen dejado con agua, de no hacerlo así, el aire amortiguará -

la energía desprendida, en cambio con un líquido las ondas de choque se transmitirán fácilmente, sin perder su capacidad de trabajo.

Cuando se tengan elementos para seccionar, del tipo de rieles, se sigue la regla práctica de colocar las cargas como en las formas estructurales rectangulares, esto es, como se muestra en la fig. , con un pequeño desplazamiento entre ellas para provocar un esfuerzo cortante mayor.

Las cantidades aproximadas requeridas son:

0.500 kg. para rieles de peralte menor a 12.5 cm. y 1 kg. para mayores de 12.5 cm.

I) PRECAUCIONES.

Cuando se efectúan voladuras en metales ó se trate de trabajos de seccionamiento, se requiere tomar las debidas precauciones para que las partículas metálicas que siempre se desprenden a una gran velocidad, no vayan a herir al personal ó causar accidentes serios en estructuras cercanas.

Existen casos en que se requiere demoler objetos calientes, de ser posibles, estos deben ser enfriados con chorros de agua ó aire frío a presión, si esto no es posible hay que utilizar explosivos en pequeñas cantidades que tengan una alta resistencia al calor, no obstante deben ser protegidos con cualquier material aislante como el asbesto, para evitar una detonación prematura.

Este tipo de voladura, debe ser siempre encendido con electricidad (estopines), para evitar, que las mechas se enciendan ó deterioren por las altas temperaturas.

METODO PARA DEMOLER Y DESENSAMBLAR BARCOS HUNDIDOS A BASE DE EXPLOSIVOS.

DEMOLICION:

La demolición de un barco puede presentarse, cuando éste represente un peligro a la navegación y sea necesario efectuar dicha operación rápidamente, sin dar tiempo a una recuperación total o parcial del mismo.

Antes de efectuar esta demolición, es importante conocer la naturaleza de la carga, por medio de una inspección visual y no basarse únicamente en los documentos del puerto; esta inspección, es necesaria también para conocer, planear la cantidad y ubicación de los explosivos.

Es oportuno, hacer incapié de nuevo sobre la necesidad imperiosa que este tipo de trabajo sea realizado bajo la dirección y con personal altamente calificado, ya que este trabajo es de lo más peligroso que existe bajo agua.

Las técnicas desarrolladas hasta el momento, así como el perfeccionamiento de los explosivos resistentes al agua, se iniciaron prácticamente en la segunda guerra mundial en el año de 1941, costando muchas vidas y dinero, pero gracias a estas pérdidas tan grandes, es factible ejecutarlo actualmente con seguridad, cuando es realizado por personal especializado y ajustandose a las reglas y principios establecidos para el efecto.

La inspección directa, junto con los datos, que se puedan obtener relativos al barco, planos, causa de hundimiento, etc., nos ayudan a determinar el metodo a seguir y los elementos necesarios con que se debe contar para el mejor éxito de las operaciones.

Entre los factores que más se deben considerar en estos trabajos, aparte de los que hemos tratado anteriormente y que son genéricos para todo tipo de actividad Sub-acuática son los siguientes:

- a). - Tipo o clase de barco.
- b). - Dimensiones.
- c). - Naturaleza y cantidad de la carga, así como su estado físico en el momento de la demolición.
- d). - Materiales empleados en la construcción del barco.
- e). - Profundidad de la voladura.
- f). - Posición en que quedó el barco.
- g). - Tiempo que lleva hundido.
- h). - Ubicación relativa a instalaciones portuarias.
- i). - Las condiciones físicas del barco y si tiene arena ó lodo cubriendolo.
- j). - Posibilidad de colocar las cargas en los puntos escogidos, etc. etc.

Como puede verse por la cantidad de elementos a considerar, cada barco hundido, debe tratarse como un problema diferente por lo que no debemos olvidar que una buena inspección y conocimiento del objetivo, así como las pruebas preliminares nos redundarán en una mayor economía y eficiencia.

Se puede dar el caso, que por la posición en que quedó el barco ó la imposibilidad por otras causas de conocer la carga directamente, se vea la necesidad de detonar cargas externas, las cuales permitirán posteriormente el acceso al barco y darán la relativa seguridad de que se puede trabajar con explosivos, (ver Fig. 63).

Deben elegirse con cuidado, los puntos donde se coloquen estas cargas para obtener mejores resultados.

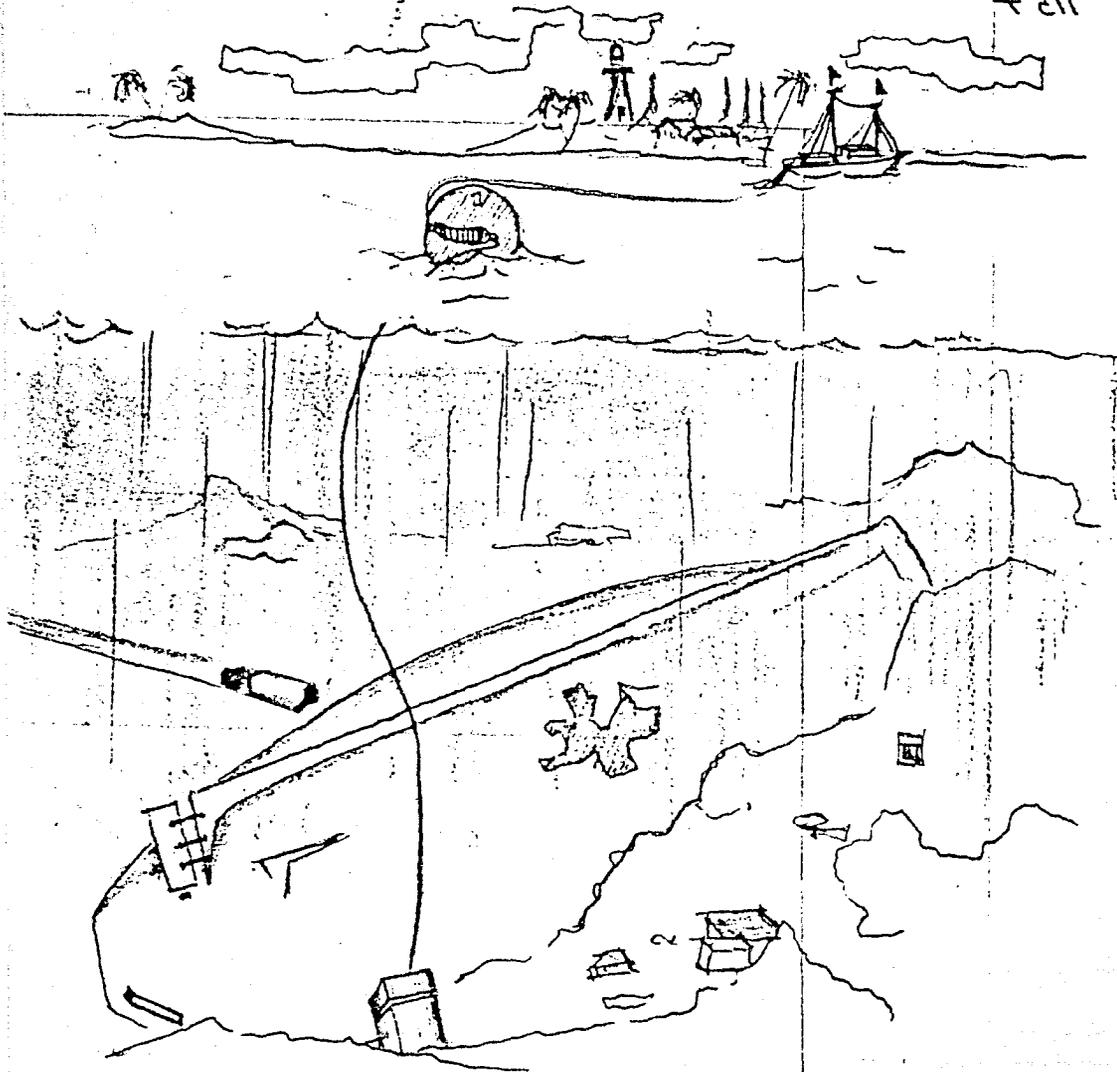


Fig. 63.
Colocación de una carga externa para facilitar el acceso.

Muchas veces, es realmente imposible colocar los explosivos en la parte interior seleccionada, debido a la carga que contiene, para eliminarla, ha resultado práctico en algunas ocasiones donde existen corrientes subacuáticas, la de abrir grandes aberturas en los extremos para que el agua la desaloje, si esto no es factible, hay que buscar el medio de lograr la mejor ubicación interior de las cargas, pues el rendimiento y por consiguiente el costo de una demolición de este tipo, aumenta mucho si las cargas se colocan externamente.

La cantidad, ubicación y tipo de explosivo debe registrarse principalmente por las condiciones enumeradas anteriormente, las cuales influyen mas ó menos en cada caso, sin embargo, la práctica ha determinado que es más conveniente para la demolición de barcos, que se concentre toda la carga en el centro si este es chico de dimensiones, o repartirla en tres partes; en el centro, a proa y a popa en barcos grandes ya sean de acero ó madera.

La cantidad de explosivos puede variar de 50 a 500 Kg. para barcos chicos y de 500 Kg. en adelante para barcos grandes, esta última carga se debe dividir para obtener mejores resultados, pero todas deben detonarse simultáneamente.

La mejor ubicación de la carga es lo más próximo a la parte inferior del casco y directamente contra el fondo.

Indudablemente que la demolición puede llevarse al cabo por etapas o secciones, aunque al volar con una sola carga, la succión ó movimiento del agua provocado, ayuda mucho en el desmembramiento del barco.

Es importante determinar como antes habíamos dicho, los daños que puede producir una carga de cierta magnitud, en instalaciones o construcciones cercanas, no solamente por

los efectos directos sino por las vibraciones creadas por la explosión.

Existen unas fórmulas sencillas para determinar la cantidad aproximada de dinamita para demoler un barco, estas se han obtenido del manual de Cuerpo de Buzos y Hombres Rana de la Armada de Perú.

Formula que determina la cantidad de explosivo para demoler un barco con casco metálico.

$$C = 0.296 V$$

DONDE:

C = Carga Total de dinamita en Kgs.
V = Volumen en M^3 del casco.

El volumen puede determinarse por medio de la siguiente fórmula:

$$V = 0.7 \times E \times M \times P$$

DONDE:

V = Volumen del casco en M^3
E = Eslora del Barco en metros.
M = Manga del barco en metros.
P = Puntal del barco en metros.

Se puede determinar el volumen del casco por medio de la siguiente fórmula, cuando se desconocen los conceptos anteriores.

$$V = 1.5 \times D$$

DONDE:

$$D = 1.5 A \times B$$

Este valor "D" es conocido en los barcos de guerra y en los mercantes, el valor A x B se denomina Arqueo Bruto.

Fórmula que determina la cantidad de explosivos para demostrar un barco con casco de madera.

$$C = K \times e^2 \times h$$

DONDE:

C = Cantidad de dinamita en Kg. por sección.

K = coef. que depende del tipo de madera.

e = Espesor del costado en centímetros.

h = Altura de los costados en centímetros.

Valores del Coeficiente K :

K = 0.000132 para cascos de madera blanda

K = 0.000264 para cascos de madera dura

ENCENDIDO:

La distancia que debe alejarse el barco ó chalan del lugar de la voladura depende de la magnitud de ésta, sin embargo no debe ser menor de 150 m.

La armada Peruana determina esta distancia a base de la siguiente fórmula:

$$D = M \times P$$

DONDE:

D = Distancia en metros

M = Coef. variable dependiendo del tipo de explosivo.

P = Peso de la carga en Kgs.

Los valores empíricos del coeficiente "M" son los siguientes:

M = 6.8 para Polvora Negra.

M = 9.9 para dinamita

M = 1.2 para Gelatina explosiva.

Se puede obtener un coeficiente aproximado para otro tipo de explosivo a partir de los valores anteriores.

Es muy conveniente aplicarle un coeficiente de seguridad mínimo de dos a la fórmula anterior para obtener una mayor protección.

APLASTAMIENTO:

Cuando el barco hundido está en una zona relativamente profunda y de material arenoso ó arcilloso, se puede proceder a cubrir el barco con una capa de material suelto y ponerle una carga ó varias, pero detonadas simultaneamente para que al momento de la voladura, la estructura del barco sufra un aplastamiento y el canal ó la vía de navegación quede libre de tránsito.

Este procedimiento, en algunos casos ha dado muy buenos resultados, pues disminuye el volumen de la carga, y se logra un fondo más normal.

Otras de las formas que se puede utilizar para eliminar obstáculos a la navegación, cuando el barco está hundido en una zona parecida a la anterior y con alguna corriente de agua, es la de abrir a base de explosivos, hoyos lo suficientemente grandes, para que el agua arrastre material que esta dentro de los compartimientos del barco y el peso provoque un hundimiento mayor del barco, haciendo factible la navegación sin peligro.

Se puede aumentar volumen de arenas ó material suelto a base de Air Lift.

APROVECHAMIENTO DE BARCOS HUNDIDOS:

Una de las formas más prácticas de aprovechar un barco hundido en un puerto, es utilizarlo previa adaptación y reforzamiento como muelle; (fig. 64)

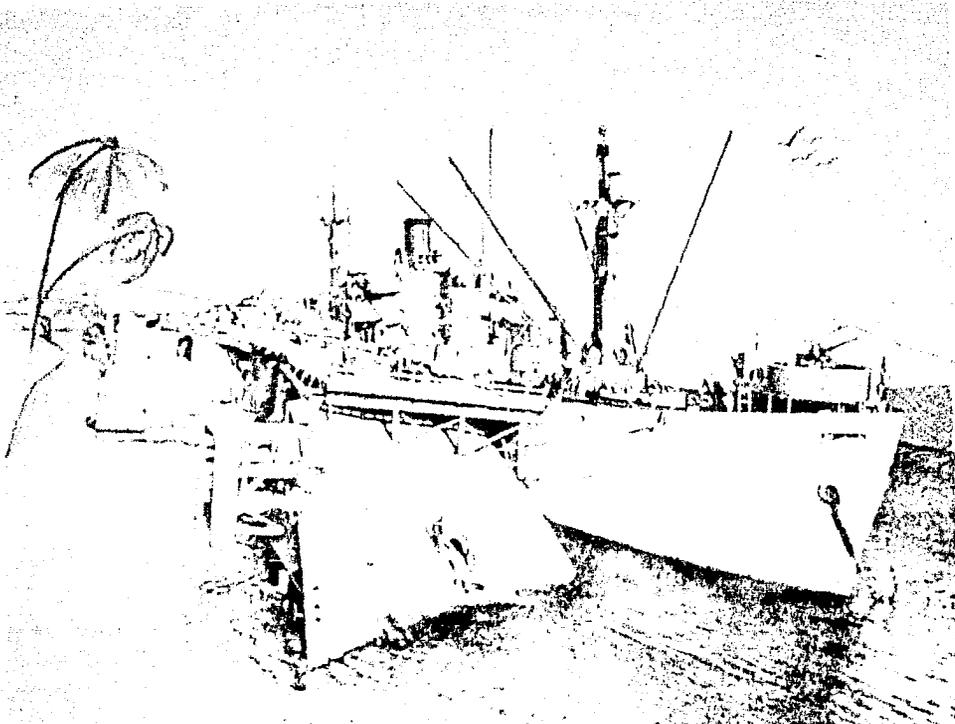


Fig. 64. Muelle aprovechando un barco hundido.

Esto es factible, si se le adapta una plataforma de concreto u otro material similar, en la parte que quedó hacia arriba, tomando el barco hundido como la subestructura, formando así un muelle ó atracadero que puede ser de gran utilidad y bajo costo.

Se debe preveer en estos casos, que el barco que vaya a atracar no golpee con partes sumergidas, del barco hundido, quitando por medio de explosivos los mástiles, chimeneas ó cualquier otra sección peligrosa.

DESENSAMBLAMIENTO DE UN BARCO HUNDIDO.

En esta sección veremos en una forma general la voladura y el corte o seccionamiento de un barco, que estorba a la navegación o que se deseen extraer las partes ó chatarra económicamente utilizables, el corte de madera ó metal en específico esta tratado con mayor amplitud en otro capítulo.

Se ha visto que en la eliminación de un obstaculo, es necesario y práctico ejecutar la operación con cargas grandes, todo lo contrario se hace, cuando el objetivo es el desensamblar un barco para aprovechar la maquinaria y material rescatado; para esta segunda operación, es mas importante muchas veces, la correcta colocación de la carga que su volumen, para obtener mejores resultados.

Las personas a cargo de las operaciones, deben ser ingenieros ó técnicos que no solo dominen las técnicas del uso de los explosivos sino que conozcan y comprendan los problemas inherentes al buceo así como un vasto conocimiento sobre los elementos estructurales de un barco, forma, ubicación, esfuerzos a que estan sometidos, etc.

Una buena dirección y el personal tanto el que esta arriba de el agua como los buzos debidamente capacitados, facilitarán

un trabajo de por sí difícil, redundando con una mayor seguridad y economía.

El factor humano es tan importante en este tipo de trabajo, - que existe una frase o dicho que se ha formado con la práctica. "Las cargas de corte subacuático son tan efectivas, como los hombres que las hacen y colocan."

Es pues necesario que antes de empezar cualquier trabajo - de esta índole, se estudie por medio de planos ó de ser posible con una maqueta, los métodos ha seguir, la elección de los explosivos, la planeación de la forma y distribución de - las cargas, el uso y selección apropiado del equipo exterior y bajo agua, etc. etc.

Existen sin embargo, factores que limitan el uso de métodos normales de voladuras tales como:

- a). - El impedimento a un acceso fácil y franco a los lugares críticos, por la posición en que quedó el barco.
- b). - El tiempo en que se debe desarrollar el trabajo.
- c). - El estado físico del barco.
- d). - Tipos de explosivos con los que se puede disponer.
- e). - Capacidad de arrastre y levantamiento del equipo exterior; gruas, sacos de aire, pontones, etc.
- f). - Profundidad del barco.
- g). - Seguridad de que el barco no se mueva.

Las pruebas preliminares son muy importantes en este caso, ya que es imposible determinar ó dar una regla general, pues cada barco es por todos los factores anteriores, un caso especial.

A partir del rendimiento obtenido, se puede economizar grandemente en la colocación de las cargas. Una carga mal calculada ó mal colocada, nos producirá escombros que además de ser un estorbo, pueden hacer peligroso el movimiento de los buzos.

El éxito de un trabajo de esta índole estriba en la reducción de los escombros al mínimo.

EL PROCEDIMIENTO GENERAL A SEGUIR PARA SECCIONAR UN BARCO ES EL SIGUIENTE.

1). - Se eliminan los mástiles y los aparejos tal como se muestra en la figura, esto es a base de cargas colocadas en la parte inferior del mástil, rodeándolo completamente; hay veces que es necesario dirigir la caída, lo cual se hace rompiendo todos los cables que ayudan a sostenerlo, con --cargas pequeñas, exceptuando el que esté en la dirección --deseada, estas cargas deben ser detonadas simultáneamente a la central. (figs. 65 y 66)

2). - La segunda parte que podemos seccionar del barco, es la superestructura que es todo aquello que está sobre la cubierta principal, lo cual incluye, chimeneas, ventiladeros, caseta del timón, puente de mando, etc. (fig. 67.)

Para seccionar elementos huecos como las chimeneas, se ha comprobado, que es más práctico hacerlo, colocando las --cargas en el interior; la magnitud de ellas, depende del diámetro, siendo 10 Kg. de dinamita ó su equivalente en carga promedio, la dirección de la caída, se puede controlar por cables.

Para un diámetro como el de los ventiladeros, es más práctico emplear cargas externas colocadas a su alrededor.

La parte de casetas y puentes, es conveniente dividirla en secciones transversales y volarlas con cargas lineales; es importante no olvidar que el seccionamiento en cuanto a tamaño y dimensiones de las piezas, nos los rige, la capacidad exterior de levantamiento de las gruas, calculando siempre, que la carga, no sea mayor en un 75% a la máxima capacidad con que se cuenta.

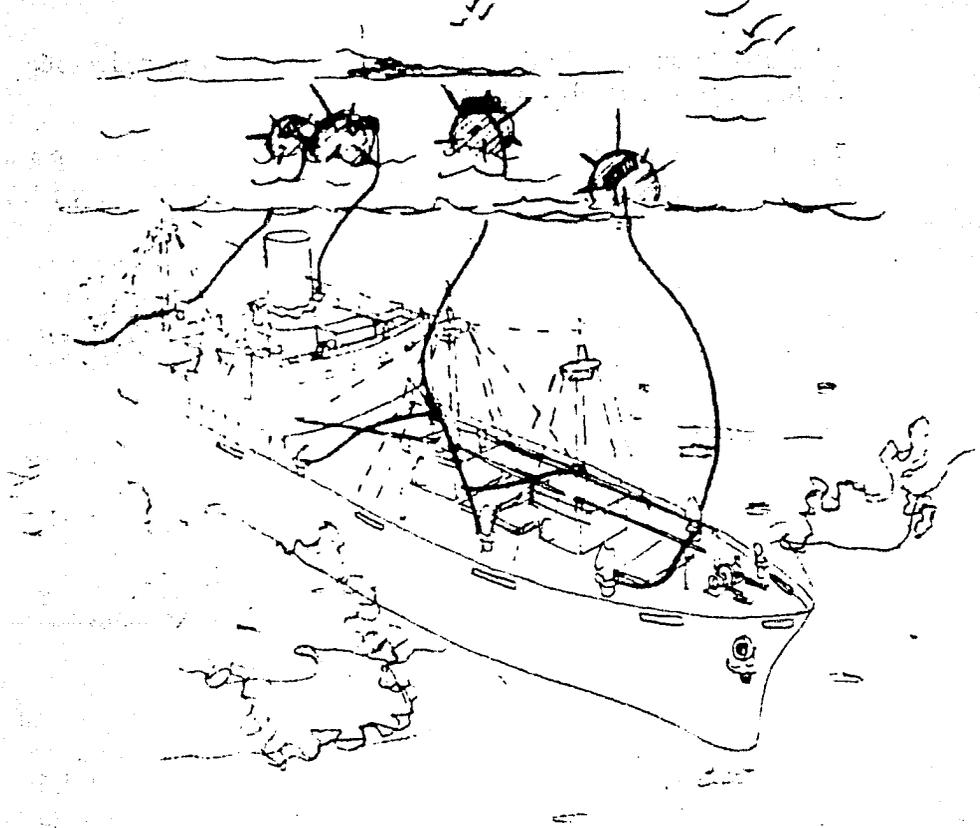


Fig. 65. primer paso para el desensamblamiento de un barco.

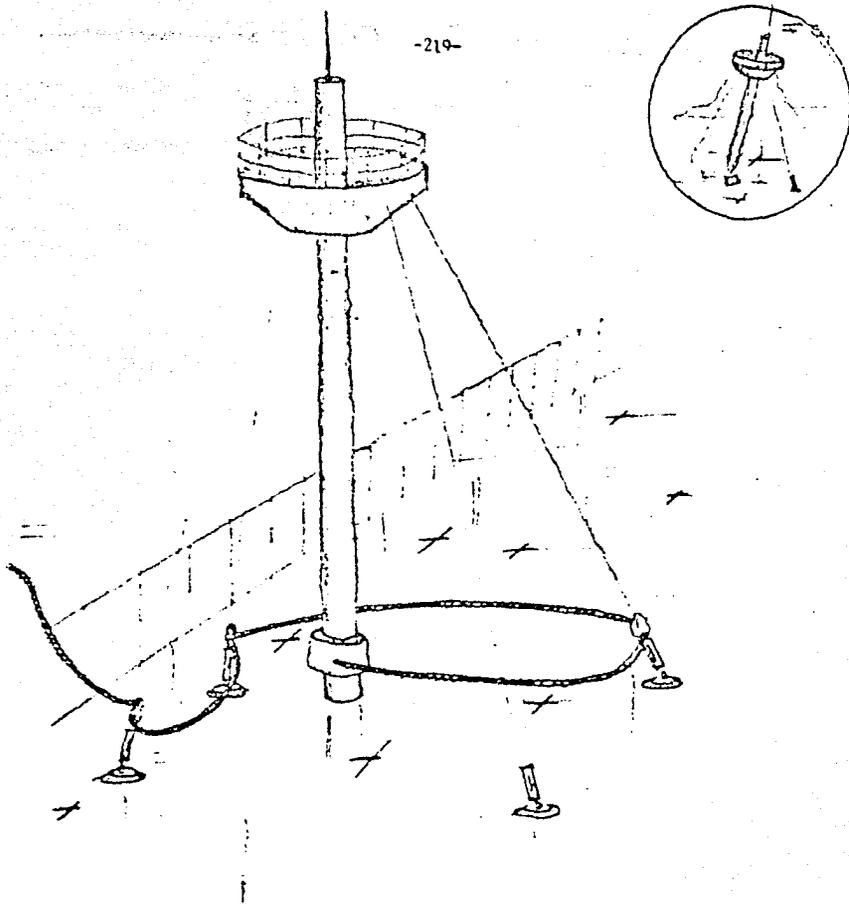


Fig. 66. Método para seccionar un mastil con caída dirigida.

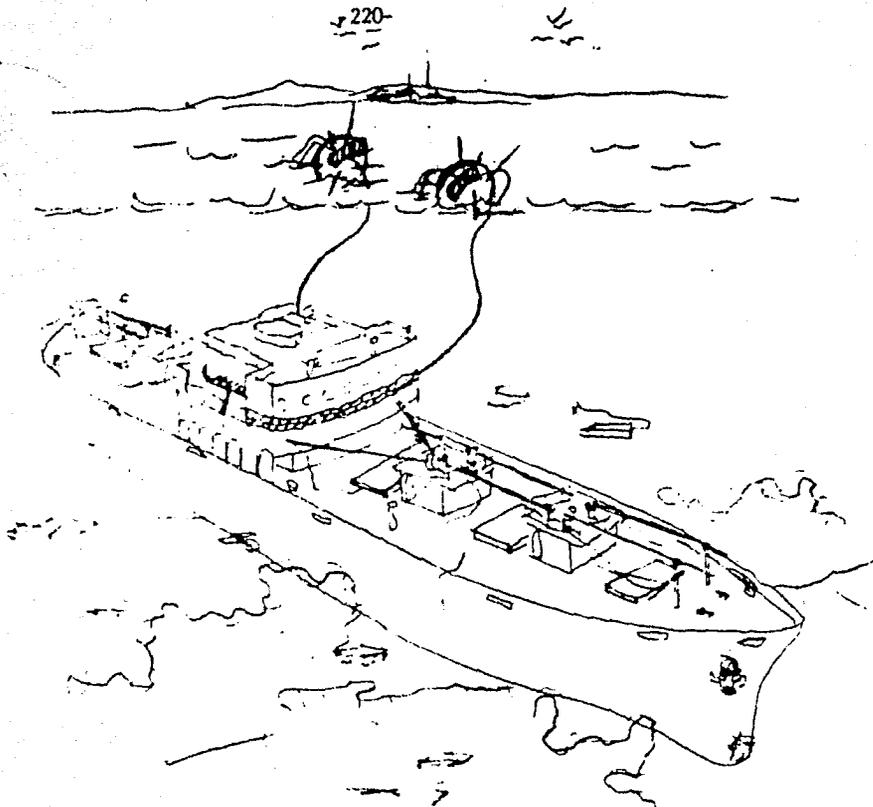


Fig. 67 2º. paso en el desensamblamiento de un barco.

También debe pensarse antes de seccionar, cual es el espacio ó volumen con que contamos en el barco ó en los pontones para acarrear las piezas recobradas a tierra.

Conociendo estas limitaciones, se deben cortar las piezas más grandes y pesadas, pues es más fácil manipular una sección - de 40 toneladas a una de 25 toneladas.

En cuanto al volumen de las piezas, puede ser reducido cuando se tiene conocimiento de los esfuerzos a que estan sometidos - los miembros, colocando las cargas en tal forma que se aproveche el peso de unos para aplastar a los más débiles.

El seccionamiento de la superestructura se hará con cargas -- lineales, estas cargas se denominan así porque con los cartuchos se forman líneas de explosivos, unidas por cables. Es muy práctico el uso de mangueras ó tubos de cualquier material plástico dentro del cual se meten los explosivos, tanto sólidos como líquidos, la forma mejor para detonar este tipo de cargas lineales es con Primacord, que puede ser encendido con estopines ó mecha, debe procurarse que el cebo se una a la carga lineal -- hasta el último momento para evitar detonaciones prematuras - ó simplemente el rompimiento de los cables por el movimiento de los buzos.

Se ha visto en la práctica que para obtener mayor rendimiento, las cargas lineales deben ser preparadas en la superficie con - una longitud no mayor de 75 cm. cuando van a ser manipuladas por un solo buzo.

Es también importante que el buzo no baje hasta que esté plenamente consciente del lugar y la forma donde va a colocar -- las cargas, el sistema de sujeción y una idea aproximada del resultado por obtenerse.

Cuando el lugar donde se van a colocar los explosivos quede hacia arriba, se ha usado con éxito trozos de madera para fijar lo más posible la carga, los cuales debido a su flotabilidad imprimen una fuerza ascendente a los explosivos, ayudando a obtener un mayor contacto, es imprescindible que se busque la mejor forma para lograr esta última condición ya que la eficiencia de un explosivo, baja mucho, por las fugas ó disipación de energía, cuando no existe un buen contacto entre la carga de explosivos y el objetivo.

En el caso de contar con sacos de arena y otro material similar, es muy conveniente cubrir las cargas con ellos para lograr un mejor rendimiento.

Cuando la sección que se va a cortar, cuenta con elementos resistentes, se debe reforzar la carga lineal con una carga concentrada, en esos puntos.

Para economizar tiempo y esfuerzo de inmersión, el buzo debe bajar poco antes de que se descienda la primera carga.

Después de terminar el seccionamiento de la superestructura, con una secuencia aproximada a la que muestran las figuras, pasamos al casco. (fig. 68

Para obtener mayor rapidez en el trabajo y más seguridad - hay que ir recogiendo ó limpiando el lugar de todo tipo de escombros, pues estos son causa muchas veces de accidentes, por estar sueltos o peligrosamente unidos.

En el casco es la parte donde se localiza el cuarto de máquinas, que es en sí la sección más difícil para desmantelar y donde se requiere una mejor aplicación de las técnicas usadas con explosivos, sin embargo en este lugar como en cualquier otro, la aplicación del sentido común es la primera y más útil de las reglas.

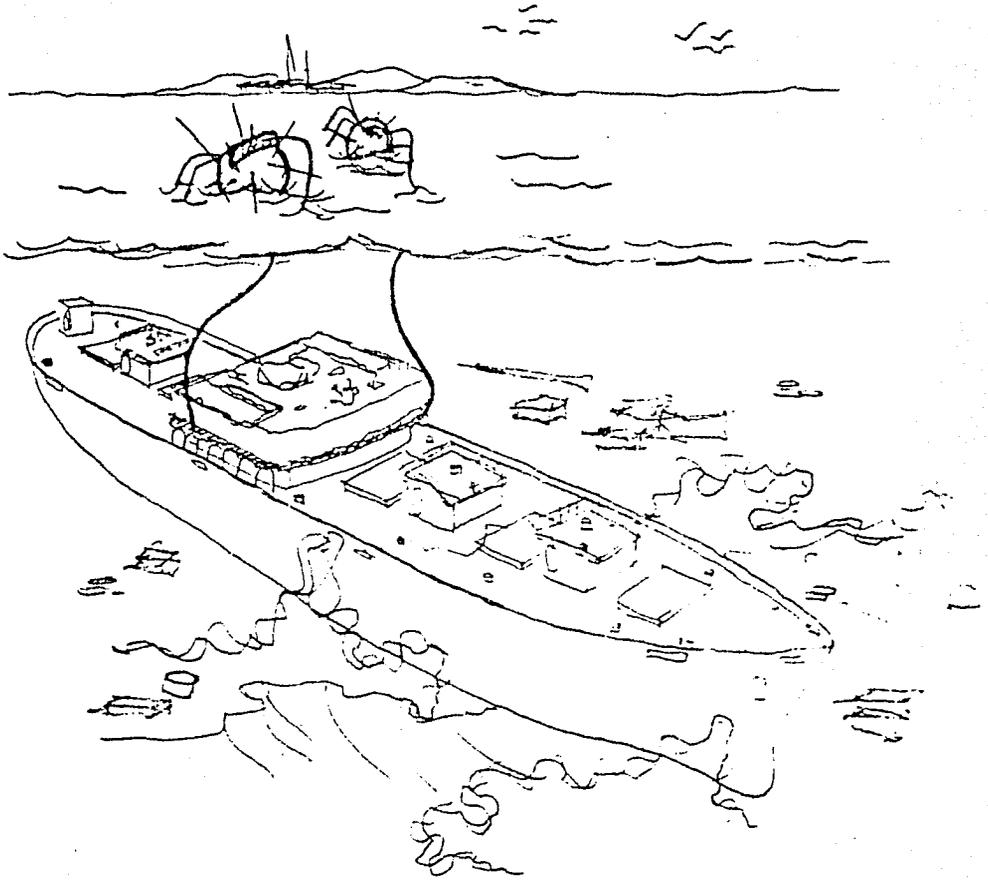


Fig. 68 3er. paso para el desensamblamiento de un barco.

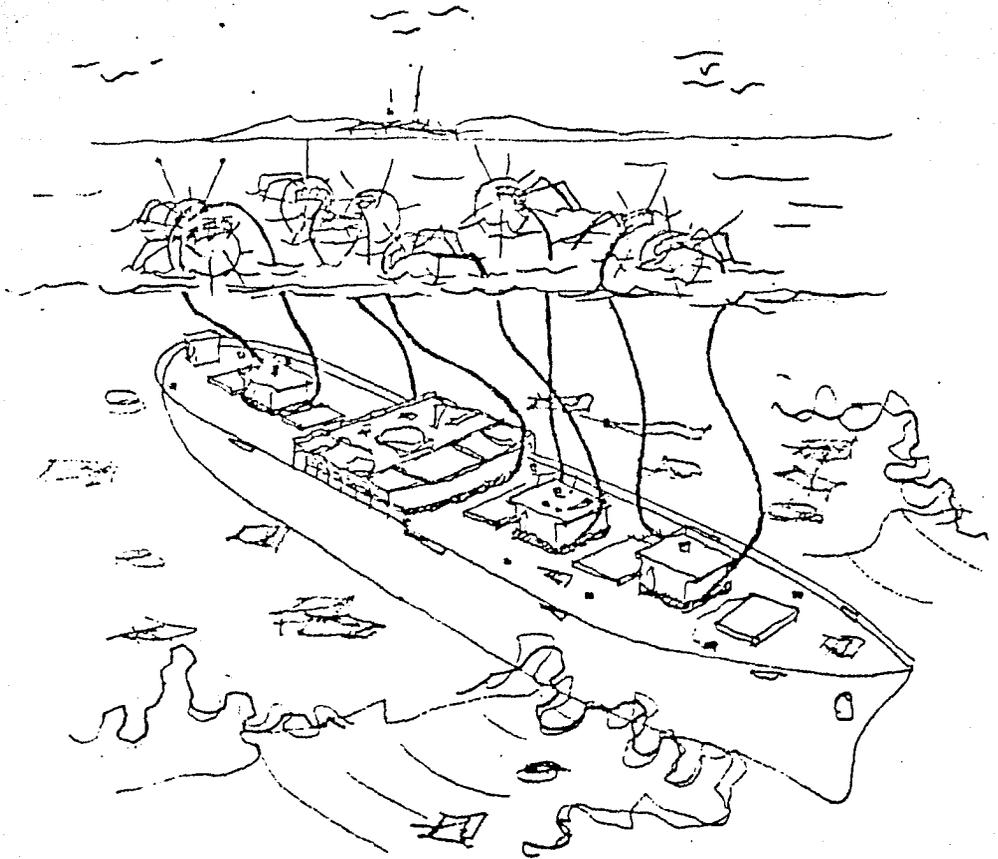


Fig. 69. 4º paso para el desensamblamiento de un barco.

Es en el cuarto de máquinas principalmente, donde se pueden aplicar las cargas focales sobre elementos macizos ó muy resistentes, teniendo con ellas, la facilidad de proyectar y enfocar un gran porcentaje de la energía del explosivo usado.

Las cargas focales son muy prácticas también para abrir agujeros que nos permitan pasar cuerdas o cadenas, ya sea para la fijación de los explosivos ó para sujetar las secciones y poder levantarlas con las gruas.

Con este tipo de cargas, no hay que olvidar que es necesario para que trabajen correctamente, el diseñar un aditamento, para mantener la separación entre el vertice del cono y el objetivo sin agua, ya que de no hacerlo, la disipación de la energía sería muy grande y el resultado mínimo.

Para sujetar estas cargas focales ó de cualquier otro tipo, se pueden colocar armellas ó aditamentos que se puedan empujar en el objetivo con aparatos neumáticos de alta revolución ó con pistolas iguales a las usadas al exterior, a las que se les ha protegido la materia explosiva del cartucho del contacto directo con el agua, para que pueda ser detonado.

Se deben colocar las cargas en el interior siempre que esto sea factible, ya que por dentro podemos localizar ó aplicar los explosivos en contacto con las partes más rígidas, pues es ahí donde se aprovecha más la energía de los explosivos, evitando al mismo tiempo, que la fuerza generada doble las placas ó piezas metálicas sin cortarlas, causando un peligro para el buzo y más trabajo aunado al uso de mayor cantidad de explosivos.

La proa de un barco, es la parte por la que se debe iniciar el desensamblado del casco, esto debe hacerse a base de una carga lineal que le de vuelta materialmente a esta sección.

(fig. 70)

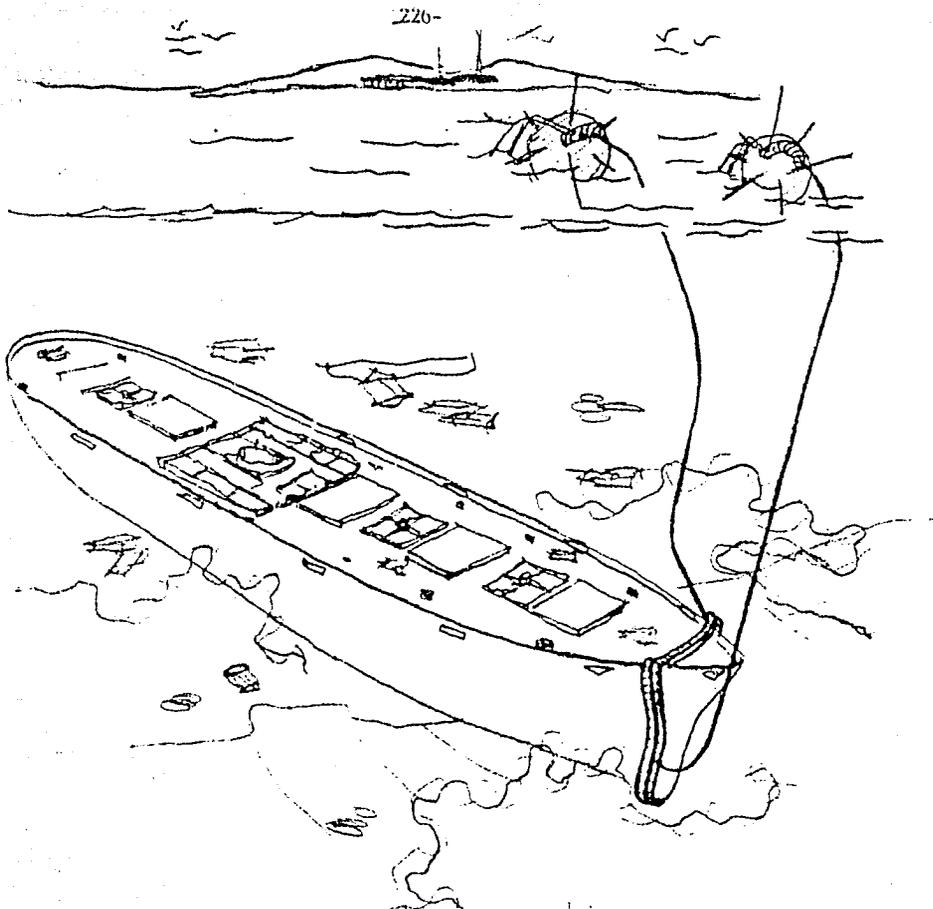


Fig. 70. 5^o paso para el desensamblamiento de un barco.

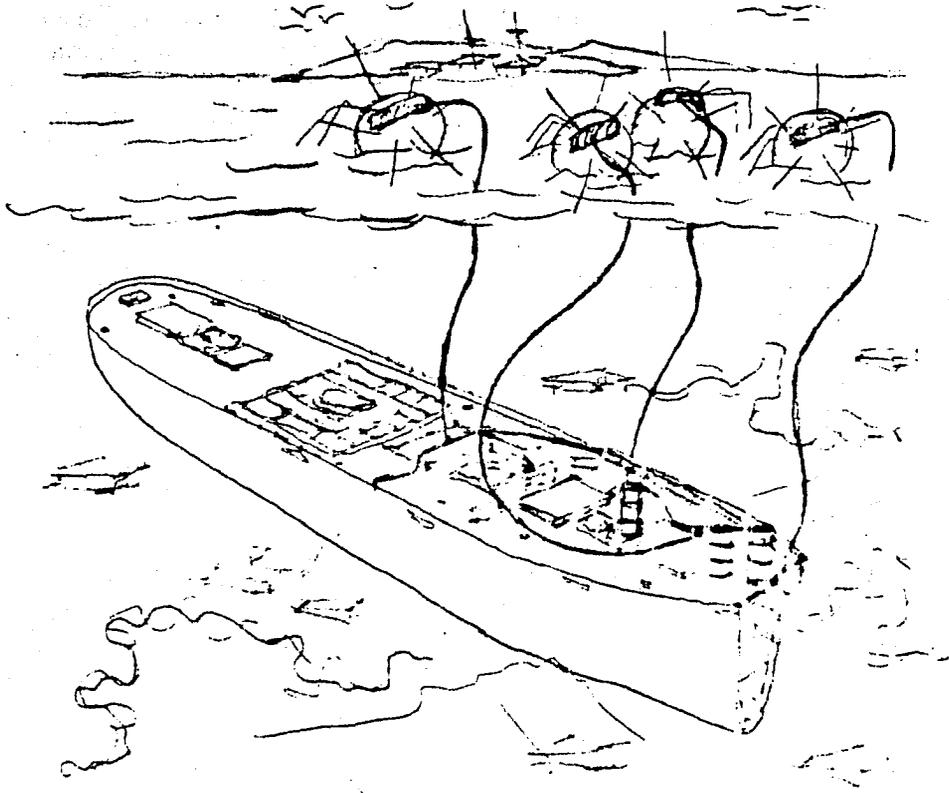


Fig. 71. 6º paso para el desensamblamiento de un barco.

A continuación se procede a quitar las cubiertas con cargas lineales colocadas sobre ellas, reforzandolas con una carga concentrada en los lugares donde existan piezas más rígidas

La cantidad y localización de las cargas para placas metálicas ó miembros estructurales está explicado en la sección de corte de metales.

Para desbaratar o seccionar un barco de madera, se procede con la misma secuencia que con los barcos metálicos, -- esto es:

- a). - Se quitan los mástiles y aparejos.
- b). - Se secciona la superestructura.
- c). - Se desbarata el casco.

Las diferentes etapas pueden verse en la serie de figuras de un barco con casco metálico.

La ubicación de las cargas en los puntos críticos y sobre to do la cantidad de explosivos necesarios para cortar secciones de madera, viene detallado en otro capítulo de esta tesis.

CORTE DE MADERA CON EXPLOSIVOS.

A) GENERALIDADES:

Si bien es cierto que cada día se emplea menos la madera - en la construcción moderna, debido a su costo y principalmente al desarrollo de nuevas técnicas en el uso del concreto, es muy factible encontrar barcos, muelles y diques de alba con este material, en construcciones hechas con anterioridad.

Es pues, muy conveniente, el conocer las diferentes fórmulas para corte de madera que nos puedan servir de guía, en el caso que se tenga que demoler una estructura ó un barco que esten hechos a base de este material.

B) CALCULO DE UNA CARGA EXTERNA O SIN ATAQUE - PARA CORTAR MADERA.

Para cortar árboles que sean un obstáculo ó vigas de madera, de cualquier sección transversal, se pueden utilizar las siguientes formulas:

Sistema Métrico:

(1) $P = 2 C$,Para valores de $0 < C < 1.60$
 $P = 0.7 C^3$ Para valores de $1.70 < C < 2.70$
DONDE:
 $P =$ Cantidad de Kg. de TNT
 $C =$ Circunferencia ó perímetro de la pieza en metros.

Sistema Inglés:

$P = 1.33 C$ Para valores de $0 < C < 5 \frac{1}{4}$
 $P = 1.33 \frac{C^3}{30}$ Para valores de $5 \frac{1}{2} < C < 9 \frac{1}{4}$

DONDE:

P = Cantidad de libras de TNT

C = Circunferencia ó perímetro de la pieza en pies.

Se han puesto como límite para la aplicación de estas fórmulas, las piezas que tengan un diámetro ó ancho menor a 90 -- cms. puesto que hasta estas dimensiones, es razonable la -- cantidad de explosivos necesaria para cortarlas, pero en piezas de mayor diámetro, la cantidad de explosivos requerida, es excesiva, por lo que debe utilizarse otro método, más --- práctico para seccionar.

C). _ EJEMPLO:

¿Qué cantidad de TNT se requiere para seccionar una pieza de 35 cm. de diámetro de sección circular, con una carga sin -- atacar?.

SOLUCION:

Fórmula:

$$P = 2 C$$

$$C = \pi D$$

$$C = 3.14 \times 0.35 = 1.09$$

$$C = 1.09 \text{ m.}$$

De Donde:

$$P = 2 \times 1.09 = 2.18 \text{ Kg. de TNT}$$

$$P = 2.18 \text{ Kg. de TNT}$$

Existen otras fórmulas obtenidas a partir del diámetro que - dan resultados muy aproximados.

Sistema Métrico:

(2#

$$P = 17.55 D^2$$

DONDE:

P = Kg. de TNT

D = Diámetro de la -
pieza en metros.

Sistema Inglés:

$$P = \frac{D^2}{40}$$

DONDE:

P = Libras de TNT

D = Diámetro de la -
Pieza en Pulgadas.

NOTA: Para diámetros mayores a 70 cm. se debe incrementar la carga en un 25 %

D). - EJEMPLO ILUSTRATIVO:

¿Que cantidad se requiere de TNT Para seccionar una pieza de madera de 65 cms. de diámetro con carga sin atacar?

SOLUCION: Se utilizará la fórmula Núm. 2

$$P = 17.55 D^2$$

DATOS:

$$D = 0.65$$

Carga sin atacar.

$$\begin{aligned} P &= 17.55 \times (0.65)^2 \\ &= 17.55 \times 0.4225 = 7.40 \end{aligned}$$

$$P = 7.40 \text{ Kg.}$$

E). FORMULAS PARA CARGAS INTERNAS O ATACADAS.

La siguiente fórmula nos determina la cantidad de TNT requerida para cortar ó seccionar piezas de madera donde la carga se ha colocado internamente.

Sistema Métrico:

(3)

$$P = 2.80 D^2$$

DONDE:

P = Kg. de TNT

D = Diámetro de la pieza
en metros

Sistema Inglés:

$$P = \frac{D^2}{250}$$

DONDE:

P = Cantidad de TNT en
libras.

D = Diámetro ó sección -
mínima en pulgadas

F) EJEMPLO ILUSTRATIVO:

¿Que cantidad de explosivo se requiere para cortar una cuaderna de un barco que tiene 35 cm. de ancho, en su sección mínima, se utilizará TNT y se atacará la carga?

SOLUCION: Se utilizará la fórmula (3) para cargas atacadas.

$$P = 2.8 D^2$$

DONDE:

P = en Kilos

D = En metros

$$P = 2.8 \times 0.35^2$$

$$P = 0.343 \text{ Kg.}$$

G) COLOCACION DE LAS CARGAS:

Las cargas para cortar madera deben unirse lo más posible al objetivo para obtener mejores resultados.

Es muy conveniente para obtener un corte completo, rodear la pieza ó árbol con explosivos y sujetarlos perfectamente., - (fig. 72.)

Para dirigir la caída de un árbol, si se desea que caiga en una determinada dirección, la carga debe concentrarse en el lado deseado.

Cuando se desee seccionar un árbol ó pieza con cargas internas, estas deben aplicarse en barrenos que formen ángulo recto, como lo muestra la figura 73. En el caso de necesitarse - uno solo, se perfora paralelamente a la sección transversal - mínima.

(ver figura 73).



Fig. 72. Colocación de una carga para seccionar madera.

REMOCIÓN DE ARBOLES Y TOCONES.

Para remover un tocon hay que ver cual de los dos tipos de tocones tenemos que sacar; si es de raíces rectas ó de raíces laterales, ya que las cargas deben colocarse dentro de la raíz, debajo de la superficie del terreno y a una profundidad aproximada del diámetro del tocon, buscando que estén lo más al centro posible del tocon en caso de raíces rectas; en el segundo caso, se repartirán en el centro del tocon y en las raíces laterales, las siguientes figuras aclaran los conceptos anteriores. (fig. 74)

La cantidad de explosivos es variable dependiendo de:

- a). - La profundidad.
- b). - Volumen de las raíces.
- c). - Extensión de las mismas.
- d). - Tipo de terreno, etc. etc.



Fig. -73- colocación de las cargas para una sección circular.

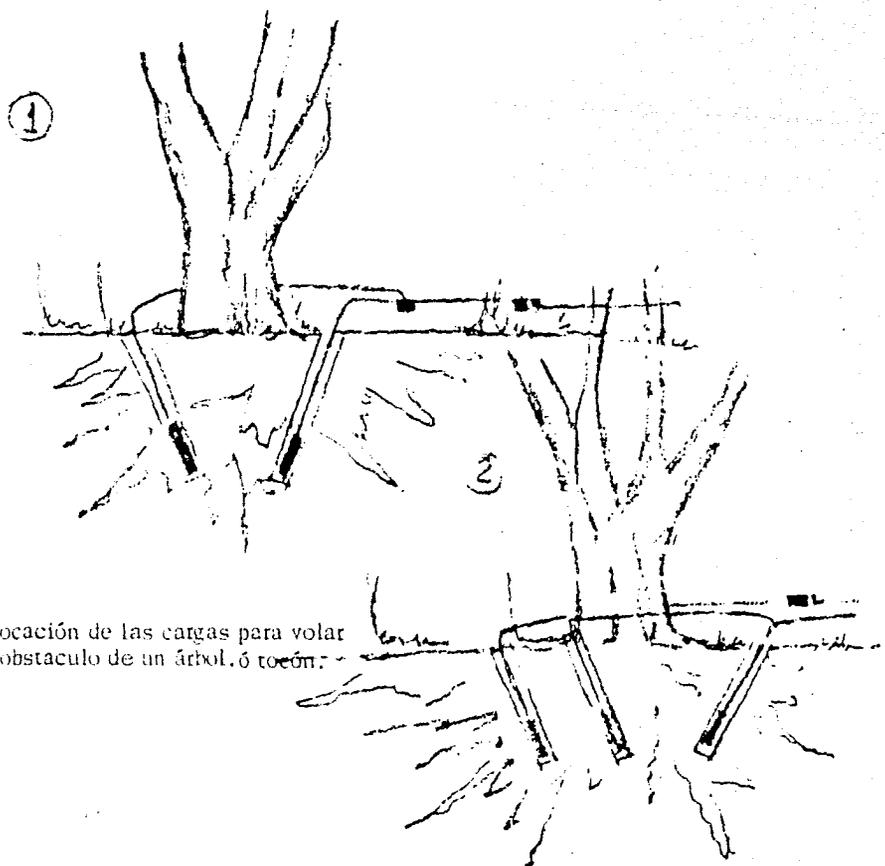


Fig. 74. Colocación de las cargas para volar un obstaculo de un árbol, ó tocón.

2a. Parte.-

APARATOS Y MAQUINARIA UTILIZADOS ----
PARA EJECUTAR TRABAJOS SUB-ACUATICOS

2a. PARTE.

INTRODUCCION.

Dado que el tema, puede ser por si mismo objeto, no solamente de una tesis, sino de muchas, por su amplitud e importancia, y la gran variedad de aparatos y herramientas que se utilizan actualmente y muchos más que se inventan y desarrollan en el mundo entero, para facilitar y cubrir las necesidades que se presentan en trabajos sumbarinos que hasta hace pocos años, sólo existían en la mente de hombres visionarios o novelistas, describiremos algunos de ellos lo más escuetamente posible sin negarles la importancia que puedan tener en un trabajo determinado.

El nombrar cierto tipo de aparatos, que no son de uso común por lo complicados, especializados ó costosos, se ha hecho con la idea de que la ingeniería submarina, aunque está actualmente en formación, tiene en un futuro próximo, alcances insospechados; pensando en ésto y no sólo en una obra portuaria ó en el salvataje de un barco, quisimos describir los aparatos más interesantes y las herramientas más prácticas dejando la idea de su existencia únicamente.

APARATOS Y MAQUINAS UTILIZADOS PARA EJECUTAR TRABAJOS SUBACUATICOS..

1. - Aparatos ó métodos que nos sirven para determinar la posición de un objetivo, teniéndolo a la vista o fuera de ella.

a). - **SEXTANTE**: Aparato que se utiliza desde la embarcación para medir los ángulos existentes entre dos ó más puntos conocidos en la costa y el punto de observación. Este instrumento es de los más útiles y sencillos con que se cuenta para la localización de un objetivo. Cuando la costa esté a la vista y haya buena visibilidad, este aparato puede usarse en combinación -- con los astros ó, con luces por la noche colocadas en la costa, - en puntos determinados previamente.

b). - **SISTEMA ELECTRO OPTICO**: Este sistema fué desarrollado en 1960 por Karol-us y Bejerharmmer, el cual mide distancias a base de la luz con un error de $1/2500$, su alcance es de 5 Km. aproximadamente; para obtener una precisión de $1: 10^5$ en distancias de 0.8 a 2.5 Km. es necesario modular la frecuencia de la luz entre 10^5 a 10^7 ciclos por segundo.

c). - **RADAR**: Inventado y desarrollado por Kissam Hemple, -- Watson, Aslakson, Hall y Jones en 1946 (fig.75) este aparato mide distancias a base de enviar ondas eléctromagnéticas, lo suficientemente cortas para evitar la difracción, las cuales rebotan en cualquier objeto sólido. El instrumento consta de un emisor, un receptor, una fuente de energía, una antena y un - indicador. Su utilidad y aplicación es ampliamente conocida. (Localiza objetos en la superficie terrestre o la del mar).

d). - **TELURIMETRO**: Inventado y desarrollado por Poling en - 1959 y Smith en 1960. Este aparato tiene un alcance normal de 0.3 a 50 Km. con un error de 0.60 a 1.50 m. independientemente de la distancia medida; utiliza micro-ondas de radio y consta de 2 aparatos similares uno de los cuales se localiza en el pun-

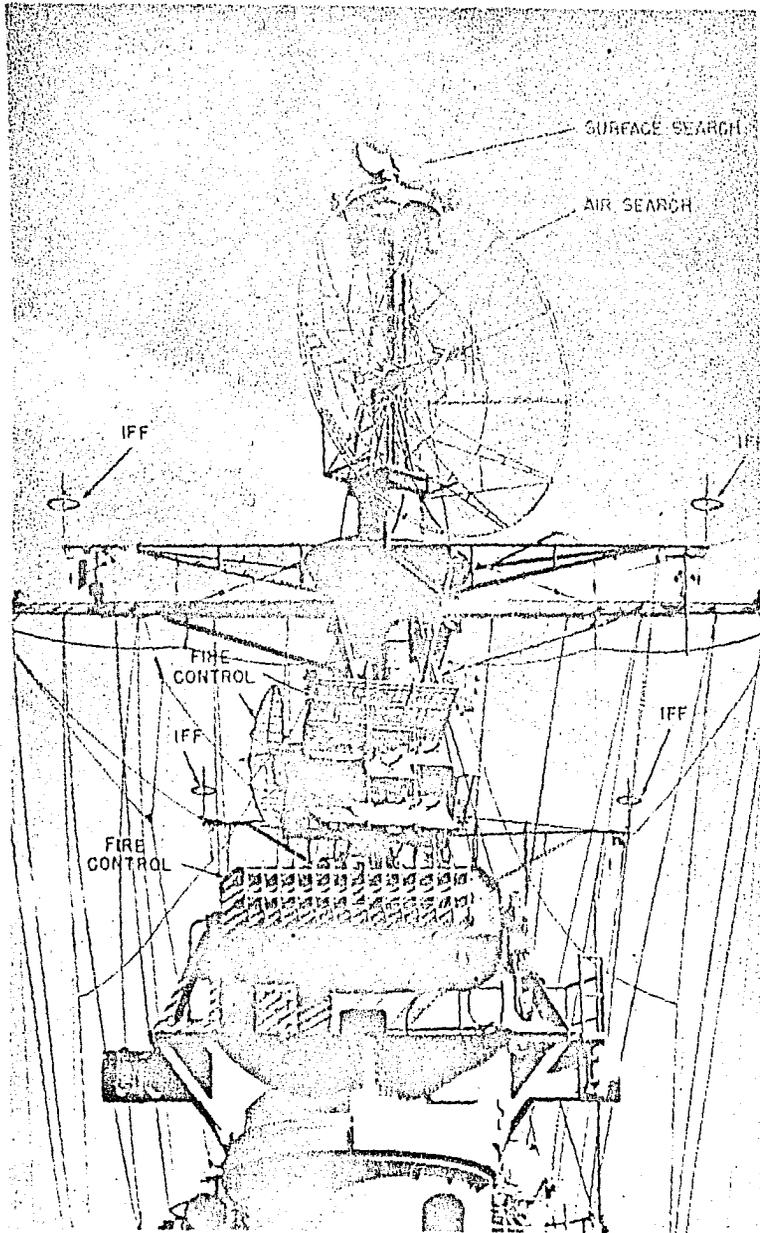


Fig. 75. -- RADAR.

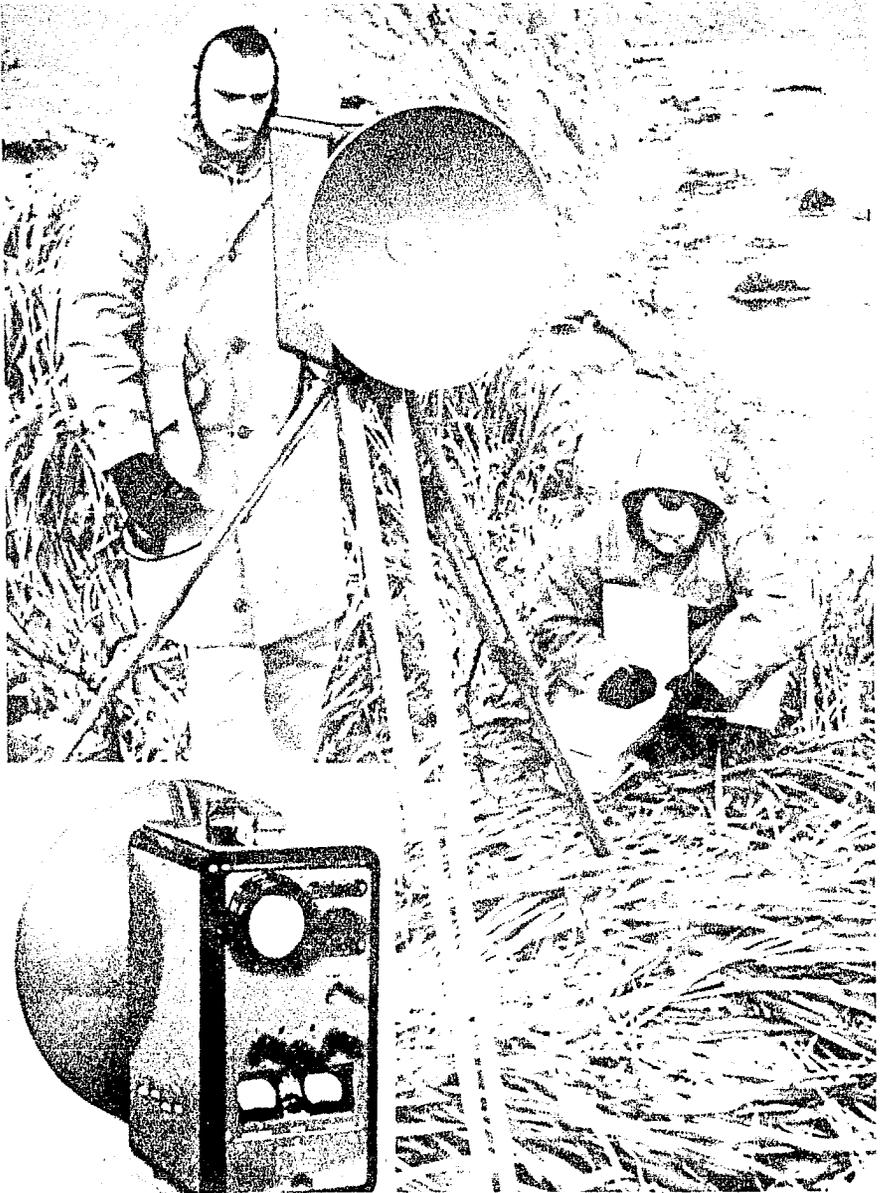


Fig. 76. - Telurimetro.

to de observación en la embarcación y otro en la costa: para la ubicación de un barco en alta mar es necesario tener 2 juegos de telurímetros. (fig. 76)

VENTAJAS: Bajo costo, poco peso, fácil de manejar, fácil de instalar y puede trabajar en cualquier condición climatológica.

e). - GEODIMETRO: Inventado y desarrollado por Bergstrand -- Thomas y Carter 1960 utiliza la velocidad que la luz tarda en recorrer la distancia buscada, tiene un radio de acción de 1.5 - a 50 Km. con una aproximación de ± 0.10 cm.

f). - CIRCULO AZIMUTAL: Consiste en un anillo graduado con mira, el cual se coloca encima de una brújula, se utiliza en la siguiente forma: Con la mira se localiza el punto conocido en la costa y se anota el ángulo formado entre éste y el norte real; inmediatamente se observa otro punto conocido en la misma -- forma, llevando estos datos a un mapa se localiza la posición del barco en ese instante.

g). - Además de los aparatos mencionados con anterioridad existen otros métodos que con ayuda de estaciones trasmisoras en la costa, permiten encontrar la localización de un barco, tales son el RAYDIST, desarrollado por Hasting en 1956. El sistema -- a base de micro-ondas inventado por Smyth en 1960, muy usado por embarcaciones pequeñas y el cual tiene un radio de 15 a 30 - Km., es necesario contar con 3 estaciones por lo menos en la -- costa. (figs. 77 y 78)

El sistema DECCA, para el que se necesita una estación receptora en el barco y cuando menos dos en la costa, este método -- de localización tiene un radio de efectividad de 400 Km. aproximadamente y es muy empleado en Canada y Europa.

h). - El sistema más común para ubicar un barco en alta mar, -- es por medio de los astros, la precisión depende de las condiciones del tiempo y de la experiencia del observador, así como de la velocidad del viento y las corrientes.

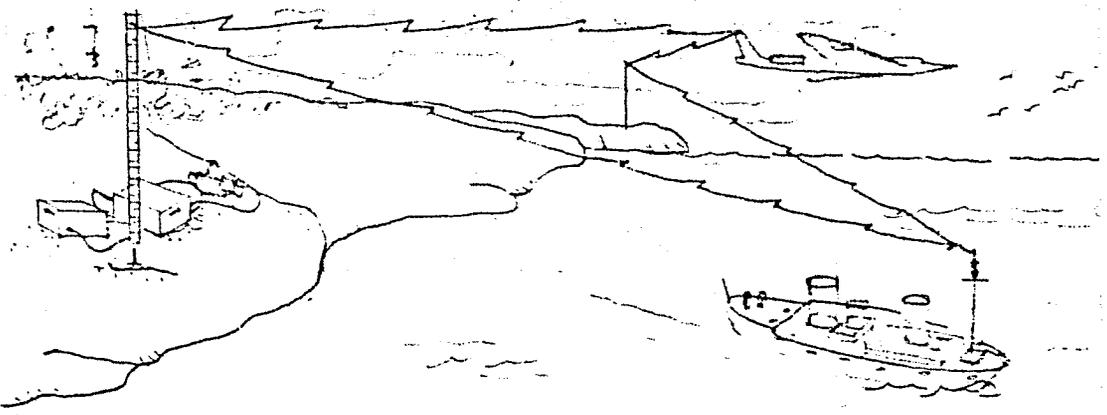


Fig. 77 Sistema Raydist a base de dos estaciones en la costa.

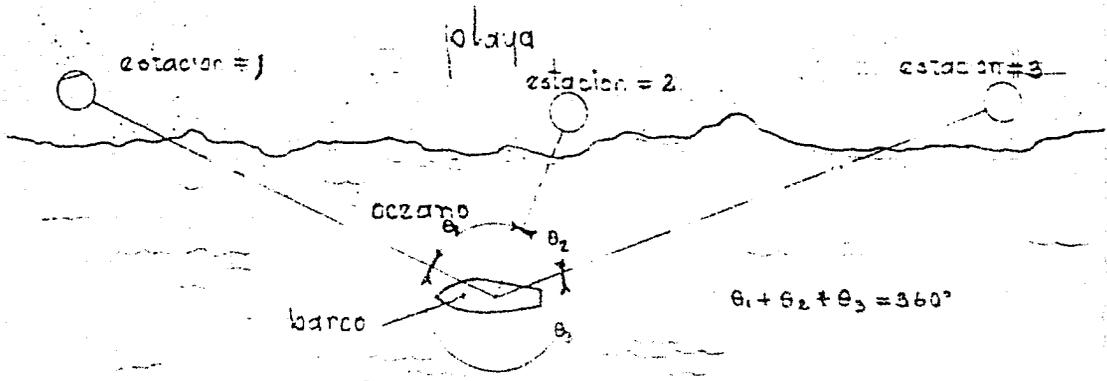


Fig. 78. Localización a base de Micro Ondas y Estaciones en la costa.

i). - Otros métodos muy usados son EL LORAN, para grandes - radios de acción (2,000 Km.); EL SHORAN para distancias hasta de 100 Km.; EL LORAC, poco más preciso que el LORAN; EL SISTEMA E. P. I. (Indicador de posición electrónico) etc. fig. 79

j). - El sistema más moderno y probablemente, el de mayor -- uso en un futuro próximo, es el basado en ondas de radio enviadas por satélites, el error actual es de unos 50 m., pudiendo -- mejorarse grandemente, es necesario para usarse prácticamente que la periodicidad del paso de los satélites sea mucho menor a la actual, para poder determinar las posiciones de un barco en cualquier momento del día ó de la noche. (fig. 80)

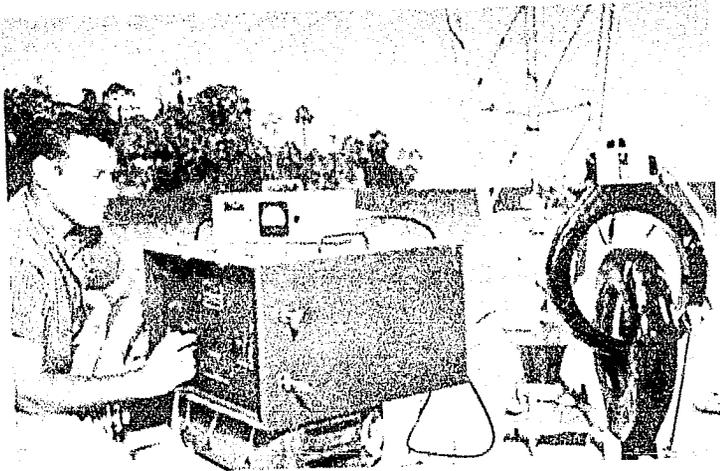


Fig. 79. - Lorac.



11670 2849-3
1-13
1-9

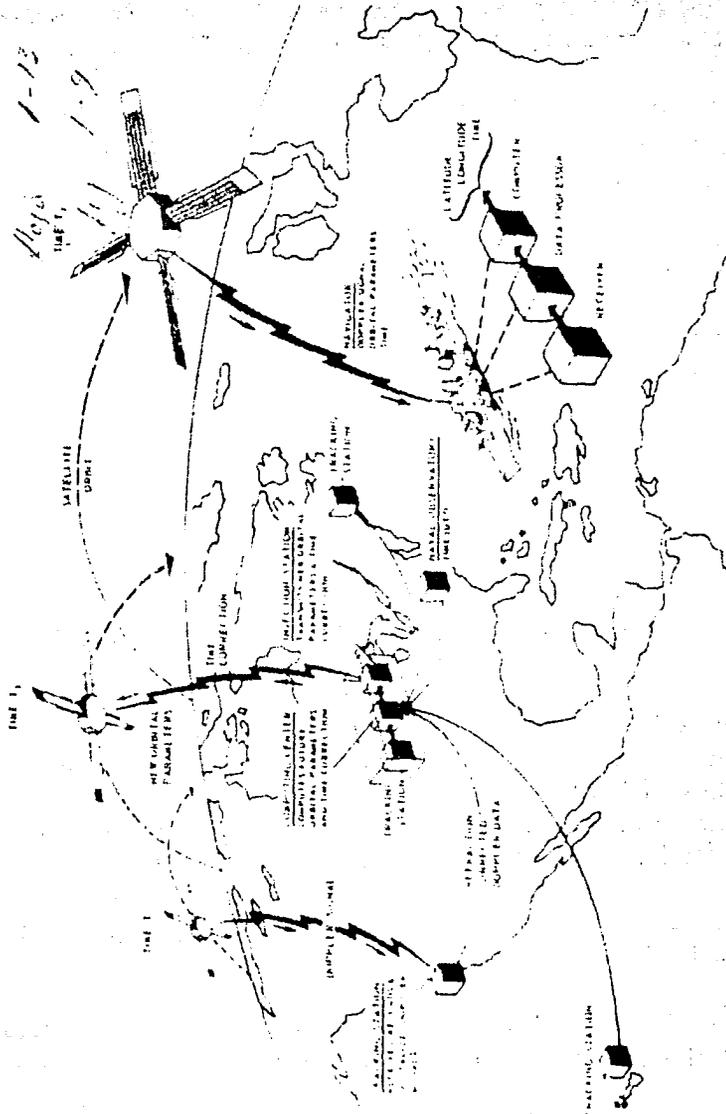


Fig. 80. Localización de un objetivo en el mar a base de satélites.

APARATOS PARA MEDIR LA PROFUNDIDAD EN UN LUGAR O ZONA DETERMINADA.

Existen multiples formas y aparatos para determinar la profundidad: la más elemental es la "BRAZA" La cual consiste en una cuerda graduada en uno de cuyos extremos se fija un plomo, la exactitud de la medida depende de la verticalidad de la plomada, de las corrientes de aire y del agua, así como de la inmovilidad de la embarcación.

PROFUNDIMETRO: Aparato usado por los buzos autonomos (fig. 81) que trabaja con el mismo sistema de un barómetro, en este caso, la presión es ejercida por el agua, su error es de \pm 30 cm. y es muy práctico hasta profundidades de 60 m. aproximadamente.

SISTEMAS ACUSTICOS.

Para determinar la profundidad, por medio de un sistema acustico es necesario contar con un emisor y un receptor y conocer el intervalo de tiempo entre cada emisión de sonido.

PINGER: Este aparato consta de un emisor y un hidrófono; el primero se baja del barco por medio de un malacate y el segundo se fija al barco; el emisor puede ser alimentado desde arriba por un cable; al emitir el sonido en una frecuencia determinada - este llega al hidrófono en dos angulos diferentes, uno directo del emisor y otro el que se refleja del fondo, al conocer los intervalos de tiempo se conoce la profundidad del lugar y la del emisor al fondo.

Como emisor puede usarse cargas explosivas ó cualquier aparato que produzca sonido. (fig.82)

SONAR PINGER: Con el mismo principio acústico trabajan estos aparatos, con la diferencia que no necesitan que la energía les sea enviada desde el barco ya que ellos contienen su propia fuente de energía; al emitir sonidos, estos son captados por el hidró

fono del barco, conociéndose así la profundidad y la distancia -
del sonar al fondo.

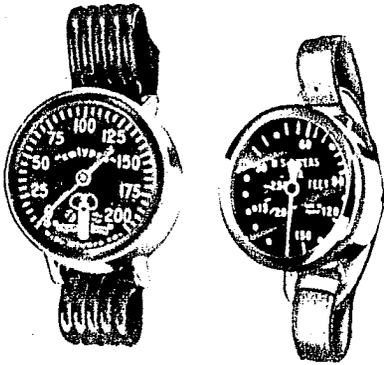


Fig. 81. Protundímetro.

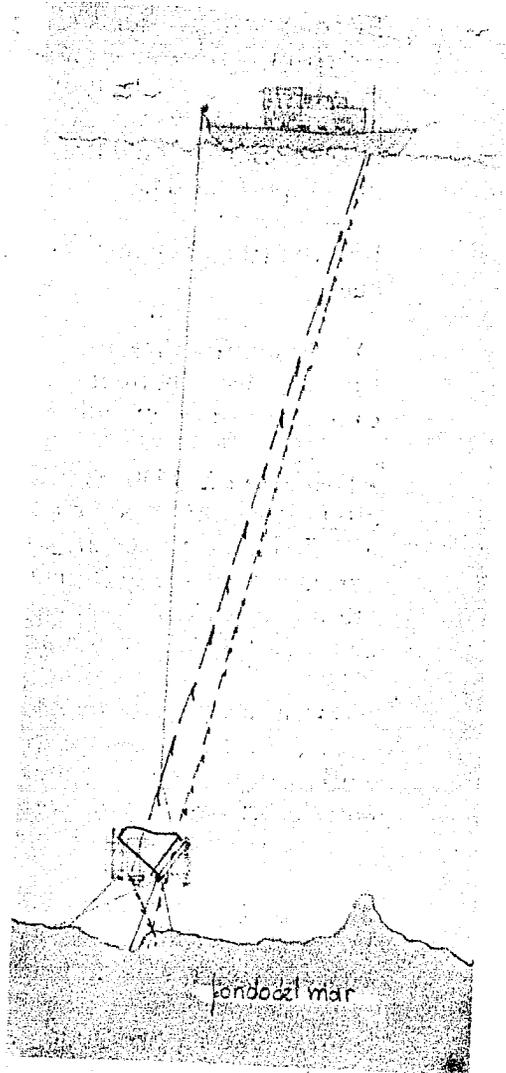


Fig. 82. Diagrama ilustrativo, sobre
el uso del pinger o sonar.

MUESTREOS. -

El conocimiento del suelo y subsuelo del lugar donde se va a construir ó colocar instalaciones ó aparatos científicos, es muy necesario para el Ingeniero Projectista. afortunadamente poco a poco se descubren nuevas técnicas y aparatos que nos facilitan la obtención de muestras, tanto alteradas como inalteradas a mayor profundidad.

Existen tres métodos principales para obtener datos del subsuelo:

- a). - Muestreo directo. -
- b). - Métodos indirectos. -
- c). - Inspección visual. -

A) MUESTREO DIRECTO: Consiste en la obtención de muestras alteradas e inalteradas con aparatos de tipo de Draga para obtener el tipo de materiales sobre la superficie, el mecanismo para cerrar y abrir las quijadas, puede ser dirigido desde la superficie ó que actúen independientemente como mecanismos que trabajan al establecer contacto con el suelo. Ver fig. (83)

Existen otros aparatos poco más complicados como el de la Fig. (84) con los que se obtienen núcleos como muestras; Kullenberg en 1947, Emery y Dretz en 1941 y 1952 fueron los que desarrollaron y mejoraron este tipo de aparato que dentro de lo sencillo que son, se obtienen buenas muestras.

Sin embargo el método más conveniente aunque más costoso es la obtención de núcleos extraídos a grandes profundidades con aparatos rotatorios de perforación.

Habiendose ya perforado cerca de las islas de Guadalupe por la Compañía Global Marine Exploration, hasta 3,000 m. de profundidad.

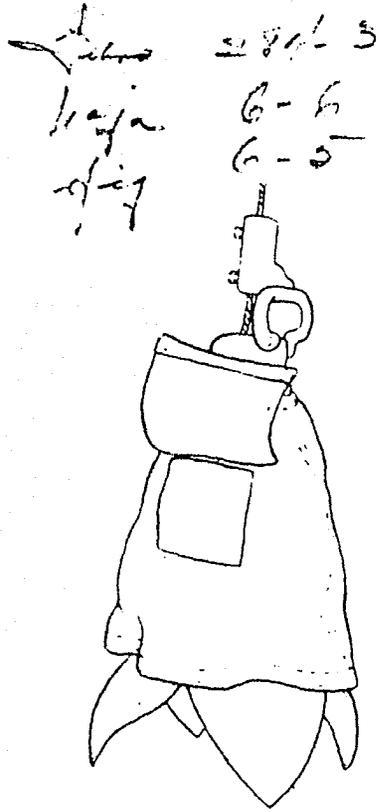


Fig. 83. - Aparato para muestreo directo.

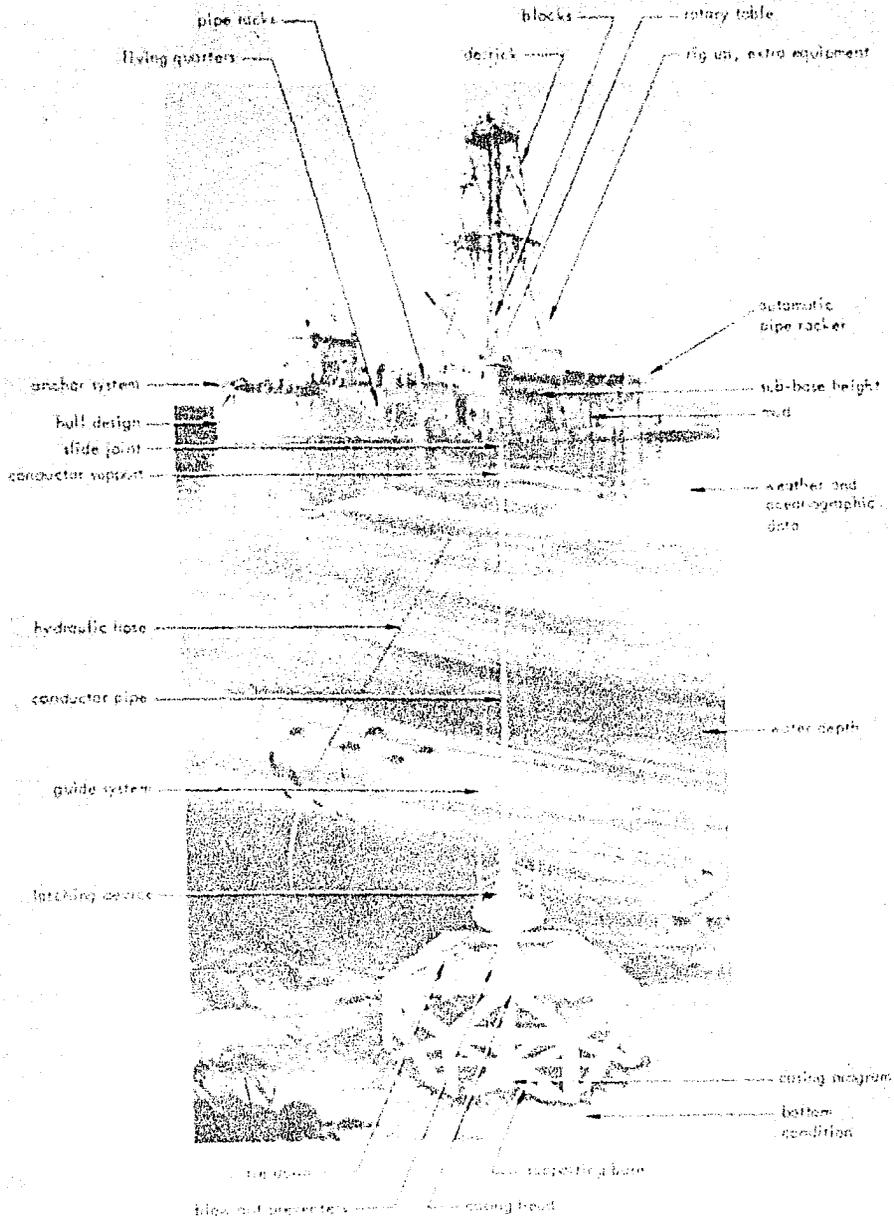


Fig. 84. - Método de muestreo directo a base de perforación.

B) METODOS INDIRECTOS: Estos métodos consisten en obtener datos del subsuelo sobre la densidad, la relación de vacíos, grado de consolidación, módulo de elasticidad y módulos de esfuerzo cortante, a partir de aparatos que nos determinan estos datos por medio de la reflexión del sonido enviado desde arriba.

Gracias al mejoramiento de aparatos tales como el Sub-bottom de PTH Recorder (SDR) se ha podido obtener información lo suficientemente precisa como para proyectar el paso en la Bahía de Chesapeake en E. E. U. U. donde se obtuvieron magníficos resultados.

El procedimiento, es parecido al sonar pues envían sonidos de baja frecuencia que son recogidos por reflexión con un hidrofono y después transmitido y registrados en receptores, de los cuales se obtienen gráficas que determinan estas características.

C) METODOS VISUALES: El estudio del suelo sub-acuático por métodos visuales se puede realizar en tres formas diferentes:

a). - Directamente por medio de buzos autónomos, con escafandra ó con vehículos para grandes profundidades como los Batiscafos, etc.

b). - Con cámaras dirigidas desde la superficie para grandes profundidades, en este campo se obtienen equipos cada día más completos y más resistentes para trabajar a diferentes profundidades, se ha logrado fotos a una profundidad de más de 6,000 m., obteniéndose datos muy valiosos, de la información obtenida de las fotografías. (ver fig. 85)

c). - Con un sistema de televisión de circuito cerrado, por las ventajas que este sistema representa, cada día se estudian y mejoran estos aparatos, que se pueden manejar por buzos ó colocarse en vehículos sub-acuáticos ahorrándose peligro del personal y pudiendo ser observado por diferentes personas que por una u otra causa no puedan bajar.

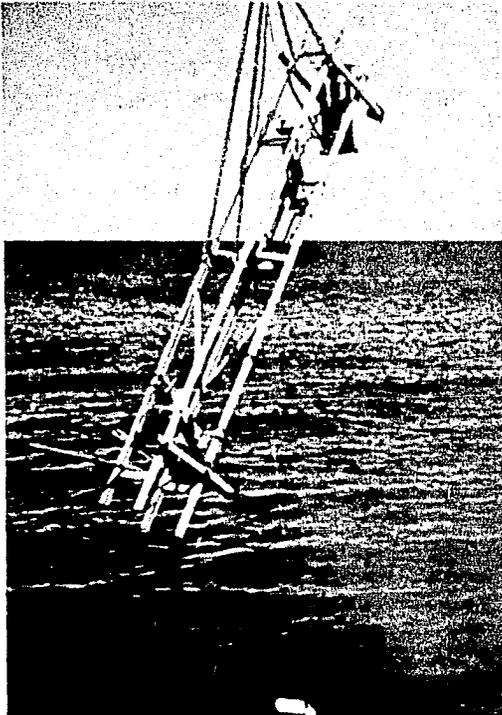


Fig. 85. Cámara para el estudio de terrenos bajo agua.

APARATOS DE MEDICION DEL OLEAJE SUPERFICIAL,, VIENTOS Y CORRIENTES.

A). - GENERALIDADES:

Es muy conveniente que el Ingeniero que vaya a planear la construcción de una estructura tenga en cuenta estos factores externos; nos concretaremos por ahora a mencionar algunos de los diferentes aparatos que sirven para cuantificarlos.

B). - APARATOS PARA MEDIR EL OLEAJE SUPERFICIAL:

EL SHIP BORNE-WAVE RECORDER: Aparato inventado por Tucker en (1955) perteneciente al Instituto Nacional Británico de Oceanografía, el cual tiene una precisión de olas con periodos de -- cuatro segundos. El instrumento mide la altura de la columna -- arriba de él por medio de la presión ejercida sobre el aparato, al mismo tiempo que mide la aceleración vertical integrando ambas electronicamente y enviando estos datos a un receptor con estilete nos traduce el espectro del oleaje así como la frecuencia.

EL SPLASHNIK: Desarrollado por la Marina de los E. E. U. U. --- (ver fig. 86).

En David Taylor Model Basin, descrito por Marks y Tuckerman - en 1960; el sistema consiste en una boya que transmite la aceleración vertical aparente de las partículas superficiales del agua - las que mide con un acelerómetro instalado en la base de la boya, esta información es retransmitida a un receptor en el barco el cual lo reduce al espectro de oleaje, la ventaja de este aparato, sobre el anterior es que no necesita cables para enviar los datos obtenidos; EL SPLASHNIK tiene energía suficiente para transmitir 8 horas seguidas con un radio de alcance de 18 Km. aproximadamente.

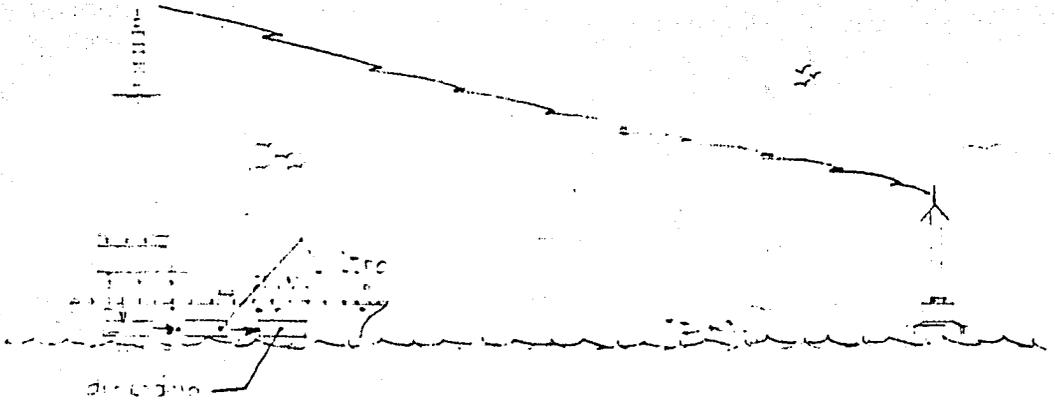


Fig. 86. Splashnik. - Sistema de medición de oleaje.

PHOTO WAVE RECORDER: Desarrollado por Ivanov en 1950 y mejorado en 1954 y 1961, en Rusia: sirve para medir el oleaje superficial desde la costa ó de un barco, consiste en una cámara con una cortina en la que hay una pequeña ranura, y detrás de ella una película sensible a la luz, se coloca este aparato en tal forma que la ranura coincida con el plano del horizonte, marcando sobre la película con el movimiento de las olas, franjas superiores que denotan el cielo y franjas inferiores que marcan la superficie del agua, estos datos son registrados en la película que está en movimiento, con estos datos y las fórmulas desarrolladas por Ivanov, se obtiene, la longitud de onda, su periodo y la velocidad.

C) MEDICION DE LOS VIENTOS: El viento es uno de los factores que se deben tener más en cuenta para la construcción de estructuras en el mar, pues el es la causa de corrientes y oleajes; por lo tanto se debe conocer la velocidad y dirección de los vientos en esa zona; estos datos son tomados y registrados por un anemómetro, el cual nos da la velocidad en nudos y la dirección con relación al norte verdadero.

SELSYN ANEMOGRAFO: Aparato usado en alta mar, que nos determina la velocidad y dirección de los vientos, consiste en un indicador de la velocidad del viento, un trasmisor de la dirección del viento, un indicador de la dirección del viento y un aparato registrador de la velocidad y dirección, un soporte.

D) MEDICION DE CORRIENTES: La importancia de las corrientes marinas en la vida de la humanidad es muy grande, pues grandes zonas se benefician ó por el contrario se perjudican por las corrientes calientes ó frías que pasan por ahí cambiando hasta el clima de las regiones.

Anteriormente se determinaban o valuaban estas corrientes por los factores que las producian, midiendolas a diferentes temperaturas tales como la salinidad, diferencia de temperatura y la densidad.

En la actualidad se determinan por aparatos denominados corrientómetros ó corrientógrafos cuya diferencia estriba en que en uno hay que interpretar las señales enviadas y en el segundo, se leen las velocidades marcadas en un rollo de papel. ambos constan de un molinete que determina la velocidad mediante un mecanismo, un trasmisor y un receptor de señales obtenidas a partir de las revoluciones del molinete. (fig. 87)

Existen otros aparatos acústicos ó electromagnéticos que son más precisos pero aún están en periodo de experimentación.

El método primitivo es el de seguir objetos flotantes que nos indican la dirección y velocidad de la corriente, actualmente se sustentan estos objetos por colorantes ó partículas radioactivas flotantes que son seguidas por aparatos especiales.

Uno de los aparatos más modernos en la actualidad para medir la dirección y la velocidad de corrientes de agua en ríos ó en el oceano, es la esfera oceanográfica CV, desarrollada por la Compañía FLOW CORPORATION.

La esfera oceanográfica (fig. 88) consta de una esfera de 15 cm. aproximadamente de diámetro, soportada por una barra cilíndrica y una base donde se encuentran los aparatos de medición y registro. Fabricada en metal monel (aleación de níquel y cobre, material anticorrosivo y plástico resistente a la formación de hongos.

Su instalación es fácil por que tiene una flotabilidad nula, por lo que se puede instalar en cualquier posición.

Su límite de operación es de 0.4 nudos a 5.0 nudos, con una aproximación de 0.1 nudos.

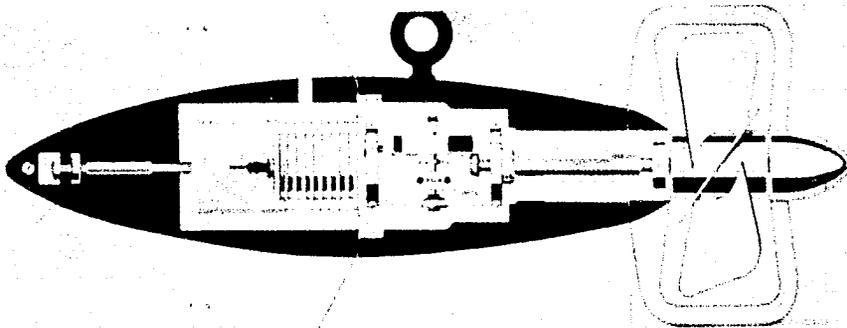
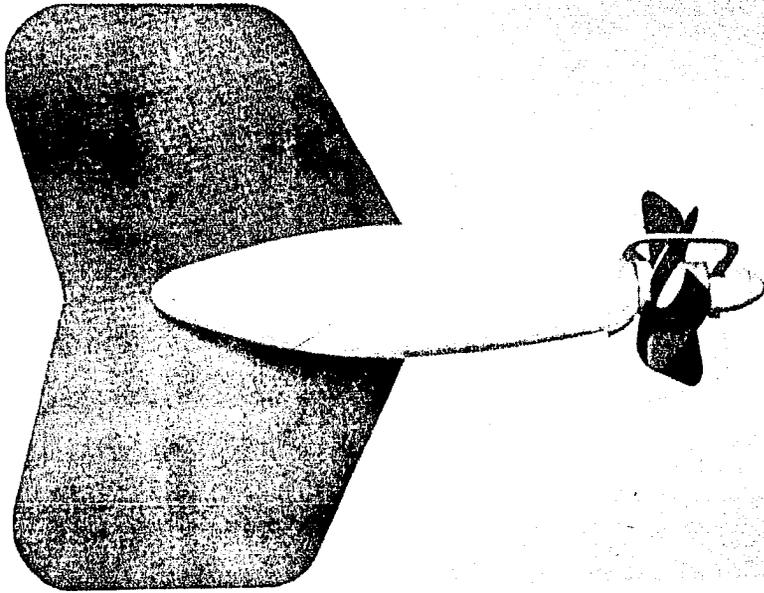


Fig. 87 bis. Correntómetro. - Tipo Roberts, modificado.

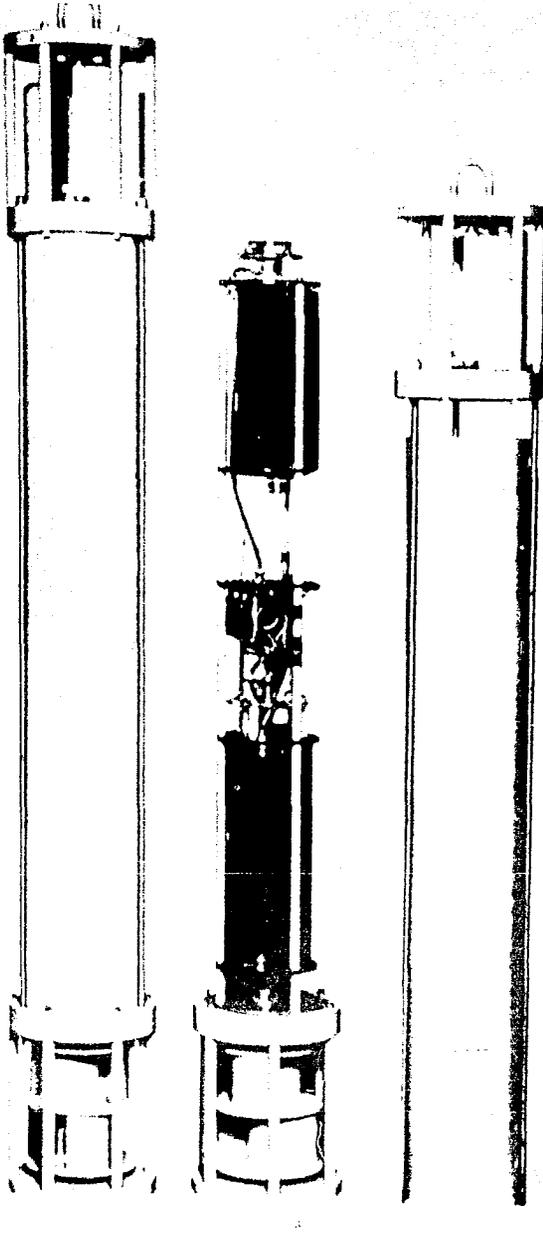


Fig. 87. Tipo de Corrientógrafo

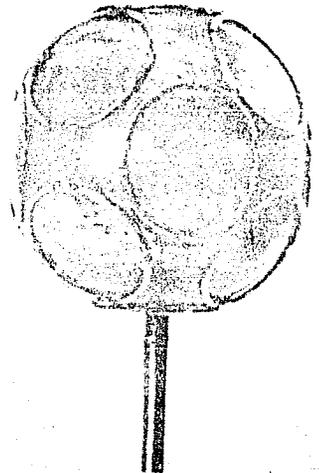


Fig. 88. Esfera Oceanográfica (Corrientómetro).

La compañía ALPINE GEOPHYSICAL ASSOCIATES, INC., desarrolla un oceógrafo denominado "410 OCEAN WAVE RECORDING SYSTEM" (fig. 89) el cual es capaz de medir periodos de onda en intervalos que van de 4 a 300 segundos.

El aparato registra los cambios de presión ejercidos sobre una cámara, por la diferencia de altura de las columnas de agua producidas por el oleaje, estos datos son recogidos por un transductor localizado en el llamado panel de control y después a un registro donde se van grabando los datos obtenidos en un rollo de papel en movimiento.

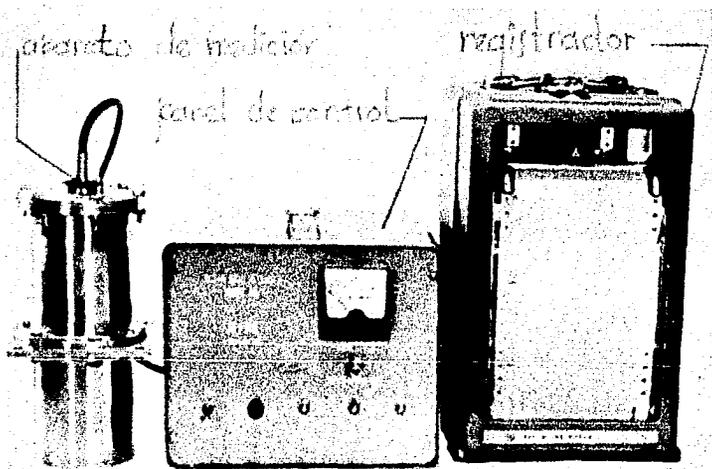


Fig. 89. Oleógrafo.

METODOS Y EQUIPO PARA MANTENER EMBARCACIONES EN UN LUGAR DETERMINADO.

Para la construcción de plataformas petroleras ó cualquier otra estructura bajo agua, se necesita que ellas y las embarcaciones que tienen el equipo y el personal de trabajo, permanezcan en una zona fija, para esto se han desarrollado varias técnicas.

A). - ANCLAJE:

Existen muchos y muy variados sistemas de anclaje para instalaciones en el mar, dependiendo del esfuerzo y profundidad a la que se fijen.

Con aparatos y técnicas modernas se ha podido anclar a una profundidad de 4000 m. y soportar cargas hasta de 200,000 Kg.; en las figuras (90) se puede observar el método de anclaje desarrollado por la Compañía "GLOBAL MARINE INC." que puede soportar cargas de esta magnitud, en cualquier dirección para su instalación se requiere de una embarcación apropiada, sin embargo, hay anclas que se hincan en el suelo a base de una carga de explosivos, este sistema se muestra en varias secuencias en las figuras (91) obtenidas de experiencias de la Compañía AEREOJET General Corporation, la cual puede hincarse en terrenos donde no existen mantos rocosos, a una profundidad hasta de 100 m. soportando cargas hasta de 150,000 kilos.

B) SISTEMAS DE PROPULSION:

Un método efectivo y más económico de sujetar una embarcación en un lugar determinado, es a base de cuatro propelas dirigibles que impulsen al barco en la dirección deseada; se considera una fuerza de 5 a 10 Kg. por cada caballo de fuerza de los motores empleados.

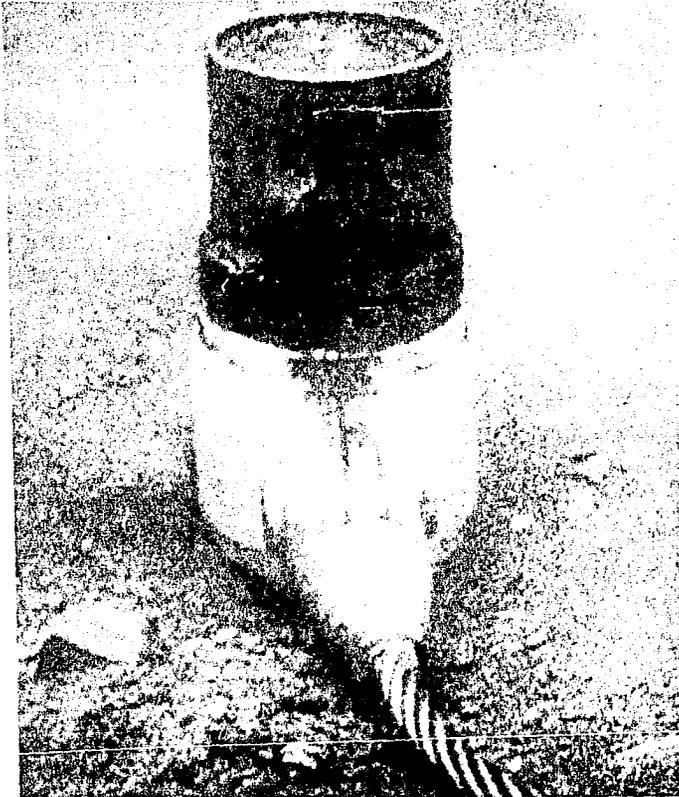


Fig. 90 Sistema de Anclaje de la Global Marine INC.

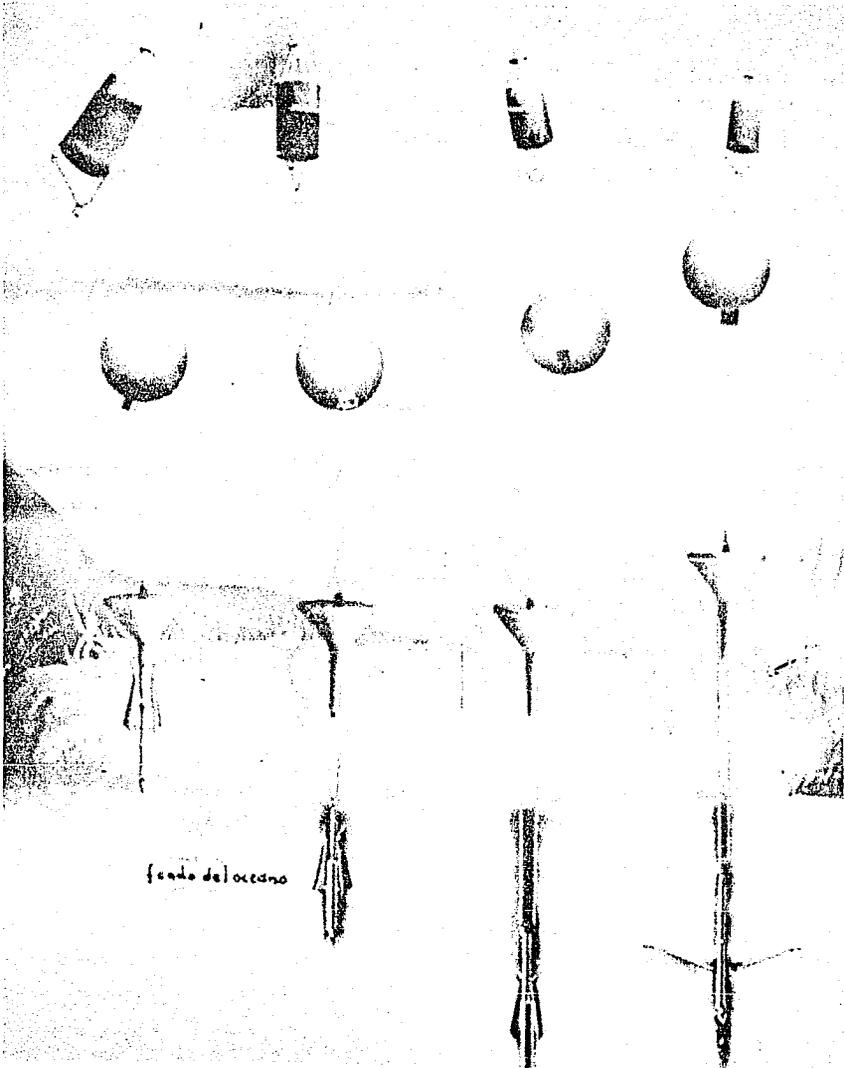


Fig. 91.- Sistema de anclaje a base de explosivos.

Otro sistema práctico en determinados casos, es el empleo de cuatro remolcadores colocados estratégicamente para mantener en una misma posición al barco; se estima que los remolcadores desarrollan un empuje aproximado de 12 Kg. por caballo de fuerza que tengan los motores.

PLATAFORMAS. -

Las plataformas cercanas a la costa e instaladas en la llamada - Plataforma Continental han sido el primer paso para el hombre, -- en el dominio de los oceanos desde ellas, se puede observar los - cambios atmosféricos terrestres, sirviendo como estaciones mete - orológicas ó como verdaderas islas de investigación en medio de - las aguas, donde se aislan personal de operación y mantenimiento - junto a los científicos de diferentes ramas de la ciencia para arran - car cada día, algunos de los secretos que encierran los mares.

En la actualidad muchas de las plataformas se han utilizado en la industria petrolera, para la extracción de ricos yacimientos de pe - troleo que eran hasta hace poco tiempo inaccesibles para el hombre

México, acaba de ingresar en este campo de explotación, en la cos - ta del Golfo de México, ya se está trabajando con ellas. Además - del objetivo para lo que fueron construidas, las plataformas se divi - den en dos grupos;

a). - Las fijas tales como las llamadas Torres de Texas (fig. Construidas entre 75 y 300 Kms. de la costa que fueron para protec - ción de la aviación, estas consistían de una plataforma triangular - de aproximadamente 70 M. de lado, en la que se encontraban todas - las instalaciones para medir vientos, corrientes, oleajes, presiones bajo agua y mareas.

b). - PLATAFORMAS ANCLADAS: Estas plataformas se diferencian del otro tipo en que en lugar de permanecer fijas al fondo del océano son islas flotantes que mantienen su posición a base de diversos sis - temas de anclaje, tienen la facilidad de poder transportarse de un la - do a otro. (fig. 92)

Las dimensiones de éstas plataformas varían desde áreas de unos - cuantos metros cuadrados como las llamadas "NOMAD" y "FORDS" (Florating Ocean Research and Development Station) que envían sus datos observados por medios electrónicos a las embarcaciones ó di-

rectamente a la costa, estas plataformas pueden anclarse hasta 3,500 m. de profundidad.

Para profundidades menores de anclaje se han fabricado plataformas de grandes dimensiones (hasta 100 m. de largo) para la extracción de petróleo como la Triton (fig. 93) para la construcción, para que el personal ejecute los trabajos con toda comodidad pues son verdaderas islas con todo lo necesario, pudiendo mantenerse en ellas por varios días, sin necesidad de comunicarse con la costa.

También se han dado pasos gigantados para la adaptación del hombre a la vida sub-acuática, con los experimentos realizados de permanencia bajo agua, del Capitán Francés Jaques Ives --- Cousteau y los proyectos SEA LAB I Y SEA LAB II de los EE.UU, donde el personal vive varios días a diferentes profundidades realizando trabajos normales para una futura supervivencia en ese medio.

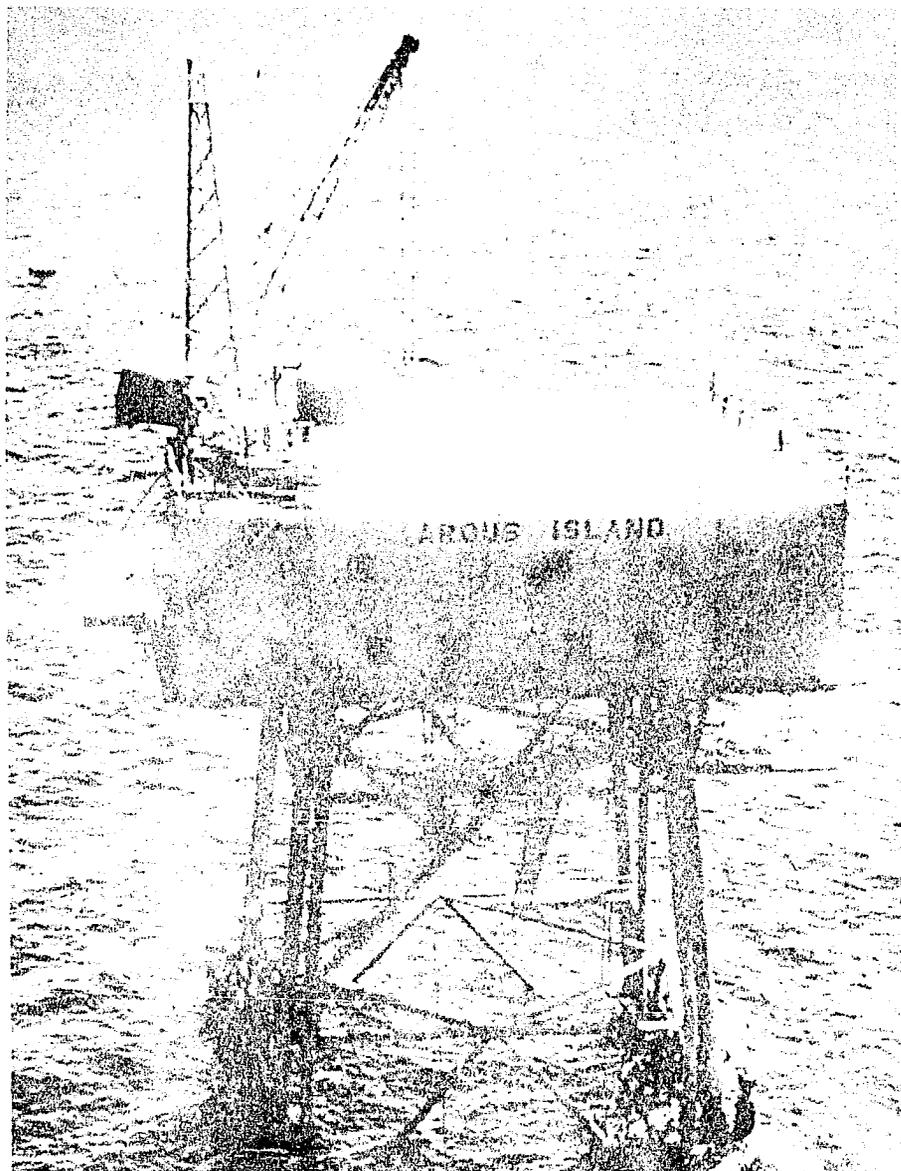


Fig. 92. Argas. - Estación de Investigación en el Océano.

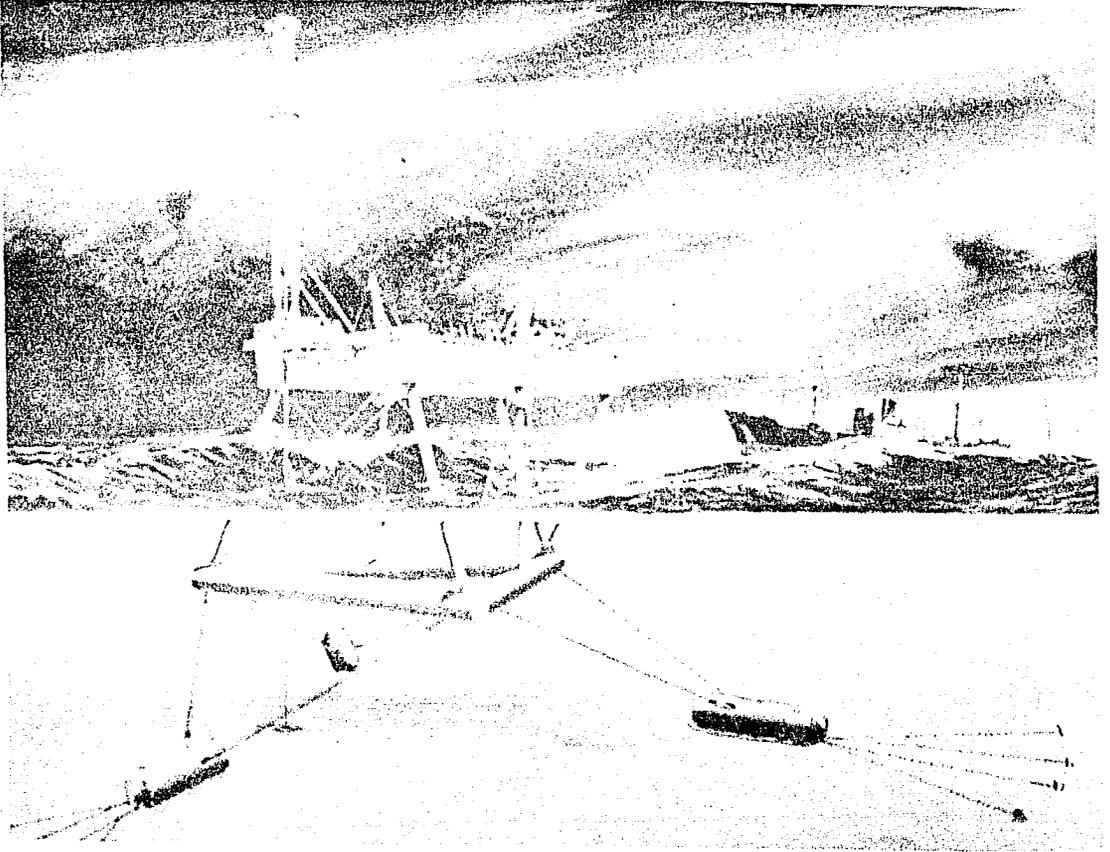


Fig. 93. - Triton. - Plataforma Anclada

BARCOS Y VEHICULOS PARA ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS., CONSTRUCCION Y SUPERVISION AL NIVEL DEL MAR Y BAJO AGUA.

El hombre empieza a reconocer el valor y la necesidad de conocer más a fondo los mares y océanos que rodean los Continentes en donde El vive, para obtener sus alimentos, minerales y energía, etc. Por lo cual ha hecho programas de inmersión que solo en los E. E. U. U. alcanzan varios miles de millones de pesos anualmente.

Uno de los elementos más necesarios para la investigación son los barcos debidamente equipados así como los vehículos para estudiar y supervisar las profundidades marinas.

Para tener una idea de los barcos principales de E. E. U. U. Rusia, Japón e Inglaterra, que se dedican a la investigación se ha hecho la tabla XII donde se han tabulado por países con su desplazamiento respectivo.

Muchos de los barcos de EE. U. U. han sido adaptados de los usados en la Segunda Guerra Mundial, mientras que los enlistados de Rusia, Japón e Inglaterra, han sido construidos especialmente para la investigación.

Para detallar un poco más se han tabulado algunos barcos con las actividades que desarrollan, costo de operación, equipo con que cuentan, personal científico y de operación, y las dimensiones de ellos.

La tabla XII Nos dá todos los datos anteriores, por ella podemos observar el costo tan grande por día que representa un equipo y personal de esta índole, desgraciadamente para nosotros México no tiene aún la capacidad financiera para dedicarse a este tipo de investigaciones, aunque cuenta con cerca de 10,000 Km. de litoral, siendo uno de los países con mayor longitud de Costas del mundo.

Sin embargo, se puede enviar personal Técnico y Científico a prepararse a otras Naciones con más recursos monetarios y después realizar estudios y exploraciones en forma mancomunada para beneficio de todos los países.

TABLA XII. -

| Propietario | Laboratorio Agencia | Barco | Longitud -- Eslora M. | Manga M. | Calado M. | Desplazamiento Tons. | Velocidad Crucero | Nudos Máxima | Personal Tripulación | Científico. | Total Propulsión | Aprovisionamiento. | |
|---------------------------------|------------------------|-------|-----------------------------|-------------|--------------|-------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------|-------------|------------------|---------------------------|-----------------------|
| Oficina Naval De Investigación. | Scripps | Orca | 32 | 7.60 | 2.50 | 205 | 8.5 | 9.5 | 12 | 10 | 22 | 2 maquinas Diesel 270 HP | 3,000 millas 18 días. |
| | | Gerda | 24.60 | 6.90 | 3.32 | 135 | 10 | - | 3 | 8 | 11 | 2 maquinas Diesel 120 H P | 3,000 millas |
| | | Vema | 66.20 | 10.82 | 5.60 | 734 | 8 | 10 | 19 | 17 | 36 | Diesel | 6,000 millas 30 días. |

INVESTIGACIONES: ORCA.- Equipo Electrónico de sumos Girocompás, radar Loran eco-sonda 6000 Medición de profundidad malacate de 8,200 m (cable) de 3/16 Fitoplankton, muestreos directos, barrenación, sonido temperaturas, batimetría Geomagnetismo; ----- Costo de operación por día \$6,250.00.

VEMA.- Loran, medición de profundidades, malacate hidrográfico de 7,200 m. de 1/65", batimetría, perforación sonido, laboratorios abordo de Química, biología, análisis de sedimentos, equipo electrónico de sismos, gravedad, observación hidrográfica, temperaturas, costo de operación por día \$ 12,500.00

-269 bis-

INVESTIGACIONES. GERDA. - Loran. Medición de profundidades, radar para piscicultura malacate hidrográfico con 9,000 m de cable de 7/32" laboratorios, conductividad eléctrica del agua, temperatura, batimetría, medición de presiones a diferentes profundidades; costo por día de operación \$ 6,250.00.

VEHICULOS SUBMARINOS.

Existen diferentes tipos de vehículos submarinos que van desde los muy simples que requieren otro elemento de propulsión, hasta algunos Batiscafos. que son autosuficientes. su campo de acción es también muy variable, desde unos cuantos metros hasta profundidades mayores a 6.000 m.

Enumeraremos algunos con sus características principales:

MERMUT IV Diseñado por Harter 1963, de la US NAVY BUREAU OF SHIPS, el cual consiste de una plataforma manejable hasta - 600 m. de profundidad para cámaras de televisión.

ALVIN: Barco para dos personas, construido por la General Mills, para el Instituto Oceanográfico de Woods Hole, con 6 metros aproximadamente de eslora con un radio de acción de 45 Km. y una autosuficiencia de 24 horas, con un límite de profundidad de 2,000 m. a una velocidad de 6 nudos por hora.

EL ALUMINAUT: Construido por la Electric Boat Division of General Dynamics Corporation, para el Instituto Oceanográfico de Woods Hole, tiene una eslora de 18 m. aproximadamente y un diámetro de 2.75 m. el cual es manejado por un operador y tiene capacidad para 2 científicos.

TRIESTE: Vehículo fabricado originalmente en Francia en 1948 - por August Piccard y reacondicionado más tarde en el Navy Electronics Laboratory (NEL) donde se le preparó para que bajara cerca de los 12,000 m. en enero de 1960, tiene una eslora de 20 m. y no necesita de cables desde la superficie para su control, tiene un sistema de televisión y un brazo mecánico para levantar pesos hasta de 20 Kgs. tiene también un buen control de operación con las diferentes posiciones que pueden tomar sus motores propulsores y la facilidad de manejo. (fig. 94.)

ARCHIMEDES: Batiscafo Francés capaz de descender 12,000 m. de profundidad con sistema eléctrico a base de pilas, contiene también aparatos científicos para muestreo directo del fondo.

DEEP STAR: Vehículo submarino Francés, diseñado por Jaques - Ives Cousteau, con un desplazamiento de 7 toneladas, a una velocidad de 3.5 nudos y un radio de acción de 30 Km. sus dimensiones aproximadas son 6.00 M. de longitud, 4 m. de altura y 2.75 de ancho, la profundidad de diseño a la que puede bajar es de --- 4,000 m. con 3 personas a bordo, un piloto, un copiloto y un observador, su característica principal es su manejabilidad pudiendo moverse tanto en el plano horizontal, como en el vertical. El tiempo que puede permanecer bajo agua es de 24 horas.

En Suiza se está construyendo un vehículo submarino para 40 personas en el lago Genova, por el Dr. J. Piccard, para estudios -- oceanográficos a una profundidad máxima de 1,700 m.

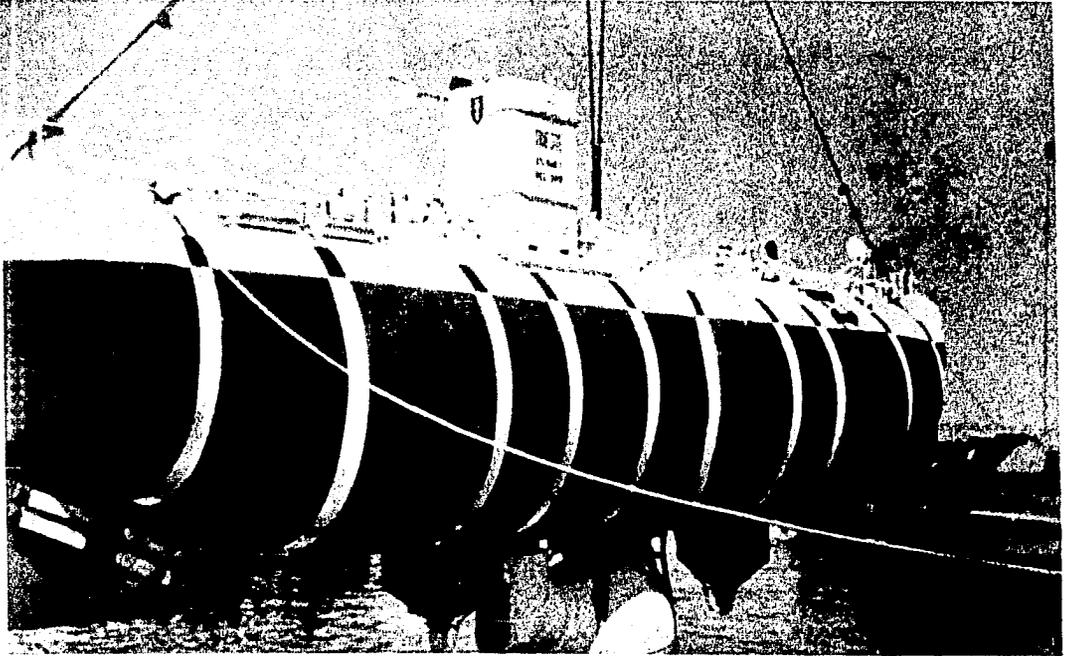


Fig. 94. Trieste. - Vehículo de Investigación Sub-acuática.

3a. parte. -

LA INTERVENCION DEL INGENIERO
CIVIL EN TRABAJOS BAJO AGUA-----

LA INTERVENCION DEL INGENIERO CIVIL EN TRABAJOS BAJO AGUA. -

GENERALIDADES. -

Hasta hace pocos años, la planeación, proyección, y los presupuestos de obras que estuvieran en contacto con el agua, estaban basados en datos insuficientes y la mayoría de las veces erróneos, sobre las condiciones reales del medio sub-acuático; sin embargo, la facultad de ingeniería, a creado a iniciativa del Ing. Antonio Dovali Jaime, unos cursos para post graduados ó pasantes, sobre ingeniería sub-acuática.

Estos cursos han venido a llenar ese vacío que existía en la técnica y conocimientos sobre los problemas bajo agua, al preparar a ingenieros que con una base sólida, en los diferentes aspectos de la carrera, pudiera ver en el mismo lugar de la construcción todos los pormenores y dificultades que pudieran venir.

Parece inconcebible que grandes proyectos de obras marítimas (muelles, diques, varaderos, etc.) perfectamente planeados en todo lo concerniente a la construcción arriba del nivel del mar, se basara en datos aproximados ó erróneos, dados por buzos de poca cultura y con absoluta carencia de conocimientos de ingeniería para la planeación y construcción de las obras bajo el agua; muchas veces el volumen y costo de estas obras era superior a las anteriores con la preparación en las diferentes ciencias que tiene el ingeniero sub-acuático, puede descender, con seguridad y conocimientos técnicos sobre el buceo y los problemas inherentes a él así mismo puede desarrollar con mayor facilidad y propiedad el trabajo encomendado.

Creemos firmemente que el papel a desarrollar en futuro próximo por el ingeniero sub-acuático es muy amplio tanto en su especialidad como unido a la labor de investigación ó industrialización de los productos marinos, con otros técnicos, científicos ó profesionistas.

CASOS GENERALES DE LA INTERVENCION DE UN INGENIERO SUB-ACUATICO.

A). - ESTUDIOS Y PROYECTOS: El ingeniero civil capacitado - para descender con facilidad y movilidad puede aportar datos -- para los estudios y proyectos de una obra determinada, tales -- como:

- a). - Levantamientos topográficos; con aparatos desde el exterior o mediciones directas en el lugar, obteniendo planos y datos precisos de acuerdo con la realidad; como son: - depreciones, dunas, socavaciones, etc.
- b). - Estudios de corrientes submarinas; Obtención de datos a - diferentes profundidades por medio de aparatos (corrientómetros) colorantes ó elementos radiactivos.
- c). - Estudios de movimientos de arena: Uno de los principales problemas que tiene un proyecto de un puerto, es el de -- conocer el movimiento y fluctuación de las arenas para -- determinar la ubicación correcta de diques, rompeolas, etc. Estos datos son facilmente obtenidos en el lugar por ins--pecciones directas, colocación de testigos, etc. etc.
- d). - Colocación y supervisión de aparatos: Al poder descender - un técnico responsable para localizar y colocar aparatos -- complicados ó delicados de investigación.
- e). - Muestreo de materiales y sondeos de mecánica de suelos.

B). - INSPECCION Y SUPERVISION:

- a). - Inspección de las secciones transversales de construcción - bajo agua, tales como rompe-olas, muelles, diques, etc.
- b). - Supervisión de estructuras en cuantificación, estado en que se encuentran, corrosión, defensas, etc. como muelles - duques de alba, pilas, diques, etc.

- c). - Control e inspección de obras en ejecución a base de muestros, medición, fotografías, etc.
- d). - Control de dragados y sus acarreos con mediciones directas.

C). _ CONSTRUCCION . -

El ingeniero subacuático por sus conocimientos puede dirigir directamente a todos los tipos de trabajadores que deban intervenir en cualquier trabajo subacuático tales como buzos, soldadores, - técnicos en explosivos, perforadores, obreros, etc. etc. Esto lo puede hacer gracias a una inspección directa y continua sobre -- ellos.

Así mismo está compenetrado de la función de las obras ejecu-- tadas bajo agua en relación a las que van arriba, por lo que su -- control y dirección redunda en grandes beneficios.

Por su capacidad, puede mejorar ó establecer nuevas técnicas -- para obtener mejores rendimientos.

D). _ MANEJO DE EXPLOSIVOS.

Por el tema desarrollado con anterioridad en esta tesis se puede ver claramente la necesidad de un ingeniero sub-acuático.

E). - EMPLEO DE MAQUINARIA ESPECIAL BAJO AGUA, O LA - ADAPTACION DE LA TERRESTRE.

Esto solo lo puede hacer un ingeniero especializado que conozca las técnicas subacuáticas.

F). _ REPARACIONES Y MANTENIMIENTO:

El ingeniero subacuático, se puede avocar con mayor facilidad - a la reparación y mantenimiento de las obras marítimas.

G). _ LOCALIZACION Y TENDIDO DE TUBERIAS.

Tales como drenaje, agua, oleoductos, gaseoductos, etc.

H). _ SALVATAJE:

Dirección y manejo de equipo y técnicos especializados.

I). _ INVESTIGACION.

Estas son unas de las pocas actividades en las que puede intervenir un ingeniero especializado en técnicas bajo agua, el progreso y la necesidad de aprovechar para la humanidad todos los recursos del mar, abrirán nuevos campos y actividades en ésta especialidad de la ingeniería.

CONCRETO EN ESTRUCTURAS QUE ESTAN - EN CONTACTO CON EL AGUA O BAJO LA --- SUPERFICIE.

I) GENERALIDADES:

Existen en la actualidad innumerables obras de concreto que han sido fabricadas en contacto con el agua o bajo su superficie por diferentes métodos y que permanecen en buenas condiciones desde hace mucho tiempo, lo que quiere decir que es posible la elaboración de un buen concreto para diferentes tipos de estructuras.

El concreto fabricado para estar en contacto con el agua debe estar hecho en tal forma que resista acciones muy diferentes ó más extremas que el elaborado para estructuras en contacto con el aire.

II) PROPIEDADES DE LOS MORTEROS:

En la elaboración de un mortero para estructuras que van a estar en contacto con líquidos, es indispensable tener en cuenta los siguientes conceptos para obtener mejores resultados:

- a) hacer el mortero con una relación baja de agua -cemento.
- b) Los agregados deben ser de buena calidad y tener una granulación adecuada.
- c) Fabricar el mortero con cemento que posea un bajo contenido de alcalis ó sea resistente a los sulfatos.
- d) Que tenga una buena proporción de aire incluido.
- e) Que los aditivos empleados cumplan con las debidas especificaciones.

4a. Parte.

USO DEL CONCRETO BAJO AGUA.

a). - RELACION AGUA-CEMENTO: La relación agua cemento recomendada para diferentes tipos de construcción en distintas condiciones de exposición, está dada en la tabla (XIII), de la asociación de Cemento Portland de los E. E. U. U.

b). - TIPO DE AGREGADOS: Los agregados en un mortero representan un alto porcentaje del volumen y por ende son factor determinante en la resistencia y durabilidad de los concreto -- por lo cual deben seleccionarse perfectamente los bancos de - prestamo con agregados limpios, duros y sin poros, bastantes resistentes a la presión y libres de toda materia orgánica.

Para obtener una mejor manejabilidad y una mayor economía - de cemento, es preferible el uso de agregados redondos al de los obtenidos por trituración, los cuales tienen demasiadas - aristas impidiendo una mayor trabajabilidad.

La granulometría es también un factor preponderante en la elaboración de un concreto, pues es tan malo que los agregados - sean muy finos por favorecer la segregación de los elementos como que se utilizen arenas demasiado gruesas.

Una buena granulometría es aquella en la cual el agregado fino contiene de un 15 a 30 por ciento de partículas que pasan - la malla # 50 y de un 3 a 7 por ciento que pasen la malla #100 Observandose estos límites se obtendrá un concreto económico, muy manejable y de mayor cohesión.

La grava ó agregado grueso debe ser lo más grande posible, - pues su empleo tiene ciertas ventajas como son:

- 1). - Menor costo por unidad de volumen.
- 2). - Baja la temperatura por la disminución de cemento.
- 3). - Menor contracción volumétrica.

TABLA XIII. -RECOMENDACION MAXIMA DE LA RELACION AGUA-CEMENTO PARA MEZCLAS -----
PLASTICAS EN DIFERENTES CONDICIONES DE EXPOSICION Y TIPOS DE ESTRUCTURAS.

| Tipo o Ubicación de la Construcción. | Clima severo o moderado; amplia variación de temperatura; temporadas de lluvia y heladas prolongadas o frecuentes heladas y deshielos. | | | Clima templado, lluvioso o semi-árido, Nevadas excepcionales. | | |
|---|--|--------------------------|---|---|--------------------------------|--|
| | Secciones Delgadas, C/Ref | Secciones Medianas S/Ref | Secciones Pesadas en grandes masas, S/Ref | Secciones Delgadas C/Ref. | Secciones Medianas C/Ref S/Ref | Secciones Pesadas en grandes masas. S/Ref. |
| A- Construcciones Hidráulicas en la ribera ó expuestas al agua, o partes de tales construcciones en las que sea posible una saturación completa o intermitente, - pero no cuando la estructura está continuamente sumergida: | | | | | | |
| Agua de mar. | .44 | .49 | .53 | .44 | .49 | .53 |
| Agua dulce. | .49 | .53 | .58 | .49 | .53 | .58 |
| B- Partes de construcciones Hidráulicas ó expuestas al agua a alguna distancia de la ribera, pero expuestas a mojaduras frecuentes. | | | | | | |
| Agua de mar. | .49 | .53 | .58 | .49 | .58 | .62 |
| Agua dulce. | .53 | .58 | .58 | .53 | .62 | .67 |
| C- Estructuras, edificios y porciones de puentes expuestos a la intemperie, no incluidos en los grupos anteriores. | | | | | | |
| | .53 | .58 | .62 | .53 | .62 | .67 |
| D- Construcciones completa y continuamente sumergidas: | | | | | | |
| Agua de mar. | .53 | .58 | .62 | .53 | .58 | .62 |
| Agua dulce. | .58 | .62 | .67 | .58 | .62 | .67 |
| E-Concreto colado a través del agua | | .49 | .49 | * | * | .49 |
| F- Losas de pavimentos construidas directamente sobre el suelo | | | | | | |
| Losas de desgaste. | .49 | .53 | * | .53 | .58 | * |
| Losas de base. | .58 | .62 | * | .62 | .67 | * |

▪279 bis. - ·

G- Caso Especial: a) Para concreto no expuesto a la intemperie, como los interiores de edificios y partes de construcciones enteramente bajo tierra, no existe ningún peligro de exposición y el contenido de agua debe seleccionarse con base a los requisitos de resistencia y trabajabilidad.

* Estas secciones no son practicables para el propósito indicado.

Sin embargo deben seguirse las siguientes limitaciones para la dimensión máxima de agregado, pues no debe exceder se a:

- a) Un quinto de la menor dimensión de la pieza de concreto no reforzado que lo contiene.
- b) Un tercio de la menor dimensión de un elemento armado ó tres cuartos del espacio entre varillas

c) TIPO DE CEMENTO: Indiscutiblemente el tipo de cemento empleado influye en la calidad del concreto, por lo que se deben tener en cuenta las propiedades de los diferentes tipos de cemento Portland, para una selección adecuada.

El cemento Portland I; es el tipo de cemento normal que puede utilizarse en todo tipo de construcciones donde no se requiera una resistencia a los sulfatos ó que no se necesite un control del calor al venir la hidratación.

Cemento Portland II; este tipo de cemento Portland es más resistente que el tipo I, a los sulfatos y aunque su resistencia la adquiere más lentamente, no produce un aumento fuerte de temperatura al fraguarse, por lo que es muy práctico para usarse en la construcción donde existan grandes volúmenes de concreto, como pilas, muelles, presas, etc.

Este tipo de cemento ó cualquier otro que contenga una proporción menor del 8% de aluminato calcico, debe emplearse en construcciones expuestas al agua de mar.

Cemento Portland III; este tipo de cemento denominado rápido, se utiliza en lugares donde se requiera que el concreto adquiera pronto sus propiedades finales de resistencia.

Cemento Portland IV; Este cemento denominado de baja temperatura, se utiliza en la elaboración de grandes masas de concreto ya que al fraguarse no produce gran cantidad de calor y por consiguiente un debilitamiento en la resistencia -

final del concreto, se utiliza en grandes muelles ó presas.

Cemento Portland V; Se utiliza este tipo de cemento donde se requiera una alta resistencia a la sulfatación.

d) PORCENTAJE DE AIRE INCLUIDO: Se ha observado que si se agrega un inclusor de aire dentro de un mortero, hace que este adquiera una mayor manejabilidad, disminuyendo al mismo tiempo su permeabilidad.

Las burbujas de aire sirven también para absorber el aumento de volúmen del agua cuando ésta se congela en la masa y por consiguiente las tensiones creadas por este fenomeno disminuyen bastante.

Los elementos que intervienen en la formación de aire fuera del inclusor son:

1. - Tiempo de mezclado.
2. - La granulometría de los agregados.
3. - La duración del vibrado.
4. - La temperatura y agentes colorantes.

e) ADITIVOS: Dado que al incluir cualquier aditivo al fabricar un mortero, cambiamos las propiedades químicas y físicas del mismo, debe tenerse mucho cuidado en su selección, haciendo pruebas de laboratorio con los agregados que se van a utilizar, teniendo en cuenta el lugar y las propiedades que se requieran del concreto que se va a fabricar.

Los aditivos deben provenir de casas serias, que se hayan sujetado a las especificaciones en su elaboración.

III) PROPIEDADES DEL CONCRETO.

Entre las propiedades que debe tener este concreto están las siguientes:

1. - Resistencia a la erosión.
2. - Resistencia a la acción de elementos químicos.
3. - Resistencia al intemperismo provocado por los cambios de temperatura.
4. - Impermeabilidad, etc.

1. - RESISTENCIA A LA EROSION: Las estructuras que están en contacto directo con el agua, están sujetas a una erosión constante por el movimiento mismo del agua, el choque de partículas u objetos sólidos y de la cavitación.

La forma de aumentar la resistencia a la erosión de un concreto es la de utilizar una relación baja de agua-cemento en su elaboración con una adecuada vibración para formar una masa homogénea, agregando aditivos especiales, teniendo la precaución de hacer un buen curado.

Sin embargo no existe un concreto que resista el movimiento constante de un material abrasivo ó a la cavitación producida por las burbujas de aire, formadas por fuertes corrientes ó choques de masas de agua contra la estructura.

La única forma de disminuir el efecto de estos factores es el de elaborar un correcto diseño de la estructura.

2. - RESISTENCIA A LOS ELEMENTOS QUIMICOS: Existen algunos agregados que producen reacciones químicas con los alcalis del cemento, por lo que es necesario una buena selección de agregados ó cemento con bajo porcentaje de alcalinos. Para la fabricación de un buen concreto.

Los sulfatos contenidos en el agua salada producen una reacción química al formarse ciertos compuestos con los elementos químicos del cemento que provocan una expansión destruyendo la resistencia del concreto.

Por consiguiente para colados en el mar ó en contacto con agua salada, es necesario utilizar cemento resistente a la sulfatación.

3. - RESISTENCIA AL INTEMPERISMO: Al momento de fraguarse un concreto, está expuesto a los cambios de temperatura que actúan directamente sobre el agua, provocando expansiones si esta se congela, debilitando por consiguiente la resistencia del concreto.

La forma de eliminar este factor, es disminuyendo la relación agua-cemento ó por medio de un inclusor de aire.

4. - IMPERMEABILIDAD: La permeabilidad de un concreto es un factor muy importante en la durabilidad de una estructura en contacto con el agua, pues entre más impermeable sea, más durará por el contrario si es muy permeable, estará sujeta al paso del agua provocando esfuerzos con los cambios de temperatura ó reacciones químicas con las sales que contenga el agua.

Esta permeabilidad, aumenta si el mortero se fabrica con una relación grande de agua-cemento, pues al fraguarse, el agua en exceso deja vacíos por los que pasa el agua.

La forma de aumentar la impermeabilidad de un concreto es con una buena relación agua-cemento y con una mayor cantidad de burbujas de aire.

IV) PRECAUCIONES EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS:

En la construcción de una estructura debe preverse:

- a) Que no se depositen materias químicas por largo tiempo en un solo lugar, esto es, que tenga un buen drenaje.
- b) Que el armado tenga un buen recubrimiento.
- c) Que el concreto sea elaborado y colado por métodos adecuados.
- d) Que se haga una preparación especial de las juntas.
- e) Que se dé un buen curado.

a). - DRENAJE: Una estructura debe estar perfectamente drenada por medio de pendientes adecuadas, para eliminar concentraciones por largo tiempo de agua, que puedan provocar reacciones químicas sobre el concreto ó una penetración de agua ó sales dentro de la estructura.

b). - RECUBRIMIENTO: Un buen recubrimiento del armado influye en gran manera en la durabilidad de una estructura ya que el metal es más susceptible de atacarse por las sales contenidas en el agua, produciéndose una corrosión que debilita mucho su resistencia.

El recubrimiento para estructuras en agua dulce debe ser mínimo, de 5 cm. y de 7.5 cm. para estructuras que están en contacto con agua salada.

c). - CORRECTA ELABORACION Y UN ADECUADO COLADO: Después de haber visto todos los factores que influyen para obtener un buen concreto es fácilmente comprensible que una elaboración cuidadosa es indispensable.

Se debe ejecutar un buen control sobre los proporcionamientos dados por el laboratorio, especialmente en la cantidad de agua utilizada.

Para lograr el proporcionamiento adecuado en la fabricación de grandes volúmenes de concreto, el método más rápido, seguro y económico es el de pesar los materiales, para lograr una buena dosificación; esto puede hacerse en plataformas donde se pesen buggies ó carretillas.

Si la influencia de la cantidad de agregados es grande, para la trabajabilidad de un mortero, una diferencia en agua ó cemento implica un cambio marcado en la resistencia del concreto. Por lo que debe ejercerse mayor supervisión sobre éstos conceptos, el agua puede medirse ó pesarse y el cemento se lleva su control por peso.

Los aditivos tales como inclusores de aire ó clorhidratos de calcio, deben agregarse independientemente al mortero, pues pueden reaccionar desfavorablemente si se mezclan entre sí.

d). JUNTAS: En la construcción de estructuras en contacto con el agua, las juntas representan el punto más débil y más fácil de erosionarse, por lo que hay que seguir ciertas reglas, para eliminar en lo posible estos problemas.

En concreto colocado por capas, se ha visto que toda la arcilla o material vegetal que contienen los agregados, tienden a subir a la superficie, formandose una película en la parte superior con muchas porosidades y sin ninguna resistencia, por lo que es facilmente atacable, quedando una ba se falsa para la siguiente capa.

Esta zona se puede eliminar barriendo materialmente la película superior, dejando al descubierto la grava ó agregado grueso, que servirá mejor como zona de unión con la nueva capa, esta operación debe hacerse poco antes que el material endurezca y se vaya a colocar la capa ó block superior, en superficies grandes de colado, se puede usar -- con ventaja, un lavado de la superficie a base de arena a presión ó agua simplemente.

Es muy conveniente colocar una película de 5 a 10 cm. de espesor de mortero sin agregado grueso antes de colocar la nueva capa ó block, para evitar bolsas de aire en las -- uniones.

Para colados de muros, es necesario parar una media hora el colado unos 30 cm. antes de la junta horizontal, para que se asiente el concreto y después con el mismo proporcionamiento pero con un poco más de revenimiento, se cuela la parte superior; debe vibrarse perfectamente ésta zona.

En las juntas verticales formadas por blocks de concreto, es muy conveniente sellarlas por el método de inyección de morteros a presión, formando de arena y cemento que rellenan los huecos dejados por el agregado grueso que previamente se había colado.

e) CURADO: Después de un colado, se debe ayudar a que se realice un buen fraguado, curando el concreto durante 7 días aproximadamente, con agua ó aditamentos especiales.

No se le dá generalmente la importancia debida a esta etapa de un colado, sin embargo, la tiene bastante, pues un curado defectuoso puede ser causa de una disminución en la resistencia del concreto.

Cuando posteriormente se vaya a agregar concreto para las juntas ó por cualquier otra razón, no es conveniente usar productos químicos como curado.

MÉTODOS PARA COLAR CONCRETO BAJO AGUA

GENERALIDADES:

La correcta aplicación de un concreto bajo agua es primordial para obtener éxito en este tipo de colados, como es natural, - las técnicas difieren a las usadas en colados normales.

Uno de los factores que causan más fallas, es la falta de supervisión técnica, en el momento de estar ejecutando los colados, así como una cimbra mal hecha ó la segregación de los materiales en el momento de colar.

Los siguientes métodos han sido usados con éxito en colados - bajo agua:

- a). - A base de tolva y un tubo de gran diámetro.
- b). - Con cubos ó cucharones.
- c). - Inyección.
- d). - Sacos de concreto.
- e). - Bombeo.

a). - TOLVA Y TUBO. Este sistema ha sido el más empleado - de todos y consiste en lo siguiente: En un tubo de 25 cm. aproximadamente de diámetro y lo suficientemente largo para que - llegue desde la superficie hasta el punto más profundo del colado, en la parte superior se le coloca una tolva en donde se vierte el concreto que por gravedad desciende al fondo, generalmente se adapta una valvula en la parte inferior de la tolva para controlar la salida del material.

Para colar correctamente con este método, es necesario que - el tablaestacado ó defensa, no permita que haya una corriente de agua con una velocidad mayor a 3 metros por minuto, tampoco debe permitirse que se bombee agua cuando se esta colando ó antes de 24 horas de haber terminado el colado.

El concreto aplicado bajo agua con este sistema, debe ser sumamente manejable con un revenimiento aproximado de 15 a 17 cm., con un contenido aproximado del 45 al 50% de agregados finos siguiendo las especificaciones antes descritas y con mayor cantidad de cemento al usado normalmente.

La temperatura del agua no debe ser menor a 3°C porque el fraguado inicial sería demasiado lento, lo mismo cuando ésta sea menor a 7°C, la temperatura del concreto deberá ser entre 15° y 25° centígrados, al momento de colar, no pasando de esta última temperatura porque la resistencia bajaría.

Se deben seguir todas las precauciones posibles para evitar que haya una segregación para lo cual el concreto vertido, deberá ser removido lo menos posible, para lo cual el tubo no se movera lateralmente, sino que, cuando el nivel deseado se haya alcanzado en una zona, se levantará el tubo y se colocará en otra parte, se evitará la acumulación de volúmenes grandes bajo el tubo.

El ritmo de trabajo una vez iniciado el colado, no debe suspenderse por lo que hay que tener todo el equipo y agregados preparados para cualquier contingencia.

Cuando se inicia el colado ó se saca el tubo del concreto colado por cualquier razón, es necesario sellar la parte inferior del tubo con sacos de yute ó pequeños sacos de tela rellenos de concreto que serán expulsados al bajar la masa de concreto, por consiguiente el tubo debe desplazarse verticalmente con mucha lentitud y cuidado para evitar que se salga la masa; esto se hace para evitar que mayor cantidad de concreto a la expuesta sufra el ataque químico del agua ó sulfatación si es agua salada, donde se está trabajando.

Al proceder así, solo la capa superior estará en contacto con el agua y el concreto nuevo que entra, quedará siempre bajo ella.

La Marina de los Estados Unidos adaptó a la parte inferior del tubo una valvula (Fig. 95) dirigitible desde arriba, obteniéndose una gran mejoría en el colado, porque no era necesario sacar el tubo cuando se reiniciaba el colado en otra zona, también se logró una mejor distribución del concreto al cambiar la dirección del flujo.

Se aumentó así la velocidad del colado, necesitándose una bomba para mantener el ritmo de trabajo manteniendo llena la tolva continuamente.

Para colados grandes, se pueden utilizar varios tubos al mismo tiempo. Buscando únicamente que la separación entre ellos sea lo suficientemente grande para que no se superpongan sus áreas de influencia.

b) CUCCHARONES: (Fig. 96) Este método consiste en depositar a base de recipientes cilindricos ó rectangulares con un sistema de vaciado por la parte inferior y controlable desde arriba el mortero fabricado en la superficie ; el manejo del cucharón se hace con una pluma y un malacate, en el momento de bajar el mortero, se coloca en la parte superior del cucharón una malla pesada que cubra al concreto, para evitar que cuando vaya descendiendo, la turbulencia provocada disturbe la capa superior, esto se hace aunque se planea descender lentamente el recipiente. La elevación del cucharón debe ser lenta también.

El tipo de concreto utilizado debe ser parecido al anterior aunque con un revenimiento poco menor.

Este método es muy práctico para colados profundos donde sea imposible utilizar el método anterior ya que sería muy

difícil de manejar la tubería por su longitud tan grande y el peso que tendría.

Debe tenerse cuidado antes de abrir la compuerta, que el concreto se vaciara directamente sobre el anterior y no desde cierta altura que pueda provocar una disgregación del material, lo cual perjudica en mucho la resistencia final.

Es necesario supervisar continuamente para que no se formen grandes volúmenes en un solo lugar, sino que el concreto se extienda, formando capas horizontales.

c) METODOS DE INYECCION: Este método consiste en vaciar primero en el fondo y dentro de los moldes, los agregados gruesos, inyectando después a presión un mortero muy plástico de cemento, agua y arena fina, el cual va desalojando poco a poco el agua, ocupando los espacios libres dejados.

Este sistema es conocido también como prepakt, que es una marca comercial, se le añade al mortero una puzzolana seleccionada, es muy práctico su uso cuando el armado de la estructura es muy cerrado.

Sus principales ventajas son las siguientes:

1. - Una disminución en las tensiones internas formadas por el agua que se elimina al curarse el concreto.
2. - Disminuye grandemente la permeabilidad, ya que por la presión ejercida, llena perfectamente los huecos sin permitir que el mortero se diluya.
3. - Con aditivos retardantes, el mortero puede ser bombeado a través de grandes distancias (600 a 800 m).
4. - Disminuye en un 60% el manejo de los agregados inertes, ya que estos se colocan directamente en el lugar deseado y solo al mortero hay que mezclarlo, con esto se logran

- buenas economías en manejo de equipo, sobre todo en los casos donde se iba a bombear el mortero completo.
5. - Velocidad de colados.
 6. - Es práctico en reparaciones de fallas de estructuras.

d) METODOS DE SACOS: Este método consiste en rellenar casi totalmente de concreto sacos de yute ó de cualquier tela, siempre y cuando no hayan sido utilizados anteriormente, para transportar azúcar, aunque en la actualidad su uso se ha reducido mucho, empleandose con ventaja cualquiera de los métodos anteriores.

Los sacos después de ser llenados con un mortero de poco revenimiento, se cierran perfectamente y posteriormente se van colocando lateralmente y uno sobre otro, hasta formar las dimensiones deseadas.

e) METODO DE BOMBEO: Este método consiste en bombear el mortero hasta el lugar deseado, es poco práctico, ya que el método de inyección es más económico, se emplea solo de vez en cuando, sobre todo para colados de casetones, su desventaja estriba en que al bombear en largas distancias, se puede presentar la segregación de los materiales.

AGRADECIMIENTOS. - Por la ayuda desinteresada, que me ofrecieron, sin la cual no hubiera sido posible hacer este trabajo.

Ig. Antonio Dovañi Jaime.

Navy Electronics Laboratory Especialmente al Sr. John Beagles y al Dr. Robert F. Dill.

Sr. Ing. All Garland.

Compañía Dupont, S. A. Especialmente al Sr. Ing. Jose Guerrero Arocha.

Sr. Ing. Luis Alberto Quiroz de la Defensa Nacional.

Grupo del Laboratorio de Ingeniería Subacuática.

Secretaría de Marina Especialmente al Comando Submarino y al Teniente Rafael Vilchis.

Srita. Emilia Fernández.

Sra. María Elena T. de Aguilar.

Compañía Atlas de México; Especialmente al Sr. Francisco LLamas C.

Compañía Global Marine Inc.

Al Pine Geophysical Associates, Inc.

Canadian Industries Limited.

Ing. Beltrand, Denis Jefe del Dep. de Minas de Quebec Canada.

Bailey Meter Company.

Flow Corporation.

BIBLIOGRAFIA. _

1a. Parte. -

MANUAL PARA EL USO DE EXPLOSIVOS. - E. I. Du Pont De Nemours.

HANDBOK I BERGSPRÄNGNINGSTEKNIK. - Atlas Copco.

USE OF EXPLOSIVES IN UNDERWATER SALVAGE (OP 2081) Department Of The Navy.

UNDERWATER EXPLOSIONS. - Robert H. Cole.

BLASTERS' HANDBOOK. - Canadian Industries Limited.

DEMOLITION MATERIALS NAVWEPS (OP 2212).

U. S. NAVY DIVING MANUAL NAVSHIPS. - 250-538.

MILITARY EXPLOSIVES . - TM 9-1910 y TO 11A-1-34.

UNDERWATER WORK. - John E. Cayford.

THE EFFECTS OF ATOMIC WEAPONS. Los Alamos Scientific Laboratory.

HERCULES EXPLOSIVES BLASTING AGENTS AND BLASTING SUPPLIES Hercules Powder Company.

SCIENCE AND THE TECHNOLOGY. - February 1963 Gerald W. Johnson Useful Nuclear Explosives.

LOS EXPLOSIVOS EN OPERACIONES DE SALVAMENTO.

GENERALIDADES Y PRINCIPIOS BASICOS SOBRE EXPLOSIVOS. - Ing. Quiroz.

SUBMARINE BLASTING. - Blasting Handbook Du Pont.

SUBMARINE BLASTING. - Canadian Industries Limited.

DEMOLISION SUBMARINA. - Armada de Perú.

AEREX EXPLOSIVES, - Aerojet-General Corporation.

DITCHING AND FIELD CLEARING WITH DYNAMITE. - Du Pont.

CONTROLLED BLASTING. - E. I. Du Pont de Nemours.

SCIENCE . - October 21-1960. Vol. 132 Melvin A. Cook.

IRECO CHEMICALS. - Melvin A. Cook.

BOLETIN DE DUPONT. - Du Pont S. S. -1000 Blasting Machine.

BOLETIN DE DUPONT. - M. S. Delay Electric Blasting Caps.

BOLETIN DE DUPONT. - Du Pont Generator Blasting Machines.

BOLETIN DE DUPONT. - Du Pont Condenser Discharge (CD) Blasting -
Machines.

SEISMIC EXPLORATION DU PONT.

THE SAN DIEGO HOME BUILDER. - September 1962.

WESTERN CONSTRUCTION. - May 1962.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN . - November 1957.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN. - February 1958.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN. - September 1958.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN . - October 1958.

CI. L. EXPLOSIVES BULLETIN. - November 1958.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN- June 1959.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN. - April 1960.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN. - January 1966.

C. I. L. EXPLOSIVES BULLETIN . - June 1966.

DU PONT " DETASHEET" FLEXIBLE EXPLOSIVE; Et Du Pont de Nemours.

HANDOUT B/-6/610 GARGE ESTIMATE & PLACEMENT Sept. 1962.

THE ENSIGX-BICHFORD COMPANY Cordón detonante primacord.

EXPLOSIVOS Y PRODUCTOS ATLAS: Atlas Powder Company.

FERTILIZANTES DE MONCLOVA, S. A.

EXPLOSIVES SPECIALITIES DU PONT.

BOLETIN CME-1 (modificado) 9-11-62 Cía Mexicana de Explosivos, S. A.

/ 2a. Parte. /

STRUCTURES IN DEEP OCEAN ENGINEERING. - Manual for Underwater -
Construccion: Reporte 284-1

STRUCTURES IN DEEP OCEAN ENGINEERING. Manual for Underwater --
Construccion: Reporte 284-3

FLOW CORPORATION BOLETINES.

GLOBAL MARINE CORPORATION BOLETINES.

THE APLICATION OF VARIOUS GEOPHYSICAL TECHIQUES TO SPECIALIZED
ENGINNEERINGS PROYECTS: William T. Mc Guinness.

LA MER. - Encyclopedie par linage. Hachette.

UNDER SEA TECHNOLOGY ; de enero, mayo, junio, julio, sept, dic. 1965.

UNDER SEA TECHNOLOGY ; de feb. abril, junio, agosto de 1966.

/ 4 a. parte. - /

DOSAGE A CONTROLE, MELANGES du BETON CANADA.

DEPOSITING CONCRETE UNDERWATER AND DEEP FOUNDATIONS: Portland
Cement Association.

CONCRETE FOR NYDRAULIC STRUCTURES: Portland Cement Asoociation 1962.

HAND BOOK OF HEAVY CONSTRUCTION: Frank W. Stubbs.