



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS DE LA OPERACION DRAGADO,
YACIMIENTO DE SANTO DOMINGO, B.C.S.

Tesis Profesional

Que para obtener el Título de
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

p r e s e n t a

JORGE ROBERTO HERNANDEZ SAMAYOA

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México



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
AVENIDA

FACULTAD DE INGENIERIA

Dirección
60-I-144

Señor HERNANDEZ SAMAYOA JORGE ROBERTO.
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección, propuso el Prof. M. C.- Juan José Obregón Andría, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO DE MINAS Y - - METALURGISTA.

"ANALISIS DE LA OPERACION DE DRAGADO, YACIMIENTO DE
SANTO DOMINGO, B.C.S."

- I GENERALIDADES.
- II GEOLOGIA Y EXPLORACION.
- III SELECCION DEL SISTEMA DE MINADO.
- IV DESCRIPCION DEL EQUIPO DE DRAGADO.
- V PLANEACION DE LA EXPLOTACION.
- VI RESULTADOS PRACTICOS DE DRAGADO.
- VII ANALISIS DE LAS OPERACIONES DE DRAGADO Y SUS CARACTERISTICAS.
- VIII DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BENEFICIO.
- IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con 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 Coordinación de la Administración - Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cd. Universitaria, D.F., 20 de julio de 1983.

EL DIRECTOR

Dr. Octavio A. Rascón Chávez

Fml
OARCH'MRV!gtg

DEDICATORIAS,

A MIS PADRES,

Sr. José Octavio Hernández G.

Sra. María del Carmen S. de Hernández

Con respeto y cariño.

A MIS HERMANOS,

Ing. Carlos Augusto

Lic. Silvia Leticia

Elsa Marina

Flor de María

Héctor Octavio

Gloria Estela

María del Carmen

Porque siempre exista el entendimiento
mutuo y la superación personal.

A MI NOVIA,

Srita. Josefina Gámez A.

Por su comprensión y cariño.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS,

Por todas las vivencias compartidas

AGRADECIMIENTOS,

AL SR. ING.

JUAN JOSE OBREGON ANDRIA

**Por su calidad humana e interés mostrado
en la dirección de este estudio.**

A LOS SRES.

ING. MARIANO RUIZ VAZQUEZ

ING. VICTOR LOPEZ ABURTO

ING. JAVIER ROJAS JIMENEZ

ING. CARLOS MAEDA MARTINEZ

ING. LEOVIGILDO CEPEDA DAVILA

ARQ. JORGE CRUZ ARIAS

Por su constante apoyo.

A LAS EMPRESAS,

ROCA FOSFORICA MEXICANA, S.A. de C.V.

MINAS Y CANTERAS, S.A.

Por todas las facilidades brindadas.

I N D I C E

RESUMEN

	PAGINA
CAPITULO I	
GENERALIDADES	1
I.1.- LOCALIZACION	1
I.2.- VIAS DE COMUNICACION	1
I.3.- CLIMA Y VEGETACION	3
I.4.- RASGOS ECONOMICOS Y CULTURALES	4
I.5.- GEOMORFOLOGIA	4
I.6.- LA ROCA FOSFORICA Y SUS USOS	5
CAPITULO II	
GEOLOGIA Y EXPLORACION	9
II.1.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO	9
II.2.- YACIMIENTOS MINERALES, RESERVAS Y LEYES	16
II.3.- EXPLORACION EN LA ZONA FUNDO MINERO	19
II.4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	24
CAPITULO III	
SELECCION DEL SISTEMA DE MINADO	30
III.1.- ALTERNATIVAS DE MINADO CONSIDERADAS	30
III.2.- EVALUACION TECNICO-ECONOMICA	31
III.3.- SISTEMA DE MINADO SELECCIONADO	32
III.4.- PRINCIPIO DE CORTE DE LAS DRAGAS	32
III.5.- CONCLUSIONES	34
CAPITULO IV	
DESCRIPCION DEL EQUIPO DE DRAGADO	36
IV.1.- DESCRIPCION GENERAL Y ESPECIFICACIONES DE LAS DRAGAS ELLICOTT 3000 E	36
IV.2.- PRINCIPIOS DE OPERACION	42
IV.3.- CONTROLES Y MEDIDORES	45

IV.4.- OPERACION DE LAS DRAGAS	49
IV.5.- CORTADORES Y DIENTES, Y MATERIALES CON QUE SE FAERICAN	54
IV.6.- CONCLUSIONES	57
CAPITULO V	
PLANEACION DE LA EXPLOTACION	61
V.1.- PARAMETROS DE PLANEACION	61
V.2.- DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE MINADO	61
V.2.1. PREPARACION PARA LA EXPLOTACION	62
V.2.2. EXPLOTACION	64
V.3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
CAPITULO VI	
RESULTADOS PRACTICOS DE DRAGADO	68
VI.1.- INTRODUCCION	68
VI.2.- DRAGADO DEL CANAL DE ACCESO	68
VI.3.- PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA OPERACION	72
VI.4.- MODIFICACIONES HECHAS AL CORTADOR Y SUS RESULTADOS	73
VI.5.- PRUEBA DE DRAGADO Y SUS RESULTADOS	74
VI.6.- OTRAS OPERACIONES DE DRAGADO	79
VI.7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
CAPITULO VII	
ANALISIS DE LA OPERACION DE DRAGADO	89
VII.1.- INTRODUCCION	89
VII.2.- CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO	89
VII.3.- MANTENIMIENTO DEL EQUIPO	91
VII.4.- TIEMPO EFECTIVO DE DRAGADO/TURNO	92
VII.5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
CAPITULO VIII	
DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BENEFICIO	96
VIII.1.- INTRODUCCION	96

VIII.2.- CARACTERIZACION DEL MINERAL	97
VIII.3.- PLANTA FLOTANTE	98
VIII.4.- PLANTA EN TIERRA	103
VIII.5.- CONCLUSIONES	109
CAPITULO IX	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES	111
IX.1.- CONCLUSIONES	111
IX.2.- RECOMENDACIONES	118
BIBLIOGRAFIA	
ANEXO No. 1	
RELACION DE PLANOS Y FIGURAS	
ANEXO No. 2	
FOTOGRAFIAS DE LA UNIDAD SANTO DOMINGO	

ANEXO No. 1

RELACION DE PLANOS Y FIGURAS

PLANOS	PAGINA
1. LOCALIZACION DEL YACIMIENTO DE SANTO DOMINGO	2
2. LOCALIZACION DEL POZO IRAY No. 2	10
3. FUNDO MINERO Y CANAL DE ACCESO	20

FIGURAS	
1. LOCALIZACION FISIOGRAFICA DE SANTO DOMINGO	6
2. COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL POZO IRAY No. 2	11
3. DISTRIBUCION DE LEYES. SECCION 4500 N.	22
4. DISTRIBUCION DE COQUINA. SECCION 4500 N.	23
5. CORTADOR Y SUS PARTES	33
6. PARTES DE LA DRAGA	37
7. CARACTERISTICAS DEL GIRO DE LA DRAGA	39
8. CABINA DE CONTROLES	46
9. CONTROLES DEL CUARTO DE MAQUINAS	48
10. SISTEMA PARA EL CEBADO DE LA BOMBA PRINCIPAL	51
11. AVANCE DE LA DRAGA	53
12. TIPOS DE CORTADORES	55
13. TIPOS DE NAVAJAS	56
14. TIPOS DE DIENTES	58
15. DIAGRAMA DE FLOTACION PRIMARIA. PLANTA FLOTANTE	99
16. DIAGRAMA DE FLOTACION SECUNDARIA. PLANTA EN TIERRA	104

RESUMEN:

El yacimiento de Roca Fosfórica de Santo Domingo - se encuentra localizado a 220 km hacia el NW de la Ciudad de La Paz en el Estado de Baja California Sur.

El depósito está constituido por los minerales -- fluorapatita y francolita que se encuentran dentro de arenas constituidas principalmente por silicatos. Además, se tiene la presencia de un material competente denominado coquina, - material que está compuesto por conchas de moluscos dentro - de una matriz arenosa, estando cementadas por calcita.

La exploración inicial del yacimiento permitió definir a la coquina formando lentes pequeñas y aisladas. Como resultado de esta exploración se delimitó a la zona con - las leyes más altas de P_2O_5 dentro del yacimiento, a la cual se le denominó Fundo Minero y tiene reservas del orden de - los 459 millones de toneladas de mineral con una ley de 4.05% de P_2O_5 .

Debido al método de barrenación empleado no se tuvo gran control sobre la cantidad de muestra recuperada. En base a los análisis químicos practicados a estas muestras se llegó a determinar las leyes del yacimiento, la presencia de la coquina y su distribución, y la definición de los bancos de arena. A estos resultados se les dió una confiabilidad - del 80%.

En vista de la importancia que tiene la localiza-- ción, cuantificación y distribución de la coquina para la -- explotación del yacimiento, se recomienda la realización de un programa de comprobación que tenga por objetivo la deter-- minación de la confiabilidad real que se le pueden dar a -- estos resultados.

Cuando Rofomex hizo el estudio de selección del sistema de minado, se había considerado que el yacimiento estaba formado esencialmente por arenas y escasas lentes pequeñas y aisladas de coquina. Se plantearon varias alternativas de minado a cielo abierto y el minado hidráulico empleando 2 dragas de succión, marca Ellicott con cortador hidráulico. Se escogió este último método por ser el que representó las mayores ventajas técnicas y económicas.

Se estableció un ritmo de producción diaria de 50,000 ton/día. Se consideraron 300 días de trabajo efectivo al año, con 3 turnos de operación/día, de 8 horas de dragado efectivo.

Como preparación para realizar la explotación fue necesario dragar un canal de acceso que comunicó al mar con la zona 1er año de minado. Este canal tuvo una longitud de 1450 m aproximadamente y su tiempo de construcción fue de 6 meses. La explotación del yacimiento se realizará en bloques denominados "lagos de explotación", cada uno de los cuales tendrá un desarrollo de 500 m de ancho, 200 m de largo y una profundidad de 15 metros bajo el nivel del mar.

En el desarrollo de este canal de acceso y cerca de los 300 m de avance se tuvieron las primeras dificultades de dragado debidas a la presencia de la coquina. Partiendo del principio de que "los problemas en una operación surgen cuando hay una desviación entre los resultados obtenidos y la planeación original", se procedió en este estudio de tesis a la revisión de los elementos relacionados directamente con la operación de dragado. Consecuentemente se examinó la geología del yacimiento, las características específicas de las dragas, los parámetros de la planeación considerados originalmente, mismos que se compararon con los resultados prácticos de dragado obtenidos durante el de

desarrollo del canal de acceso. Con base en los elementos anteriores fue posible realizar un análisis de la operación de dragado con el cual se busca llegar a definir las características reales de esta operación con el objeto de lograr el mejor aprovechamiento de las dragas.

Como resultado de este estudio se determinó que las dragas fueron diseñadas para trabajarse en materiales sueltos, del tipo de las arenas y las gravas, por lo cual al trabajarse la coquina con este equipo, se producen algunos problemas operativos que son la causa de paros frecuentes en la operación de dragado e impiden el desarrollo normal de esta operación.

Como parámetros de planeación es conveniente establecer, que la capacidad nominal de producción de las dragas es de 1,100 ton/hr, y se ha estimado que durante un turno de operación es aceptable considerar 6 hr de dragado efectivo; por lo cual se podrá esperar, trabajando con las 2 dragas, una producción máxima diaria de 40,000 ton aproximadamente. Se considera conveniente obtener mayor información sobre las dragas, información que permitirá conocer mejor las características específicas del equipo y los parámetros de operación esperados en la operación de dragado normal, con el objeto de lograr un mejor aprovechamiento del equipo de dragado.

Otro factor importante en el dragado lo constituye el mantenimiento del equipo, el cual también reducirá el tiempo efectivo de dragado por turno, por lo cual se recomienda la realización de un mantenimiento preventivo al equipo que disminuya los paros en la operación de dragado.

Se ha observado un desgaste excesivo en los elementos de corte de la draga (navajas planas y navajas con portadientes y dientes). Durante una prueba de dragado realizada en arenas se llegó a determinar una duración máxima de

50 hr efectivas de trabajo en los dientes de mayor desgaste, que son los que están ubicados hacia la parte frontal de -- los ágaves. Los dientes de la parte posterior de cada ága- ve tienen una duración promedio de 600 hr efectivas.

En vista de los resultados anteriores se recomien- da la realización de Pruebas de Dragado que tengan por obje- tivos:

-La verificación de la duración de los dientes del cor- tador y la determinación de la aleación de acero que sea más resistente al impacto y a la abrasión a fin de lograr un me- jor comportamiento en estos elementos.

-La cuantificación de la capacidad real de las dragas y la revisión del comportamiento de sus sistemas de traba- jo dragando en arenas y hasta una profundidad máxima de -- 15 metros bajo el nivel del mar.

Es conveniente realizar un estudio de tiempos y - movimientos, con el fin de medir los tiempos muertos y los tiempos auxiliares de la operación de dragado, que permitan determinar realmente el tiempo efectivo esperado de dragado por turno en el desarrollo normal de esta operación.

Como parte complementaria a este análisis, se des- cribe en este estudio, el sistema de beneficio que se em- pleará para este mineral fosfórico. El beneficio se va a - realizar en 2 fases: una flotación primaria que se llevará a cabo en una Planta Flotante, y una flotación secundaria - que se efectuará en una Planta en Tierra. La alimentación planeada al circuito de beneficio será de 50,000 ton/día - de mineral con una ley de 4.05 % de P_2O_5 , obteniéndose al final del proceso cerca de 5,000 ton/día de concentrado de fosforita con una ley del 30% de P_2O_5 . Este concentrado - se venderá a la industria de los fertilizantes.

CAPITULO I

GENERALIDADES

I.1.- LOCALIZACION

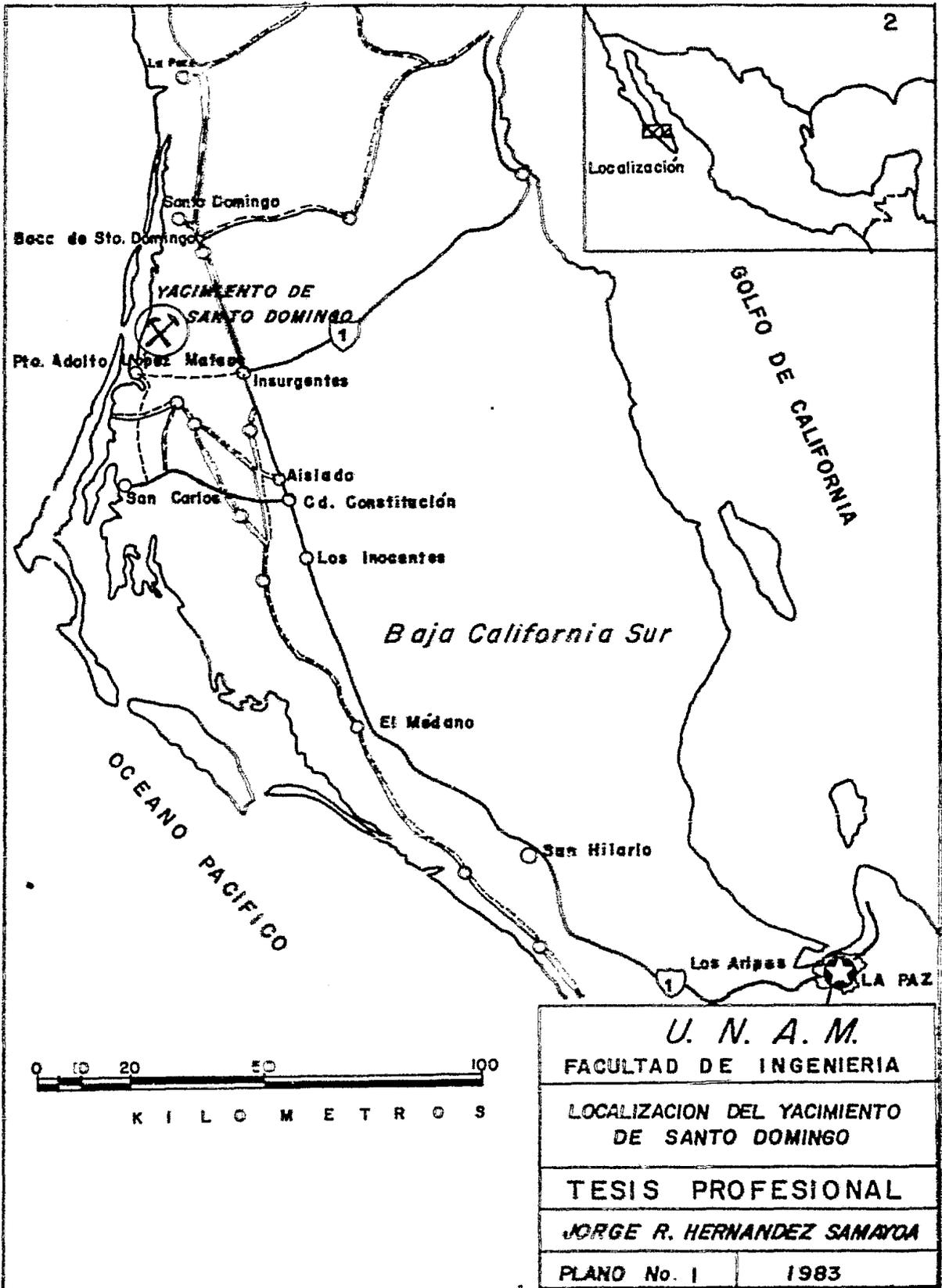
El yacimiento de fosforita de Santo Domingo se encuentra en la costa occidental de la Península de Baja California, en el Estado de Baja California Sur, entre los paralelos 24° y 26° de latitud Norte. Abarca una área aproximada de $1,400 \text{ km}^2$ (70 km en la dirección N-S y 20 km en la -- W-E). Su extremo sur se localiza aproximadamente a 220 km -- hacia el noroeste de la Ciudad de la Paz. Políticamente el área pertenece al Municipio de Comondú, cuya cabecera municipal se encuentra en Ciudad Constitución. (Ver Plano No. 1)

La zona explorada comprende el 4% de la extensión total del yacimiento. Está ubicada al Norte del Pto. Adolfo López Mateos. Abarca una área de 3,5 km de ancho por 15 km de longitud paralelos a la costa, y está limitada al poniente por las lagunas que se forman en la plataforma costera -- del Océano Pacífico. Esta región es conocida localmente como "Prados Elenas" y "Prados" y corresponde al Valle de Santo Domingo.

Con el objeto de realizar la exploración a detalle y programar la explotación se escogió el área denominada -- "Fundo Minero", la cual abarca 11.5 km^2 y constituye el 1% -- del total del yacimiento.

I. 2.- VIAS DE COMUNICACION

El depósito se encuentra comunicado por la carretera Federal No. 1, llamada Transpeninsular, la cual une a la Ciudad de la Paz que es la capital del estado, con Villa Insurgentes que es la ciudad más importante cercana al yaci -- miento. De Villa Insurgentes parte un camino de terracería



<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
LOCALIZACION DEL YACIMIENTO DE SANTO DOMINGO	
TESIS PROFESIONAL	
<i>JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA</i>	
PLANO No. 1	1983

de 42 km que conduce al Puerto López Mateos. El recorrido - total desde La Paz hasta este Pto. es de 262 km aproximada-- mente.

Otra ruta de posible acceso, es por la carretera - Transpeninsular que viene de La Paz y llegar hasta Ciudad -- Constitución, para continuar luego por la carretera pavimen-- tada que une a esta última población con el Pto. San Carlos. En el km 26 de esta carretera se localiza una desviación de terracería que va hacia el Norte y llega hasta el proyecto. Esta ruta es un poco más larga que la anterior.

La vialidad de los caminos de terracería está suje-- ta a la temporada de lluvias, debido a que durante la época de avenidas, los caminos se vuelven fangosos y quedan cerra-- dos por 2 ó 3 días.

El Puerto López Mateos cuenta con una pista de ate-- rrizaje para avionetas, y con un muelle para barcos pesque-- ros de pequeño calado.

I. 3.- CLIMA Y VEGETACION

El área en la que se localiza el yacimiento de San-- to Domingo tiene un clima seco, que oscila de muy seco a de-- sértico; es semicálido, con inviernos frescos y veranos muy calurosos. Es un clima muy extremoso, cuyas temperaturas má-- ximas se registran en el mes de septiembre y alcanzan cerca de 33 °C, y las mínimas ocurren durante el mes de febrero y son próximas a los 17 °C.

El régimen de lluvias es muy contrastante. Duran-- te el mes más lluvioso del invierno se tiene por lo menos 3 veces mayor cantidad de lluvias que en la mitad seca del año. Se tiene una precipitación registrada de 924 mm por año.

La vegetación observada en la zona es la caracte--

ística de la zona desértica, destacando principalmente:

La Gobernadora
 La Yuca (Yucca)
 El Mezquite (Propis Cacto)
 El Sahuaro (Carnegiea Cacto)

I. 4.- RASGOS ECONOMICOS Y CULTURALES

El Pto. López Mateos cuenta aproximadamente con -- 2,000 habitantes, los cuales en su gran mayoría trabajan en la planta empacadora de productos del mar, llamada "Productos Pesqueros de Matancitas, S.A. de C.V.", siendo sus principales productos el abulón y la sardina; también se empaca el pescado de escama y la langosta. El número de trabajadores es variable, dependiendo de la temporada de pesca, pero en forma fija laboran 500 obreros.

Este Puerto cuenta con una escuela primaria cuya población es de 700 alumnos y una escuela secundaria con 40 alumnos. De reciente inauguración existe una escuela preparatoria que tiene una población menor.

La población dispone de un centro de salud perteneciente a la S.S.A., y servicio médico por parte de la empresa empacadora.

Como centros de diversión existen un cine y un Centro Cívico Social y Cultural en donde se realizan diversos actos.

I. 5.- GEOMORFOLOGIA

El área de estudio está constituida por un relieve suave, dunas, terrazas, ondulaciones, esteros y depresiones que se extienden a lo largo de una amplia planicie costera -

que limita hacia el Oeste con los esteros y el Océano Pacífico y hacia el Este con la Sierra la Giganta. (Ver Fig. No.1)

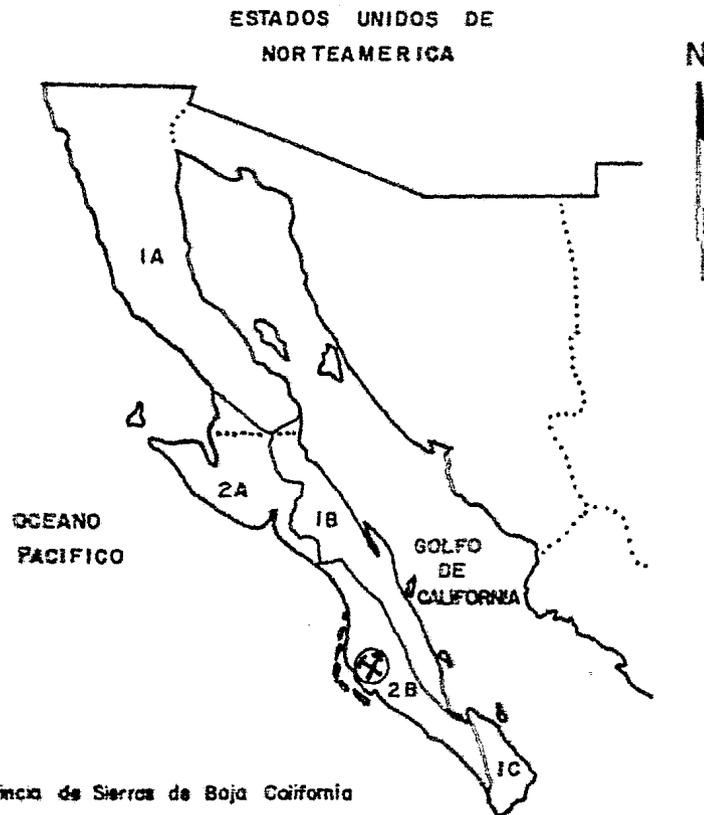
El yacimiento se localiza dentro de la provincia - de la Llanura Costera de Baja California, (Alvarez Jr. 1961) y a su vez dentro de la subprovincia de la Llanura Costera - Purísima Iray conocida también como Llano de la Magdalena.

Como el nombre de la subprovincia lo indica, el yacimiento se encuentra en una llanura en la cual todo sistema orogénico es inexistente, siendo la Sierra de la Giganta el límite Este de la Llanura Costera. En esta sierra nacen dos arroyos que riegan el área explorada: el Arroyo de Santo Domingo al Norte, y el de la Soledad al Sur. La presencia de una paleoterraza indica que el nivel del mar estuvo más alto en el pasado reciente. Se localizan así mismo, paleocanales y depresiones rellenas con depósitos arcillosos. Sobresale por su magnitud una isla de barrera paralela a la Costa, que está interrumpida por bocanas ubicadas frente a la desembocadura de los arroyos antes mencionados.

I. 6.- LA ROCA FOSFORICA Y SUS USOS

El término "roca fosfórica" se utiliza comúnmente para denominar al grupo de minerales valorizados comercialmente por su contenido de fósforo, no teniendo el término - relación alguna con el contenido de fósforo de dichos minerales.

Los minerales encontrados más comúnmente en las rocas fosfóricas son los siguientes:



1) Provincia de Sierras de Baja California

- A. Subprovincia de la Sierra Cristalina
- B. Subprovincia de la Sierra Volcánica
- C. Subprovincia de la Sierra de La Paz

2) Provincia de la Llanura Costera de Baja California

- A. Subprovincia de la Llanura Costera de Sebastian Vizcaino
- B. Subprovincia de la Llanura Costera de Purísima-tray

<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
LOCALIZACION FIOGRAFICA DE SANTO DOMINGO	
TESIS PROFESIONAL	
<i>JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA</i>	
FIG. No. 1	1983

MINERAL	COMPOSICION QUIMICA
Apatita	$\text{Ca}_{10} (\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6 (\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})_2$
Fluorapatita	$\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 \text{F} 2$
Clorapatita	$\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 \text{Cl} 2$
Hidroxiapatita	$\text{Ca}_5 (\text{PO}_4)_3 \text{OH} 2$
Francolita	$(\text{Ca}, \text{H}_2\text{O})_{10} (\text{F}, \text{OH})_2 (\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6$
Crandallita	$\text{CaAl}_3 (\text{PO}_4)_2 (\text{OH})_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Colofano	$9 \text{CaO} 3 \text{P}_2\text{O}_5 \text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{N H}_2\text{O}$
Taranskita	$\text{K}_2\text{Al}_6 (\text{PO}_4)_6 (\text{OH})_2 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$
Millisita	$(\text{Na}, \text{K}) \text{CaAl}_6 (\text{PO}_4)_4 (\text{OH})_9 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$
Vivianita	$\text{Fe}_3 (\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{H}_2\text{O} 2$
Dufrenita	$\text{FePO}_4 \text{Fe} (\text{OH})_3$
Wavellita	$\text{Al}_3 (\text{PO}_4)_2 (\text{OH})_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O} 4$
Variscita-Strengita	$(\text{Al}, \text{Fe}) \text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} 8$
Brushita	$\text{HCaPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$
Monetita	HCaPO_4
Whitlockita	$\text{B-Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$

El grado o ley promedio de una roca fosfórica se mide por su contenido de Pentóxido de fósforo, P_2O_5 , o de Fosfato tricálcico, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, cuya abreviatura es BPL. Se tiene el equivalente de 1% BPL correspondiente a 0.458 % de P_2O_5 . Por otra parte, los productos derivados de la roca fosfórica siempre se valoran en términos de su contenido de P_2O_5 .

La ley promedio que tiene la roca fosfórica comerciable en el Mercado Internacional varía entre el 32 y 33 % de P_2O_5 .

Generalmente la roca fosfórica no tiene la ley suficiente para permitir su utilización tal y como se extrae directamente, por lo que debe ser concentrada en forma artificial hasta obtener la ley requerida; tal proceso de concentración cumplirá además con la función de eliminar en -- gran parte las impurezas que contiene el mineral.

Los usos a los cuales se destina la producción -- mundial de roca fosfórica son los siguientes: fertilizantes (85 % del total), detergentes (6 %), suplementos alimenticios (4 %), distribuyéndose el 5 % restante en -- otros usos, como lo son la fabricación de aleaciones de fósforo, catalizadores, cerillos, insecticidas, pesticidas, -- usos pirotécnicos, reactivos, suavizadores de aguas, usos -- militares y otros más.

CAPITULO II

GEOLOGIA Y EXPLORACION

II. 1.- GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

En el área que abarca el yacimiento, las formaciones rocosas están cubiertas por arenas del Pleistoceno y -- Reciente, por lo cual no es posible observar directamente -- la estratigrafía de esta zona.

Sin embargo, cerca de esta área se encuentra el -- Pozo Iray No. 2 que fue descrito en el trabajo publicado -- por F. Mina con el título "Bosquejo Geológico del territorio sur de la Baja California", (1957). De este estudio se sintetizó el desarrollo de la Columna Estratigráfica del -- área. (Ver Plano No. 2)

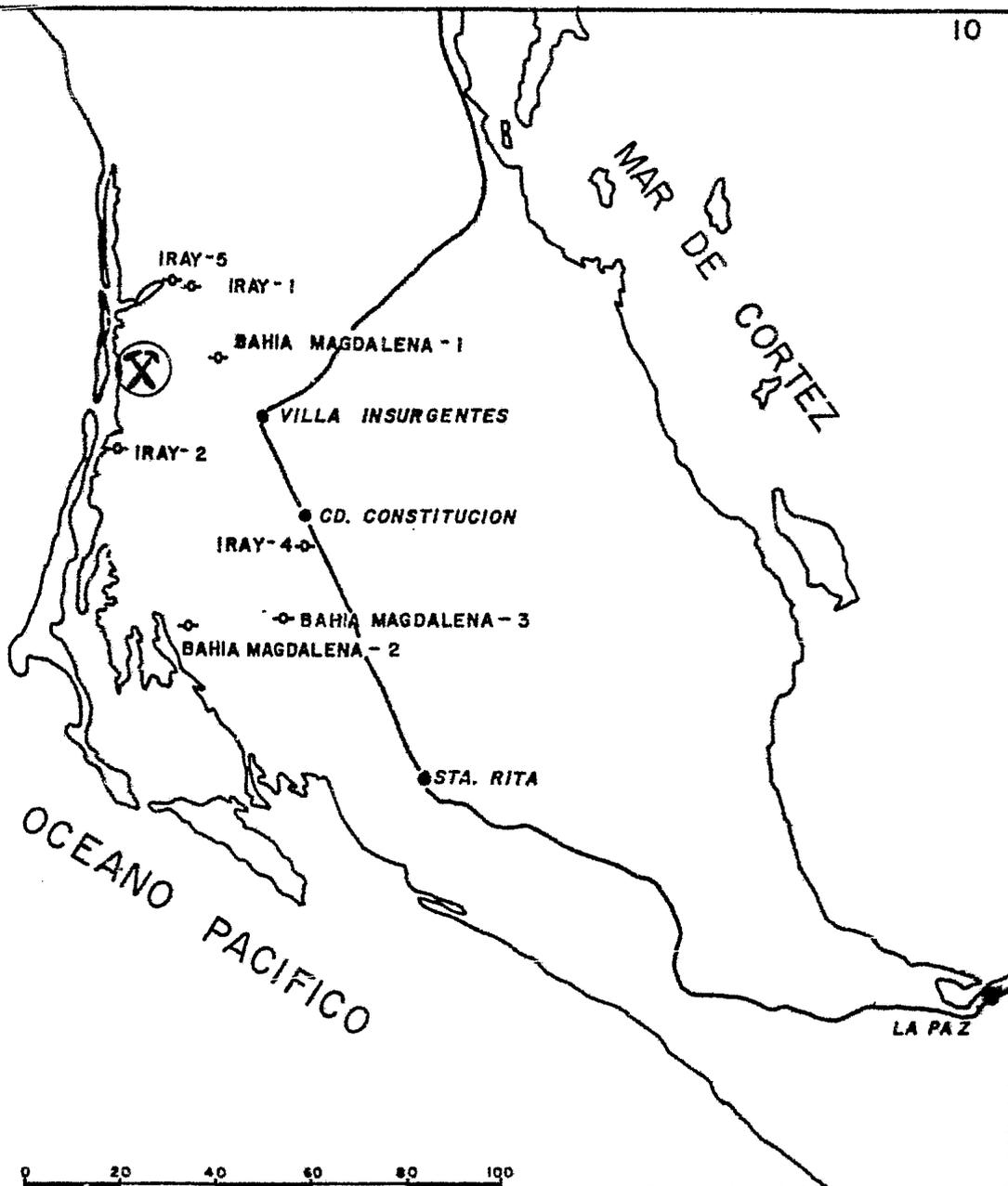
COLUMNA ESTRATIGRAFICA

El yacimiento de fosfatos se encuentra dentro de arenas del Reciente que se supone fueron depositadas durante el Cuaternario en una discordancia erosional sobre la -- Formación Salada del Plioceno. La descripción de la columna estratigráfica se limitará en este estudio a estas unidades litológicas. (Ver Fig. No. 2)

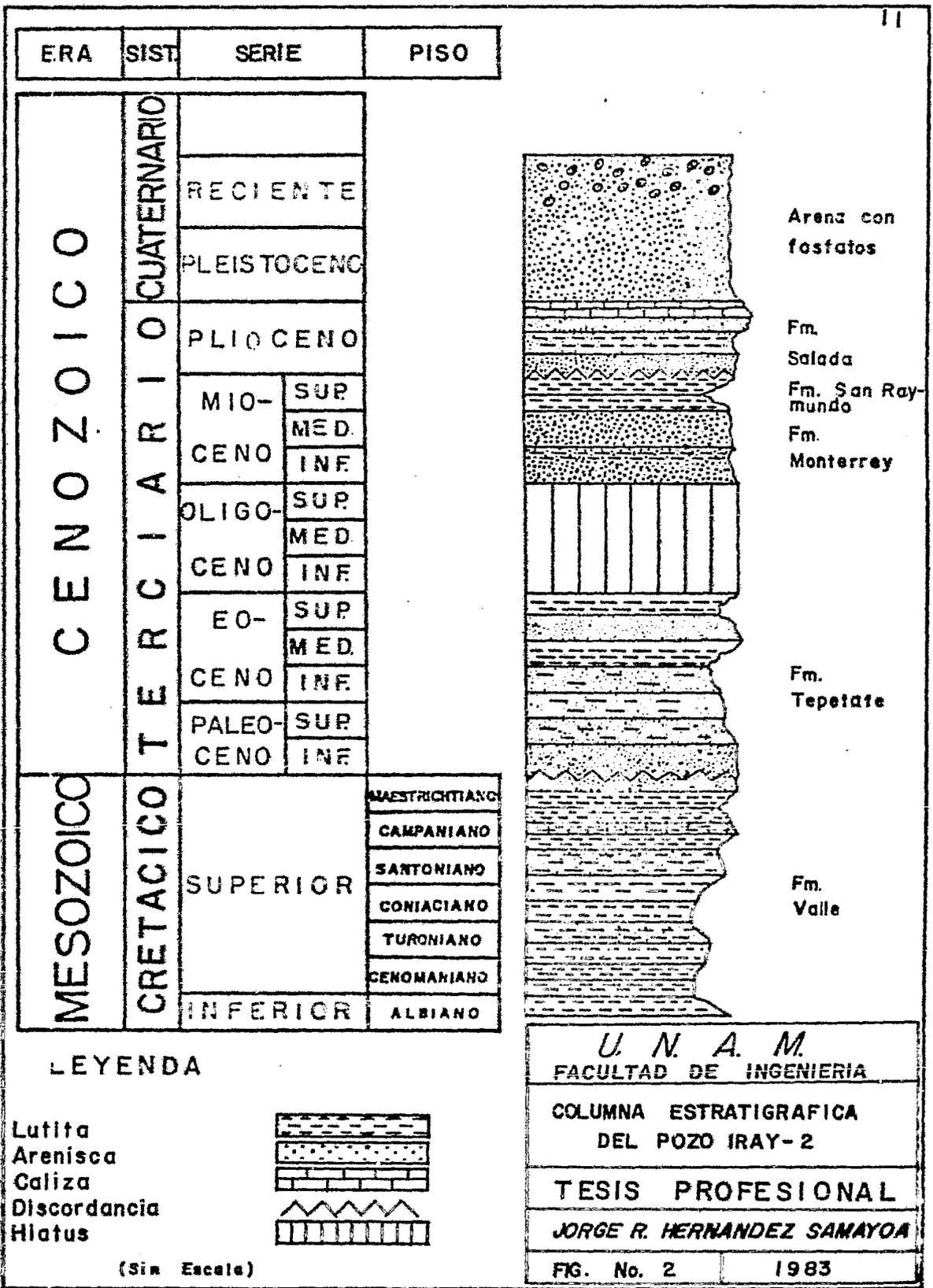
ARENAS DEL CUATERNARIO

En la descripción litológica del Pozo Iray No. 2 se afirma que de 0 a 45 m no se colectaron muestras y que -- con registros eléctricos se dedujo que sobre la Formación -- Salada se encuentra depositado un espesor de arena muy homogéneo.

El yacimiento de fosforita es del Reciente. Está formado esencialmente por arenas de cuarzo de grano fino, -- con formas que van de subangulosas a subredondeadas, y de -- texturas pulidas o esmeriladas y poco contaminadas por arci

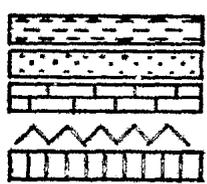


<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
POZOS PERFORADOS POR PEMEX. AREA PURISIMA-IRAY.	
TESIS PROFESIONAL	
<i>JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA</i>	
PLANO No. 2	1983



LEYENDA

- Lutita
- Arenisca
- Caliza
- Discordancia
- Hiatos



(Sin Escala)

U. N. A. M.
 FACULTAD DE INGENIERIA

COLUMNA ESTRATIGRAFICA
 DEL POZO IRAY-2

TESIS PROFESIONAL

JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA

FIG. No. 2 1983

lla. Se tienen algunos minerales pesados como son la ilmenita, la magnetita, la hematita y el zircón. El carbonato de calcio se presenta con un origen orgánico o bien, inorgánico. En el primer caso, como fragmentos o conchas completas de moluscos principalmente y en el segundo como cristales de calcita recristalizada. Se presentan otros minerales detríticos como el olivino, la hornblenda, feldespatos y además -- fragmentos de rocas volcánicas (basalto principalmente) y -- areniscas.

Los fosfatos del yacimiento están constituidos por dos minerales: la fluorapatita, que se presenta en forma de intraclastos subredondeados, en ocasiones bandeada, de color ámbar, translúcida y semitransparente; el otro mineral es la francolita que se presenta como un material opaco, de forma ovoide o redondeada, de color marrón oscuro o negro, que incluye diminutas partículas de otros minerales en forma de oolitos y pellets.

FORMACION SALADA, DEL PLIOCENO

A. Heim (1922) la describió por primera vez, refiriéndose a una sección expuesta a 1 1/2 km al NE del rancho la Salada, que se encuentra sobre el arroyo del mismo nombre el cual desemboca en la Bahía Almejas, frente a la Isla Santa Margarita. (Mina, 1957).

Esta formación se compone principalmente de areniscas de grano fino a grueso cuya coloración va del rojo al -- pardo, al gris azul y al gris claro. Es poco arcillosa. En general se observan algunos conglomerados con fósiles en una matriz calcáreo-arenosa y algunas capas de caliza cretosa -- sin fauna.

Su edad se determinó por la presencia de los siguientes fósiles :

Protothaca Fluctifraga (Sowerley)

Aequipecten Deserti (Conrada)

La descripción que se hace en el pozo Iray No. 2 es la siguiente:

Plioceno (Salada) de 45 a 65 m.

La Formación Salada se encuentra depositada en discordancia erosional sobre la Formación San Raymundo del -- Mioceno.

Está formada por capas de arenisca de cuarzo de color gris blanco de grano fino a grueso, de composición que va de calcárea a muy calcárea, y es en partes arcillosa; dentro de estas capas se observó abundancia de restos de macrofauna así como trazas de lutita verde olivo muy calcárea, y muy ligeras trazas en la parte superior de -- caliza criptocristalina.

Esta formación se correlaciona con la Formación - Almejas en la cuenca de Vizcaíno, y también con sedimentos pliocénicos localizados en las costas de California.

TECTONICA CUATERNARIA

La tectónica cuaternaria de la Península de Baja California es aún motivo de controversia.

El rasgo morfológico más común está constituido -- por las terrazas marinas que tienen elevaciones entre 5 y 100 m sobre el actual nivel del mar y están localizadas a lo largo de la costa oeste de Baja California Sur. Basados en algunos fósiles encontrados en estas terrazas, se han fechado como del Pleistoceno. A partir de esta evidencia algunos autores han concluido que una subsidencia importante tuvo lugar en Baja California durante el Pleistoceno (Beal, 1948; - Mina, 1957). Otros autores (Durban y Allison, 1960), señalan que la evidencia es muy ligera para sustentar esa interpretación y consideran al Pleistoceno de Baja California como una época de estabilidad, con algunos cambios eustáticos en el nivel del mar. Hay indicaciones de levantamiento e inclinación hacia el Oeste de la península que tuvo lugar en este período. A lo largo de la costa oriental se sugiere la continuación de este levantamiento en el reciente, con el desnivel de unos cuantos metros sobre el nivel del mar de -- antiguos pantanos, llanuras saladas y esteros (Beal, 1948). Sin embargo, a falta de información precisa sobre las terrazas más altas, no es posible concluir un cambio tectónico -- importante durante el Pleistoceno, y la elevación de la masa de tierra sobre el nivel del mar parece haber sido esencialmente controlada por el ajuste eustático.

Grandes porciones de la plataforma de bajo relieve de la línea de costa de Santo Domingo, debieron haber sido -- expuestas y sumergidas alternadamente durante los cambios -- del nivel del mar del Pleistoceno, lo cual produjo cambios -- en la distribución de los sedimentos detríticos de la plataforma.

Al no existir un levantamiento en el Reciente, la amplia plataforma reentrante de Santo Domingo debió haber -- estado expuesta por unos 100 m abajo de su contorno actual, (la cual en algunos puntos se localiza 50 km al Oeste de la línea de costa), siendo precisamente en esta plataforma en -- donde se localiza la porción más rica del depósito fosfático, (D'Anglejan, 1965).

En resumen, las arenas fosfáticas de Santo Domingo ocurren en una área de relativa estabilidad tectónica, depositándose en una amplia plataforma marina marginal similar -- a la actual, que estuvo frecuentemente expuesta a la influencia oceánica.

ORIGEN DEL YACIMIENTO

Varios autores han desarrollado hipótesis diferentes para explicar el origen del yacimiento de Santo Domingo.

La hipótesis más reciente es la que desarrolla un estudio de investigación realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (F. Querol, et. al., 1982), que explica el origen del yacimiento de acuerdo con sus características geomorfológicas y tomando en cuenta las diversas conclusiones a las que se llegó con la realización de diversos estudios sedimentológicos, mineralógicos y de distribución de leyes.

Tomando en cuenta el comportamiento de las leyes -- del yacimiento y su anisotropía, se deduce la existencia de una sola fuente de sedimentos. Considerando la sedimentación actual y el estudio sedimentológico realizado, se concluye que la mayor parte de los sedimentos provienen del aporte de la corriente marina litoral que corre de Norte a -- Sur, (Corriente de California). Por lo cual el origen del -- yacimiento se tiene que buscar en los afloramientos de roca de la Península de Vizcaíno y Punta San Hipólito. Se puede asegurar que el aporte de material arenoso por las corri

entes fluviales provenientes del Este no es detectable y se puede restringir al material de grano más fino, limos y arcillas. La presencia de las arenas se explicaría por la erosión de antiguos fondos marinos.

El ambiente de sedimentación durante la formación del yacimiento fue marino, cercano a la costa y con una -- profundidad que fue disminuyendo.

El fosfato se presenta en dos formas principales -- que son los intraclastos de fluorapatita y los oolitos de -- francolita, cuyos orígenes se explican respectivamente en -- las formaciones fosfatadas terciarias y en el fondo marino -- del Reciente.

Del comportamiento vertical de las leyes se observa que el nivel 10 metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.) es el más rico en P_2O_5 en contenido por peso total y por mallas, excepto en las mallas gruesas. Por otro lado los niveles 00 y 20 m.b.n.m. son semejantes aunque existen más fosfatos en los sedimentos finos del nivel 00 que en el -20.

De los datos anteriores y de la geomorfología se -- deduce que durante la formación del yacimiento existió una -- regresión marina acompañada de cambios eustáticos en el nivel del mar.

II. 2.- YACIMIENTOS MINERALES, RESERVAS Y LEYES

El yacimiento de Santo Domingo no tiene encape y -- presenta escasa o ninguna cubierta vegetal. Tiene un espesor promedio de 18 m. El relieve topográfico es muy suave, con pocas elevaciones que pasan de 20 metros sobre el nivel del mar.

Se ha estimado que el yacimiento debe tener 25,000 millones de toneladas de arenas con una ley próxima al 3% --

de P_2O_5 .

Las áreas conocidas localmente como "Prados Elenas" y "Prados" son las únicas que se han explorado con barrenación en forma detallada y constituyen cerca de la veinteaava parte del yacimiento (52.50 km^2 , ubicadas entre las coordenadas 2,000S a 13,000N y 1,000W a 2,600E). El cálculo de reservas de mineral para esta zona indica que se tiene un total de 1,400 millones de toneladas de arenas, con una ley promedio del 4% de P_2O_5 .

La exploración se hizo mediante barrenos realizados sobre una retícula cuadrada de 500 m por lado y una profundidad media de los barrenos de 30 m. El método de perforación empleado fue el de "chorros de agua", que es una perforación hecha con máquina rotatoria, sin broca, con inyección de agua y recuperación de lodos. No hubo cementación del barreno, pero se usó ademe con tubos de 20 pies de longitud cada tramo. El método resultó ser rápido y barato, pero tuvo el inconveniente de no tener gran control sobre la cantidad de muestra recuperada. Estas muestras se tomaron a intervalos de 1.50 m de longitud, obteniéndose al final de la barrenación un total de casi 6,000 muestras.

En los barrenos perforados se pudieron diferenciar 4 tipos de arenas con contactos transicionales y cuyos espesores varían mucho de un barreno a otro. Los materiales diferenciados no siguen un patrón de distribución vertical y pueden ausentarse en muchos barrenos, tienen un espesor variable (anotándose en esta descripción el espesor máximo encontrado); estos materiales son los siguientes:

- 5 m de arenas de grano muy fino (0.1 a 0.2 mm), bien clasificadas (unimodales), y que están compuestas principalmente por cuarzo. Estas arenas forman parte de los médanos que se presentan en el área, y pueden tener pequeñas concentraciones de fosfatos en la superficie. Son de color

amarillo pálido y su ley varía de 3 a 4 % de P_2O_5 .

- 20 m de arenas de grano fino a medio (0.2 a 0.5 mm), regularmente clasificadas, (unimodales), que están compuestas por cuarzo, con algo de ferromagnesianos, magnetita, ilmenita, zircón y fosfatos; son algo arcillosas y de color ocre pálido. Constituyen la parte económicamente explotable del depósito y su ley varía de 3.2 a 4.5 % de P_2O_5 . Frecuentemente están mezcladas con conchas que regularmente están cementadas por carbonatos, y constituyen una arenisca coquinoide.

- 10 m de arenas de grano medio a grueso (0.3 a 2.0 mm), mal clasificadas, (bimodales), con abundantes fragmentos de conchas y de fosfatos en la fracción gruesa; el mineral más abundante es el cuarzo, con algo de ferromagnesianos y de magnetita. Son de color ámbar; su ley varía de 2 a 3 % de P_2O_5 y tienen una relación CaO/P_2O_5 elevada.

- 20 a 30 m de arenas de grano fino (0.2 a 0.4 mm), bien clasificadas, (unimodales), en las que predomina el cuarzo, con cantidades menores de ferromagnesianos, magnetita, ilmenita, fosfatos y zircón. Son de color blanco amarillento y su ley varía de 0.8 a 2.0 % de P_2O_5 .

Esta exploración detallada también permitió detectar la presencia de un material competente al que posteriormente se le denominó "Coquina". Este material está compuesto por fragmentos o conchas de moluscos que pueden llegar a constituir hasta el 80% de la roca (Coquina conglomerática), o bien, menos del 30% (Arenisca coquinoide), con una matriz arenosa y calcita como cementante. Además la Coquina puede estar asociada con altos contenidos de fosfatos, o constituir una roca estéril.

Otro de los resultados logrados con esta exploración fue la determinación del límite inferior para el conte-

nido económico en la explotación de los fosfatos, mismo que se definió a los 15 metros bajo el nivel del mar.

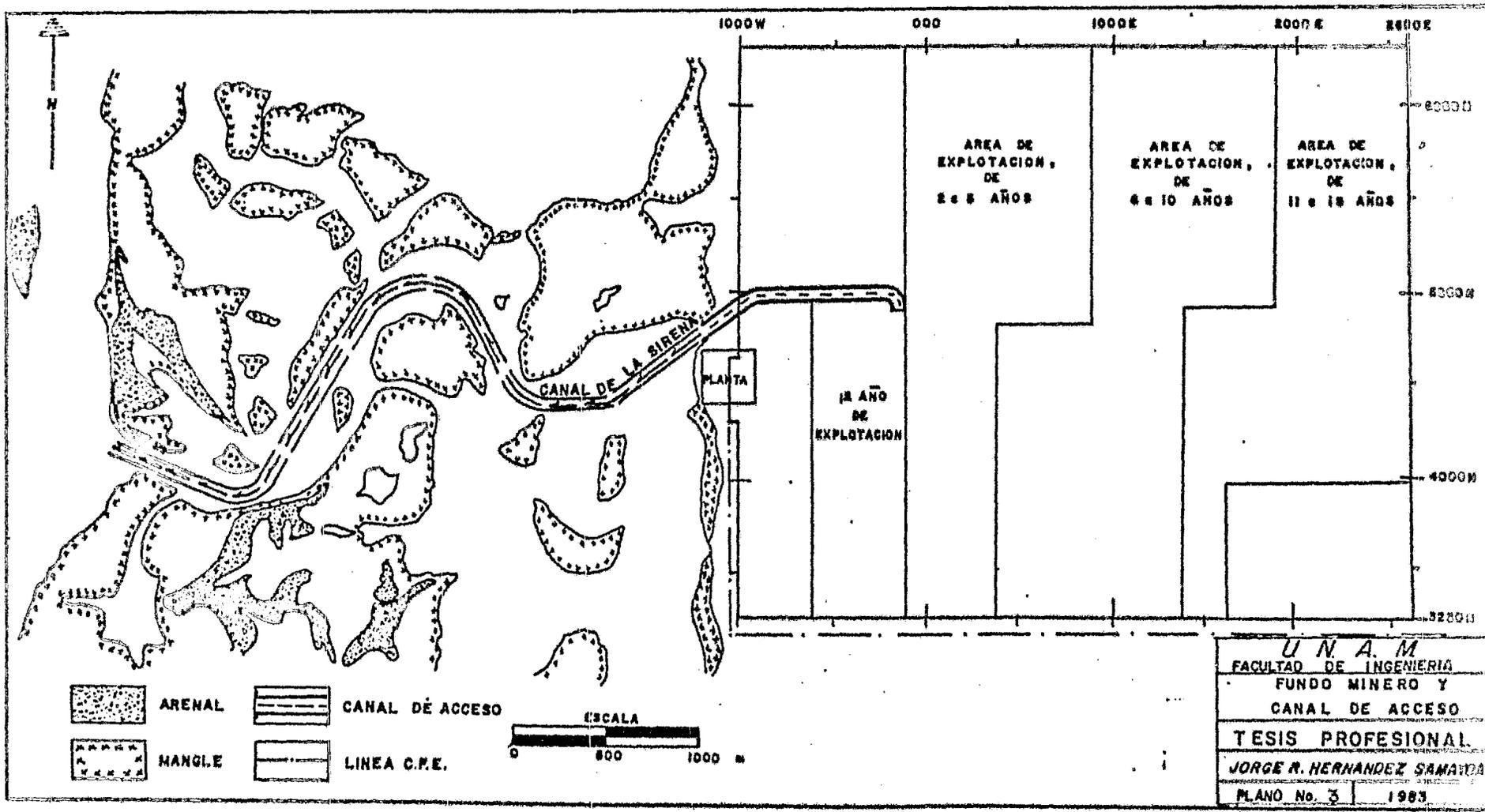
El área que tiene el mayor contenido de fosfatos - se denominó Fundo Minero, representa casi el 1% del área total ocupada por el yacimiento y queda limitada por las coordenadas 3,230N a 6,400N y 1,000W a 2,600E. En esta zona se ubicaron reservas de mineral del orden de 459 millones de toneladas con una ley media de 4.05% de P_2O_5 .

II. 3.- EXPLORACION EN LA ZONA FUNDO MINERO

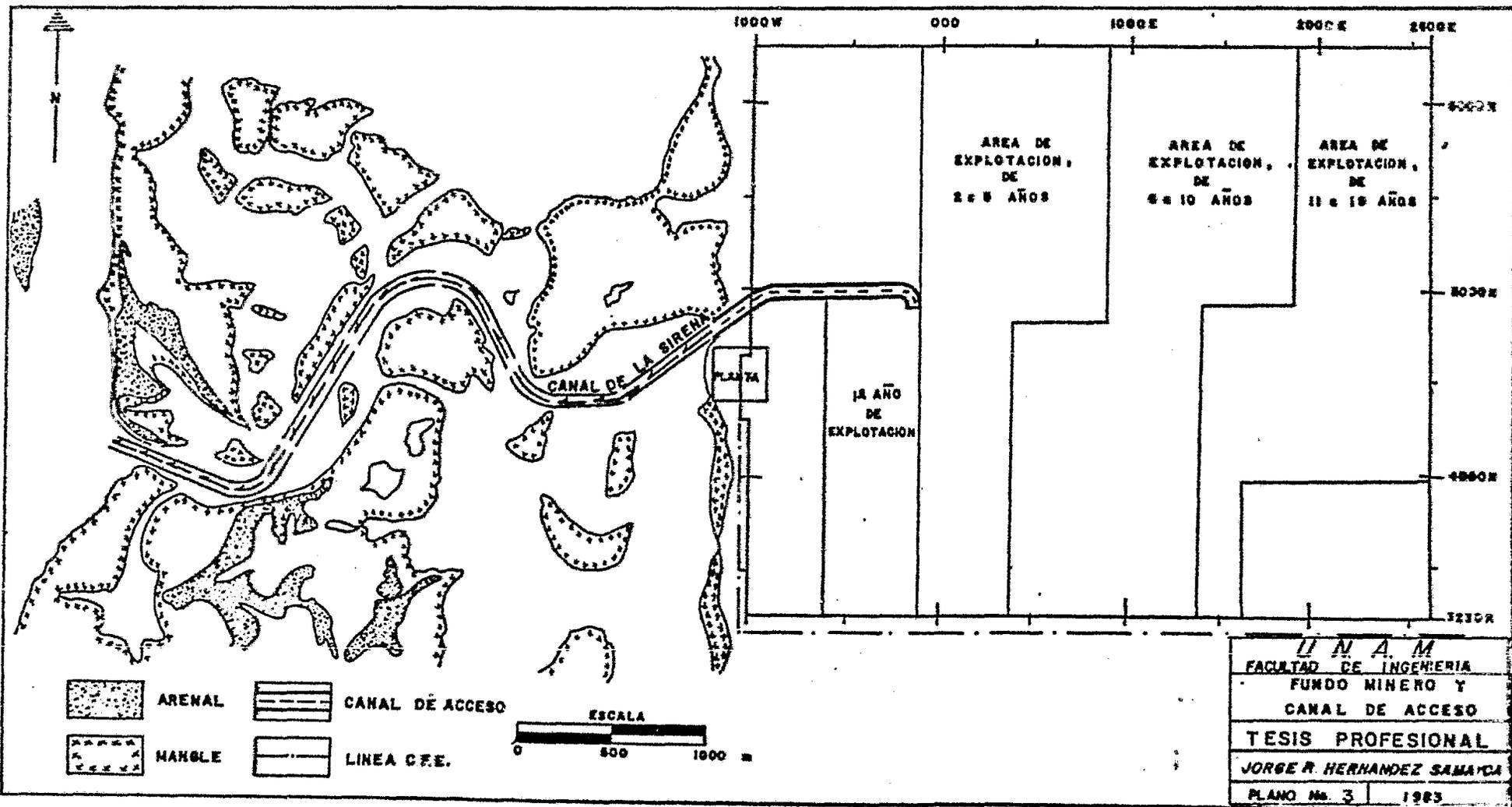
Esta zona se subdividió en 4 áreas con el objeto - de programar su exploración y explotación. Estas áreas fueron: 1er año de explotación, 2 a 5 años, 6 a 10 años y 11 a 19 años. (Ver Plano No. 3)

En el Fundo Minero se inició posteriormente otro - programa de exploración a detalle por medio de barrenación con una retícula cuadrada de 100 m por lado y una profundidad de los barrenos de 30 m. Esta barrenación se concluyó en el área 1er año de explotación y se desarrolló parcialmente en el área 2 a 5 años.

Simultáneamente con esta exploración se desarrolló el canal de acceso hacia el área 1er año de explotación. En este desarrollo del canal se tuvieron los primeros problemas de dragado debido a la presencia de material competente, lo cual obligó al Departamento de Geología de Rofomex a la realización del "Programa de barrenación para detectar la coquina", programa con el cual se determinó que además de las arenas en el yacimiento se tenía la existencia de 8 tipos de materiales competentes, a saber: Coquina conglomerática, Coquina arenosa, Calcarenita coquinoide, Arenisca coquinoide, Arenisca Suave, Arenisca Suave arcillosa, Arcilla arenosa y



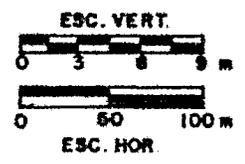
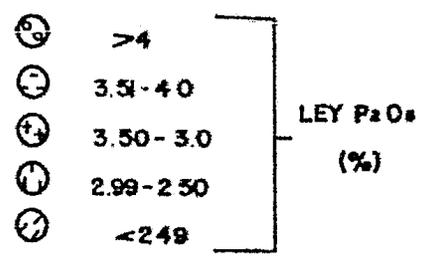
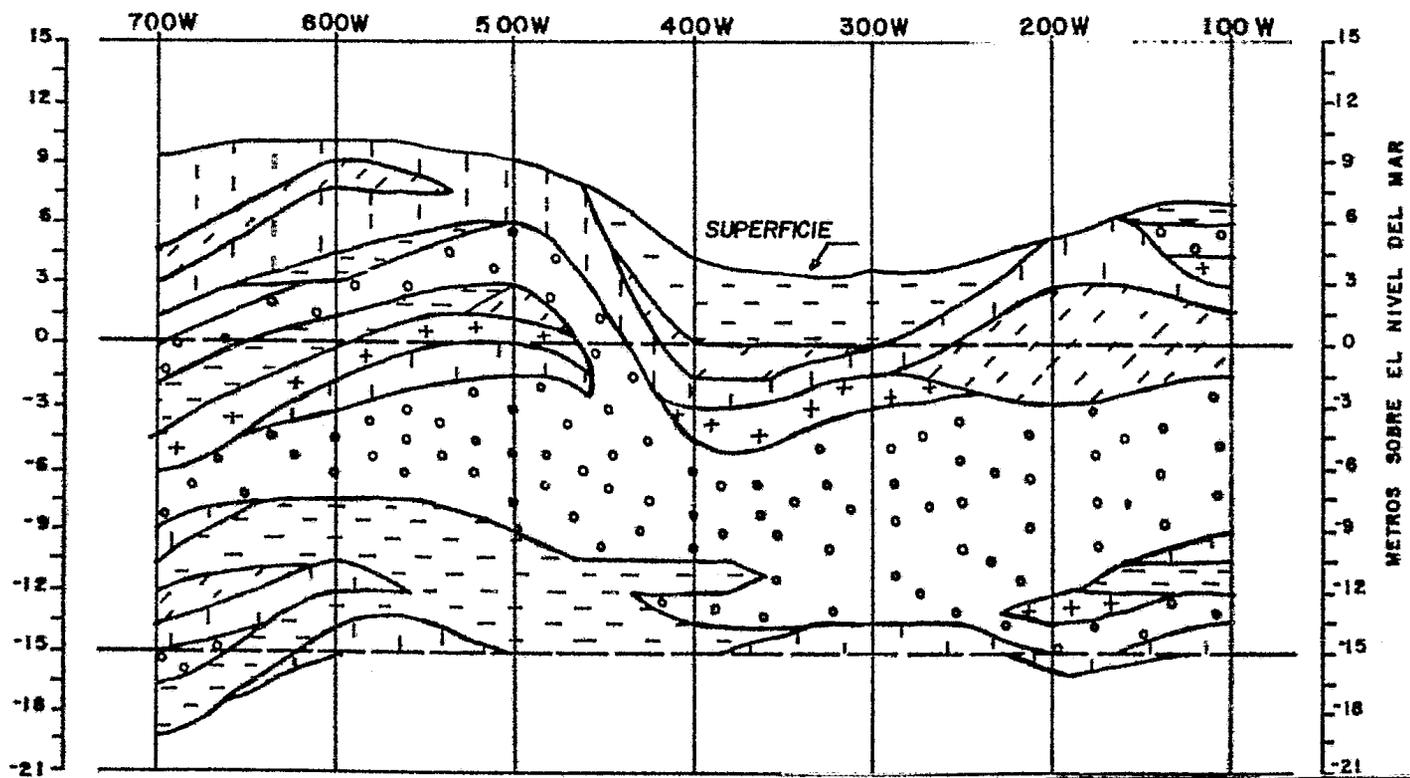
U N A M
 FACULTAD DE INGENIERIA
 FUNDO MINERO Y
 CANAL DE ACCESO
 TESIS PROFESIONAL
 JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA
 PLANO No. 3 | 1983



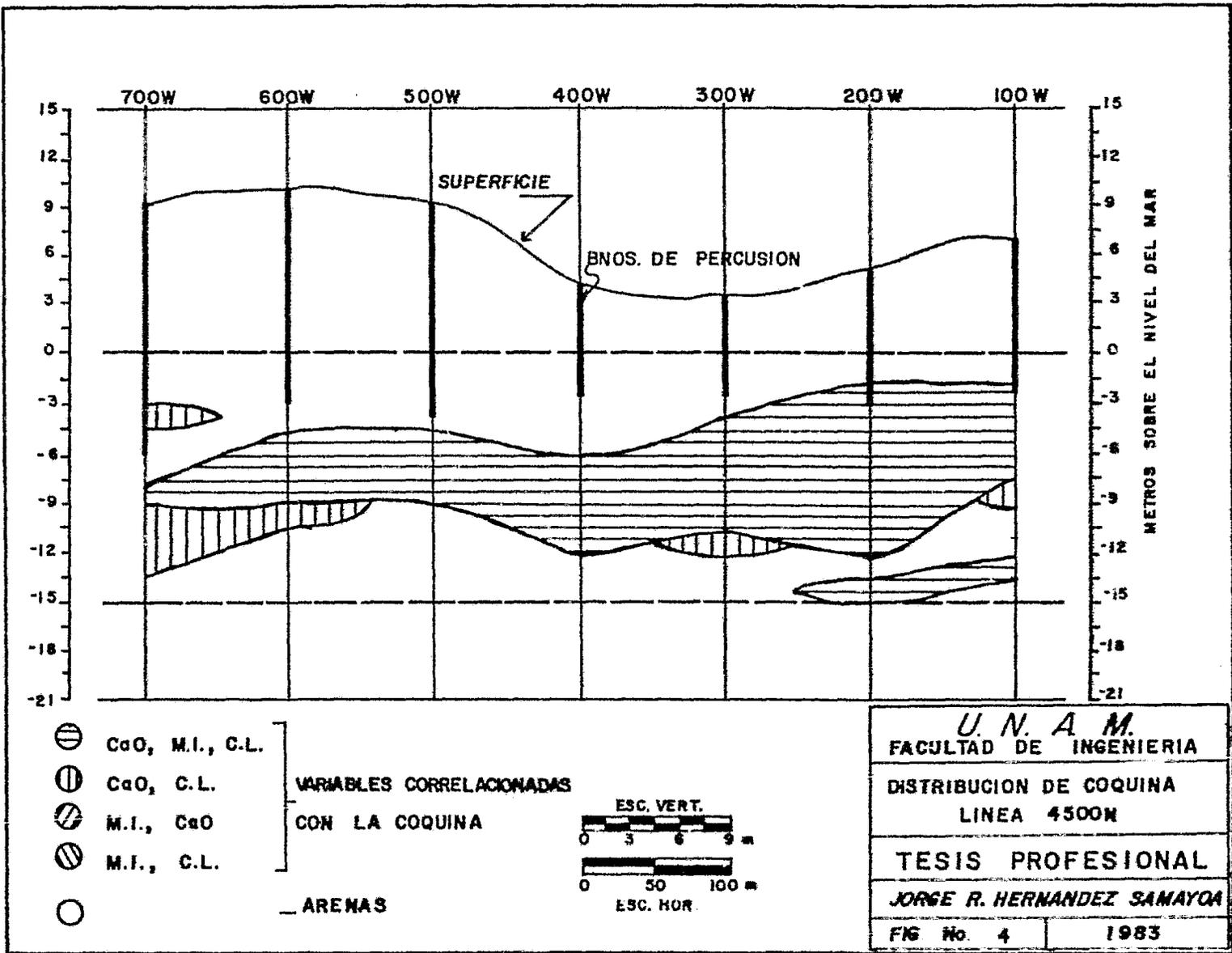
Arcilla: representando los materiales coquinoides el 29.72% en peso del total de la zona Fundo Minero, equivalentes a - 119'824,320.6 ton. (Ver Figs. Nos. 3 y 4).

Debido a estos resultados obtenidos, Rofomex orientó la exploración en el Fundo Minero hacia la localización de los bancos de arena que fuera posible minar sin tener dificultades en el dragado debido a la presencia del material competente. En la zona "1er año de explotación" se delimitaron 2 bancos de arena con profundidades de 3 y 4.5 m bajo el nivel del mar. El primer banco está formado por 2 cuerpos y tiene 6'865,898.9 ton de arena con una ley media de 3.8% de P_2O_5 . El otro banco está constituido por 3 cuerpos con -- 3'394,997.86 ton y una ley media de 3.81% de P_2O_5 . Debido a que ambos bancos se localizan en la misma zona, el tonelaje total se reduce a 7'230,028.4 ton, con una ley media de las arenas de 3.8% de P_2O_5 .

En vista del escaso tonelaje cubicado, (comparado con el ritmo de explotación planeado de 50,000 ton/día), se desarrolló otro estudio de exploración con el fin de localizar los bancos de arena en una zona incluida dentro del área 2 a 5 años de explotación. Esta zona se denominó "Zona Arenas" y está limitada por las coordenadas 4,000N a 5,000N y 000 a 600E. Se manejaron 2 alternativas de exploración. La primera determinó la localización del banco de arena limitado por la profundidad de 15 metros bajo el nivel del mar, (m.b.n.m.), lográndose cubicar 9'089,427.9 ton de arenas con una ley de 3.46% de P_2O_5 . La segunda alternativa exploró la localización de los bancos de arena con fondo variable, siendo el mínimo de 3 m.b.n.m. y el máximo 15.0 m.b.n.m.; lográndose cubicar 17'754,213.1 ton con una ley media de 3.44 % de P_2O_5 .



U. N. A. M.
 FACULTAD DE INGENIERIA
 DISTRIBUCION DE LEYES PzOs
 LINEA 4500N
 TESIS PROFESIONAL
 JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA
 FIG. No. 3 | 1983



Rofomex encargó también a una empresa consultora - la realización de un estudio geofísico de sismología de refracción en el área que abarca el Fundo Minero y 500 m más - hacia el oriente. Dicho estudio tuvo como objetivo localizar las "capas duras" y establecer las profundidades a las que se encuentran. Los resultados a que se llegaron fueron correlacionables con los obtenidos por geología y vinieron a confirmar la presencia de la "capa dura" a 3 m.b.n.m. en la zona ler año de explotación. Además, se determinó junto a esa zona, otra en la cual la "capa dura" está abajo de los - 15 m.b.n.m., la cual coincide parcialmente con los bancos de arena localizados anteriormente por geología.

El presente año (1983), se orientó la exploración en el Fundo Minero hacia la búsqueda de bancos de arena localizados hacia el Oriente de los ya conocidos. Se delimitó la "Zona Cardones" que tiene un tonelaje de 146'097,250 ton y una ley media de 3.11% de P_2O_5 , y abarca una área de --- 4'000,000 m².

La exploración geológica se orienta actualmente -- hacia la comprobación de estos últimos resultados obtenidos.

II. 4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

--El yacimiento de Roca Fosfórica de Santo Domingo se localiza a 220 km hacia el NW de la ciudad de La Paz, en Baja California Sur. Abarca una área paralela a la costa, de 70 km de longitud y 20 km de ancho. Está limitado hacia arriba por la superficie del terreno y tiene una profundidad económicamente explotable de 15 m bajo el nivel del mar.

--Este yacimiento se encuentra dentro de arenas del Reciente que se supone fueron depositadas durante el Cuaternario en una discordancia erosional sobre la Formación ---

Salada del Plioceno. Se ha aceptado que su depositación -- ocurrió en un ambiente cercano a la costa, durante un período de relativa estabilidad tectónica, estando la plataforma de depósito frecuentemente expuesta a cambios eustáticos en el nivel del mar.

--Este depósito está constituido por los minerales Fluorapatita y Francolita, (minerales que tienen la forma de intraclastos y oolitos), que se encuentran dentro de arenas constituidas por cuarzo, calcita, feldespatos, -- minerales pesados y fragmentos de roca.

--Se ha determinado en el yacimiento la presencia de un material competente al que se ha denominado coquina, material que está compuesto por conchas de moluscos dentro de una matriz arenosa, estando cementadas las conchas por calcita.

--La exploración del yacimiento se orientó inicialmente hacia la cubicación de reservas de mineral, interpretándose a la coquina como pequeñas lentes aisladas. Como resultado de esa exploración se delimitó la zona -- con las más altas leyes de P_2O_5 , zona que se denominó Fundo Minero.

--El Fundo Minero se subdividió en 4 áreas con el objeto de planear su exploración y posterior explotación. Estas áreas se denominaron del 1er año de explotación, 2 a 5 años, 6 a 10 años y 11 a 19 años. Los resultados obtenidos con la exploración inicial se observan en el Cuadro -- No. 1.

--La reinterpretación de la localización y distribución de la coquina se hizo en base a la determinación de la correlación existente entre este material y parámetros -- definidos por los análisis químicos hechos a las muestras -- obtenidas durante la barrenación de exploración. Estos --

parámetros determinantes fueron límites establecidos para -- los porcentajes de calcita libre (C.L. mayor de 6.82%), materia insoluble (M.I. menor de 72.35 %), y Calcio (CaO mayor -- de 11.51 %), reportados por los análisis químicos practicados a las muestras.

--Se ha definido que la coquina no sigue ningún -- patrón de distribución y se le encuentra en toda la zona. -- Es más abundante abajo del nivel del mar, sin embargo arriba de este nivel se encuentran algunas lentes pequeñas y -- aisladas. Los espesores de los cuerpos de coquina son variablas, y oscilan desde lentes de 1.5 m hasta capas bien definidas de 10 m de espesor.

--No se ha determinado ninguna correlación estrecha entre la distribución de la coquina y la distribución de las leyes en el yacimiento. El resumen de los resultados obtenidos para la determinación de la abundancia de este material se tiene en el Cuadro No. 2

--En vista de la dificultad que representa la coquina para la operación de dragado, debido a su consistencia, se orientó la exploración posteriormente hacia la determinación de los bancos de arena que fuera posible minar sin teneer la presencia de la coquina. El resumen de los resultados obtenidos con esta exploración se presenta en el Cuadro No. 3

--La determinación de la coquina y los bancos de -- arena en el yacimiento se hizo de una forma indirecta, y tomando como base los resultados de los análisis químicos practicados a las muestras colectadas durante la barrenación. -- A la coquina determinada de esta manera se le dio una confiablabilidad en su ocurrencia del 80% de acuerdo con la comprobación hecha para tal efecto.

RECOMENDACIONES

-- En vista de la importancia que tiene la coquina para la planeación y explotación del yacimiento, se recomienda una comprobación física mayor de los resultados obtenidos en cuanto a la localización, cuantificación y distribución de la coquina; que tenga por objeto una determinación más objetiva de la confiabilidad de estos resultados y los de la definición de los bancos de arena.

CUADRO No. 1

RESULTADOS DE LA EXPLORACION INICIAL

ZONA	SUPERFICIE (km ²)	SUPERFICIE (%)	LOCALIZACION (coordenadas)	TONELADAS (Millones)	LEY P ₂ O ₅ (%)
Yacimiento de Santo Domingo	1,400	100	Baja California Sur entre los paralelos 24 ^o y 26 ^o de latitud Norte.	25,000	3
Prados Elenas y Elenas	52.5	3.75	2,000S a 13,000N y 1,000W a 2,600E	1,400	4
Fundo Minero	11.41	0.82	3,230N a 6,400N y 1,000W a 2,600E	459	4.05

CUADRO No. 2

ABUNDANCIA DE COQUINA

ZONA	ARENAS Y COQUINA (ton)	PESO (%)	COQUINA (ton)	PESO (%)
Fundo Minero	403'221,088	100	19'824,320	29.72
Primer año de minado	19'559,489	4.85	12'002,506	61.36
Arenas	15'754,213	3.91	1'709,032	10.98

TIPO DE BANCO	LOCALIZACION	TONELADAS	LEY P ₂ O ₅ (%)
Banco a 3.0 m de profundidad bajo el nivel del mar (b.n.m.)	Zona primer año de minado	6'865,898.9	3.8
Banco a 4.5 m de profundidad b.n.m.	Zona primer año de minado	3'394,997.8	3.81
GRAN TOTAL	Zona primer año de minado	7'230,028.40	3.8
Banco con fondo constante a 15 m de profundidad b.n.m.	5,000N a 4,000N y 000 a 600E	9'089,427.9	3.46
Banco con fondo variable, mínima profundidad de 3.0 m y máxima de 15 m b.n.m.	5,000N a 4,000N y 000 a 600E	15'754,213.1	3.44
Zona Cardones	3,500N a 5,500N y 000 a 2,500E	146'097,250	3.11

CAPITULO III

SELECCION DEL SISTEMA DE MINADO

III. 1.- ALTERNATIVAS DE MINADO CONSIDERADAS

Los estudios que realizó Rofomex para seleccionar el sistema de minado más conveniente para la explotación del depósito se realizaron tomando en cuenta las características físicas del yacimiento.

De acuerdo con la baja ley del yacimiento y la magnitud de sus reservas, se hizo la consideración de que el método que se escogiera debería realizar una explotación a gran escala, para obtener de esa manera una producción que hiciera costeable la operación. Por tal razón, se estableció un ritmo de producción diaria de 50,000 toneladas.

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados, se plantearon varias alternativas de minado a cielo abierto, en las cuales el equipo principal de producción lo constituyeron:

- Ruedas Excavadoras
- Escrepas
- Palas
- Draglines
- Dragas

Los equipos auxiliares que se necesitarían para el minado con los diseños elaborados estaban formados por tractores, cargadores y camiones para el transporte del mineral explotado y de acuerdo con cada caso particular.

Posteriormente se hizo la evaluación técnico-económica de las alternativas de minado propuestas.

III.2.- EVALUACION TECNICO-ECONOMICA

Considerando que el yacimiento se encuentra en la línea de costa y parcialmente bajo el nivel del mar, se llegó a la conclusión de que con el uso de los cuatro primeros equipos de producción antes mencionados sólo sería posible trabajar por arriba del nivel del mar, debido a que por abajo de este nivel se tendría la presencia del agua filtrada que dificultaría la operación de dichos equipos. Además, se consideró como una posibilidad el hecho de que estos equipos se enterrarán a sí mismos durante la explotación, a causa de la inestabilidad en la excavación de las arenas.

Por otra parte, las dragas irán flotando en el lugar de la excavación y podrán trabajar fácilmente abajo del nivel del mar, sin que el agua filtrada constituya un obstáculo para su operación.

El sistema de minado hidráulico representó la alternativa de diseño más simple. Además de las dragas necesitará de un mínimo de equipo auxiliar en la operación.

Con el método del dragado se simplificará la transportación del mineral, operación que se realizará por medio de las tuberías de descarga del equipo, con lo cual se eliminará el cargado de este mineral y el acarreo convencional -- por medio de camiones.

Con este método se obtendrá la productividad por hombre más alta, comparada con la de las otras alternativas planteadas.

La única preparación que necesita este sistema de minado es el dragado de un canal de acceso hacia la zona del inicio de la explotación.

El dragado arrojó también los costos de operación y mantenimiento más bajos comparados con los de las otras -- alternativas.

III. 3.- SISTEMA DE MINADO SELECCIONADO

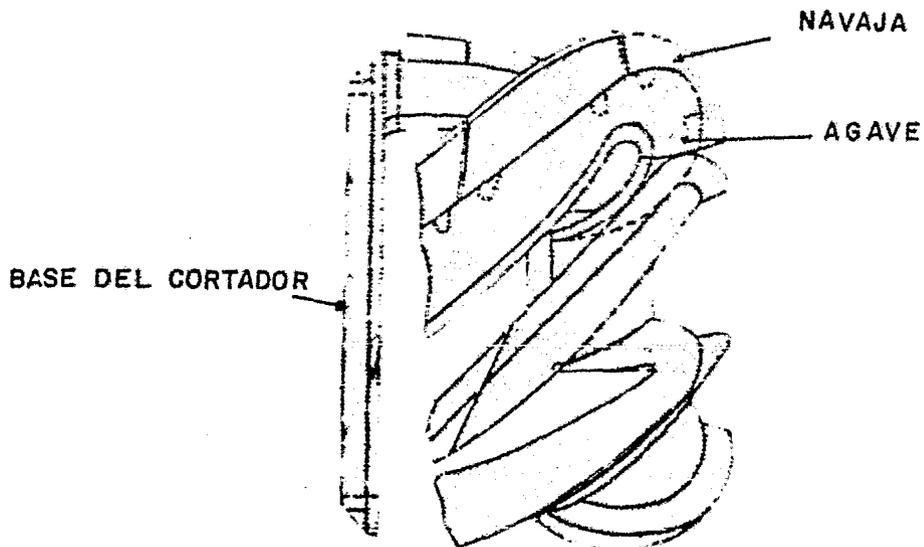
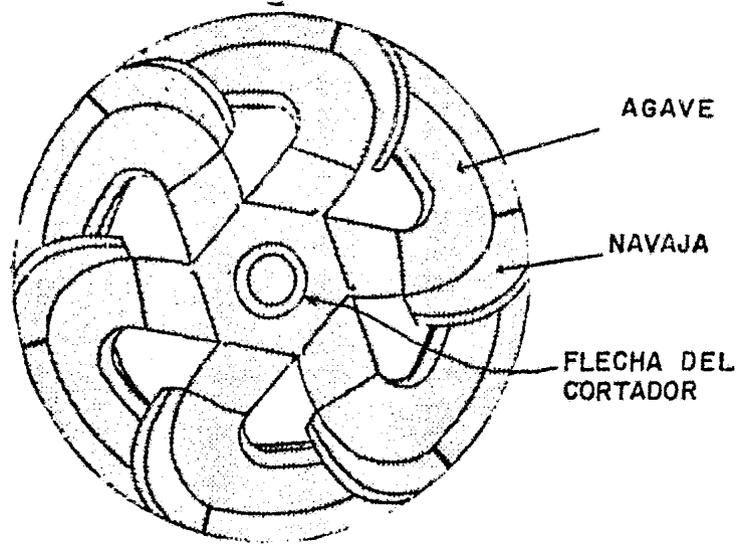
Con base en los resultados del estudio de evaluación técnico-económica, se llegó a concluir que el método más apropiado para realizar la explotación del yacimiento de fosforita era el Minado Hidráulico con el uso de dragas.

Rofomex realizó otro estudio para determinar el tipo de dragas más apropiado para la operación y prefirió el uso de dragas de succión con cortador hidráulico al de dragas con cortador de canjilones tomando en cuenta la naturaleza suelta del material a explotarse y por representar las primeras los costos más bajos. Así se determinó que la explotación del yacimiento se realizaría por medio de 2 dragas de succión con cortador hidráulico, con diámetros de tubería de succión y descarga de 27" y 24" respectivamente. Sin embargo, fue durante la preparación para la explotación que se llegó a determinar que la coquina llega a constituir capas bien definidas y perfectamente cementadas, y en cambio, no formaba lentes pequeñas y aisladas como se supuso al momento de seleccionar el equipo de dragado.

III. 4.- PRINCIPIO DE CORTE DE LAS DRAGAS.

El elemento de corte de las dragas lo constituye el cortador. En la Unidad Santo Domingo se usa un cortador tipo Canasta, el cual está formado por 6 hojas de acero que se denominan ágaves y van desde la flecha del cortador hacia la base del mismo. (Ver Fig. No. 5)

En la parte frontal y de ataque de estos ágaves están dispuestas una navajas que constituyen partes intercambiables del cortador y son las que realizan el corte propia-



U N A M.
FACULTAD DE INGENIERIA

CORTADOR Y SUS PARTES

TESIS PROFESIONAL

JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA

FIG No. 5

1983

mente. Existen varios tipos de navajas que fueron diseñadas para realizar operaciones específicas de dragado. En esta operación se usaron navajas con portadientes y dientes. Se tienen ágaves de 6 y 7 dientes que se encuentran dispuestos en forma alterna. Los dientes se fijan a las navajas por medio de pasadores. El cortador es accionado por 2 motores hidráulicos y gira transversalmente a la dirección del avance de la draga.

Al girar el cortador sobre el material a dragarse se hacen incidir los dientes sobre este material, con lo cual se produce el efecto de corte. Una vez cortado el material es succionado por medio de la bomba principal de la draga a través de la tubería de succión de la draga y enviado luego hacia la descarga por medio de la tubería de descarga de la draga.

III. 5.- CONCLUSIONES

--El estudio de selección del sistema de minado -- realizado por Rofomex tomó como uno de los elementos de diseño la consideración de que el yacimiento estaba formado por arenas y lentes pequeñas y aisladas de coquina; estudios -- posteriores y la experiencia de dragado han llegado a establecer que la coquina constituye capas perfectamente definidas y cementadas.

--Para la selección del sistema de minado más conveniente se plantearon y evaluaron varias alternativas de explotación a cielo abierto, en las cuales es equipo principal de producción lo constituyeron ruedas excavadoras, escrepas, palas, draglines y dragas.

--Para el corte de materiales cementados, como lo

es el caso de la coquina, es más apropiado el uso de dragas con cortador de canjilones, en las cuales el ataque del material a cortarse es paralelo a la dirección de avance del equipo.

--El dragado hidráulico fue el método de minado -- más simple, comparado con las otras alternativas planteadas, sin embargo, México tiene una experiencia mínima en este tipo de operación.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DEL EQUIPO DE DRAGADO

IV. 1.- DESCRIPCION GENERAL Y ESPECIFICACIONES DE LAS DRAGAS
ELLICOTT 3000 E

A continuación se describen las partes principales que constituyen las dragas, así como las especificaciones de las mismas. (Ver Fig. No. 6)

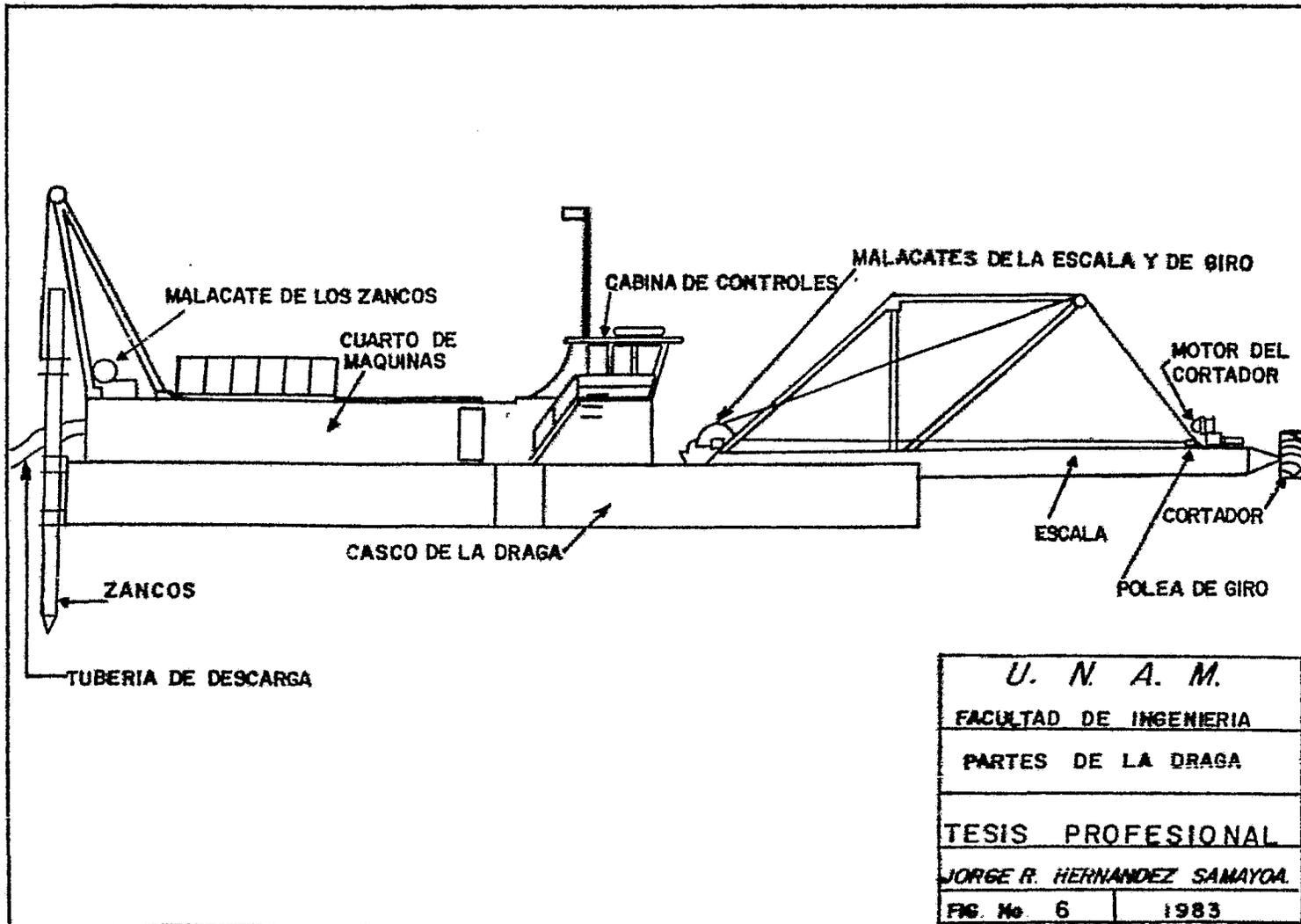
Las dragas escogidas para la explotación del yacimiento fueron marca Ellicott, diseñadas y construidas por -- Ellicott Machine Corporation, U.S.A., serie 3000 E, modelo -- Super Dragón. No son auto-propulsadas, y sólo son transportables con la ayuda de remolcadores que se emplean como equipo auxiliar para impulsarlas.

El casco de las dragas consiste básicamente de 3 -- secciones de flotadores conectados entre sí. El del centro soporta la maquinaria de dragado, mientras que los dos laterales ayudan a la flotación y tienen compartimientos para -- lastrar la draga.

Sus 2 motores principales son eléctricos: uno -- acciona la bomba de succión y el otro le da potencia al sistema hidráulico que mueve al cortador, a la escala y a los -- sistemas de giro y de los zancos.

La cabina de controles se ubica en la parte supe-- rior de la draga. Allí se tiene el tablero de controles, -- mismos que pueden accionarse manualmente y facilitan el control de la operación de dragado.

La escala de la draga está articulada horizontal-- mente en la parte delantera central del casco, y puede ser -- bajada o subida fácilmente.



En el extremo de la escala se encuentra el cortador hidráulico de velocidad variable. Este mecanismo corta el material de la frente de explotación, mismo que luego es succionado por medio de la bomba y enviado a través de una tubería de 24" de diámetro hacia el lugar de descarga.

El giro de la draga sobre los zancos, se realiza mediante el tirón de dos cables de acero, que pasan a través de sendas poleas, mismas que acoplan a unas anclas enterradas en suelo firme a los lados opuestos de la draga, (babor y estribor). (Ver Fig. No.7)

En el extremo de la popa del flotador central se encuentran instalados dos zancos tubulares. Cada zanco tiene varias perforaciones de ajuste de posición a diferentes alturas, en las cuales se pueden colocar pasadores de cruce, para que los zancos puedan subirse o bajarse por medio de una abrazadera. Cada uno de los zancos es accionado individualmente mediante un malacate hidráulico, en cuyo tambor se enrolla un cable, que pasando por una estructura metálica, queda sujeto a la abrazadera antes mencionada.

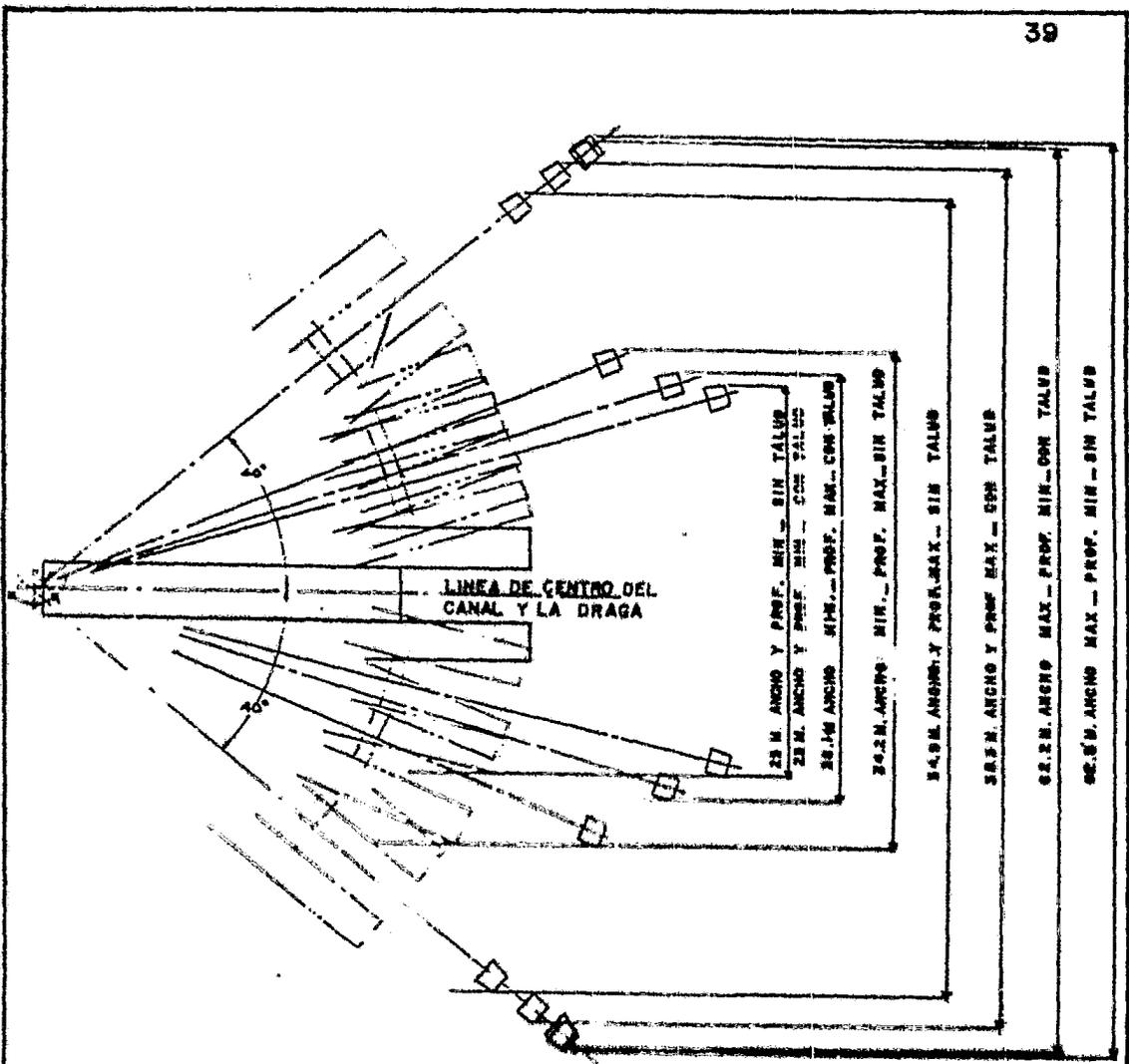
Las especificaciones de las dragas son las siguientes:

POTENCIA ELECTRICA NECESARIA PARA ACCIONAR LA DRAGA

Voltaje	4160 volts
Frecuencia	60 Hz
Fases	3
Amperaje a plena carga (Aprox)	360 Amp

CASCO

Largo (Eslora)	108' (32.9 m)
Ancho (Manga)	30' (9.1 m) adelante



U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CARACTERISTICAS DE BIRO DE LA DRAGA	
TESIS PROFESIONAL	
JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA	
FIG. No. 7	1983

Profundidad (Puntal)	26' (7.9 m) atrás
Peso aproximado	8' (2.4 m)
	251,000 lbs (113,832.2 Kg)

MOTORES PRINCIPALES

Motor eléctrico, bomba de succión	1,500 HP
Motor eléctrico auxiliar	800 HP

CORTADOR TIPO CANASTA

Potencia de la flecha	500 HP
Rango de velocidad de giro	0 - 25.6 RPM
Fuerza de corte:	
lb_f totales	27,000 lb_f (12,272.7 Kg_f)
Diámetro medio del cortador	84.7 " (2.15 m)
lb_f /pulg	550 (98.20 Kg_f/cm)
Número de ágaves	6
Número de dientes por ágave	6 & 7
Relación de reducción de velocidad	4.2
Diámetro de la flecha	10" (25.40 cm)
Número de motores	2

	MALACATES DELANTEROS: DOS DE GIRO, UNO DE LA ESCALA	
	GIRO	ESCALA
Potencia de la flecha, c/u	144	118 HP
Velocidad lineal	sobre la segunda	0-123 0-100 pies/min
		(0-37.5) (0-30.5) m/min
Fuerza de tiro lineal	cama de cable	36,350 36,350 lb_f
		(16,485) (16,485) Kg_f
Velocidad del malacate escala		17 pies/min (5.18 m/min)
Diámetro del cable	1" (2.54 cm)	1" (2.54 cm)
Número de tambores de c/ malacate	1	1
Capacidad de cable, c/tambor	1,000' (304.8 m)	1,000' (304.8 m)
Número de motores, c/ malacate	1	1

MALACATES TRASEROS DE LOS ZANCOS: UNO BABOR, OTRO ESTRIBOR		
Potencia de la flecha, c/u	115 HP	115 HP
Velocidad lineal	} sobre la segunda cama	33 - 98 pies/min (10.1-29.9 m/min)
Fuerza de tiro lineal		de cable 31,600 lb _f (14,331 Kg _f)
Velocidad del winche de los zancos	49 pies/min (14.9 m/min)	
Diámetro del cable	1" (2.54 cm)	
Número de tambores de c/malacate	1	
Capacidad de cable del tambor	510' (155.4 m)	
Número de motores de c/malacate	1	

GENERALES

Calado medio, condición de operación	5'	(1.5 m)
Profundidad de dragado	50'	(15.2 m)
Tubería de Succión:		
Diámetro interior	27"	(68.5 cm)
Diámetro exterior	28"	(71.1 cm)
Tubería de descarga:		
Diámetro interior	24"	(60.9 cm)
Diámetro exterior	25"	(63.5 cm)

PESOS

Peso del conjunto aproximado	720,000 lbs	(326,351 Kg)
Escala	115,700 lbs	(52,591 Kg)
Estructura	10,800 lbs	(4,898 Kg)
Estructura A	9,600 lbs	(4,354 Kg)
Estructura zancos	8,300 lbs	(3,764 Kg)
Zanco, c/u	27,200 lbs	(12,336 Kg)
Cabina de controles	7,000 lbs	(3,175 Kg)
Carcasa de la bomba de succión	16,300 lbs	(7,392 Kg)

CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL MATERIAL A DRAGARSE

Tipo de material a dragar	Arena
Diámetro medio del material	0.3 mm
Longitud de la tubería de descarga	450 m
Altura de descarga máxima	16.77 m

Profundidad máxima de dragado 15.0 m

CAPACIDAD NOMINAL DE DISEÑO DE CADA DRAGA

1,100 yd³/hr
850 m³/hr
1,100 ton/hr

IV. 2.- PRINCIPIOS DE OPERACION

La operación de las dragas se realiza mediante el accionamiento de los diferentes sistemas que las integran, los cuales son:

SISTEMA ELECTRICO

La electricidad es la fuente de energía con la que se trabajan las dragas. Se alimenta como corriente alterna desde una planta en tierra a 4,160 Volts. y 60 Hz por medio de un cable marino que llega hasta un interruptor de control de la draga. Este interruptor puede activar o desactivar la alimentación de tierra. De aquí se alimenta también un sistema de detección de fallas que es controlado manualmente.

Esta corriente alimenta posteriormente a los arrancadores no reversibles de los motores de la bomba principal de la draga y del sistema hidráulico.

Pasa luego a un transformador y alimenta posteriormente a un centro de control menor, que controla el circuito principal de interruptores y controles de arranque y paro -- del compresor de aire, ventilador, las 3 bombas de servicio y el pánel de controles de iluminación.

SISTEMA HIDRAULICO

El flujo de aceite en el sistema hidráulico acciona al cortador de las dragas y a los malacates (de giro, la escala y de los zancos).

El sistema hidráulico consta de 3 circuitos independientes; el circuito cerrado del cortador, el circuito cerrado de los malacates de giro y el circuito abierto de la escala y de los zancos.

Cada circuito tiene sus propios componentes a saber: filtros, enfriadores, instrumentación y depósitos de aceite independientes.

, El cortador es accionado por 2 motores hidráulicos de torque hidráulico fuerte y baja velocidad.

Cada uno de los malacates es accionado por un motor hidráulico que es movido por el flujo del aceite impulsado - por una bomba de desplazamiento variable o de engrane triple.

SISTEMA DE AGUA

Este sistema está integrado por 3 bombas que tienen las siguientes funciones:

La bomba No. 1 impulsa el agua a alta presión hacia la bomba principal de succión de la draga, desde el exterior y hacia el interior y con el objeto de que esta presión sirva de confinamiento y selle la bomba principal.

La bomba No. 2 descarga el agua de servicio necesaria para el cebado de la bomba de succión principal y para - el enfriamiento de los disipadores de calor de los circuitos hidráulicos.

La bomba No. 3 proporciona el agua necesaria para - el servicio de enfriamiento de la flecha del cortador.

SISTEMA DE AIRE

El aire comprimido empleado en las dragas tiene las siguientes funciones:

a) La operación de los cilindros de freno de los mala-

cates de la escala y los de giro.

b) Desconectar rápidamente el sistema de escapes de -
aire.

c) Operar el claxon opcional de aire.

El compresor usado es de dos pasos, es accionado -
eléctricamente y tiene un tanque de almacenamiento de 16 --
pies cúbicos. Puede trabajarse automáticamente y regularse
entre 90 y 120 PSI.

SISTEMA DE LA ESCALA Y LOS ZANCOS

El instrumento de corte de las dragas Ellicott está
constituido por la escala y el cortador que está localizado
en su extremo. La escala está formada por tres secciones de
acero que están conectadas entre sí y constituyen una verda-
dera estructura. El cortador, los motores y su flecha están
montados en la parte delantera de la escala, mientras que los
malacates de giro y de la escala se encuentran en la parte -
posterior de la misma.

La escala se une a los flotadores laterales por me-
dio de 2 pivotes ("trunnion bearings") de 10 " de diámetro -
situados uno a cada lado en su extremo posterior.

La tubería de succión de la escala se une al resto
de la tubería que está en la draga por medio de una manga de
caucho reforzado que tiene por objeto permitir el movimiento
de la escala libremente.

Las poleas de giro están hechas con un material "an
ti-fricción", con el objeto de lograr el menor desgaste en -
los cables de giro, evitar los atoramientos y servir como --
una guía útil a los tambores de los malacates de giro.

Los zancos son de sección tubular y tienen puntas -
de acero muy resistentes. Están diseñados para trabajar a -

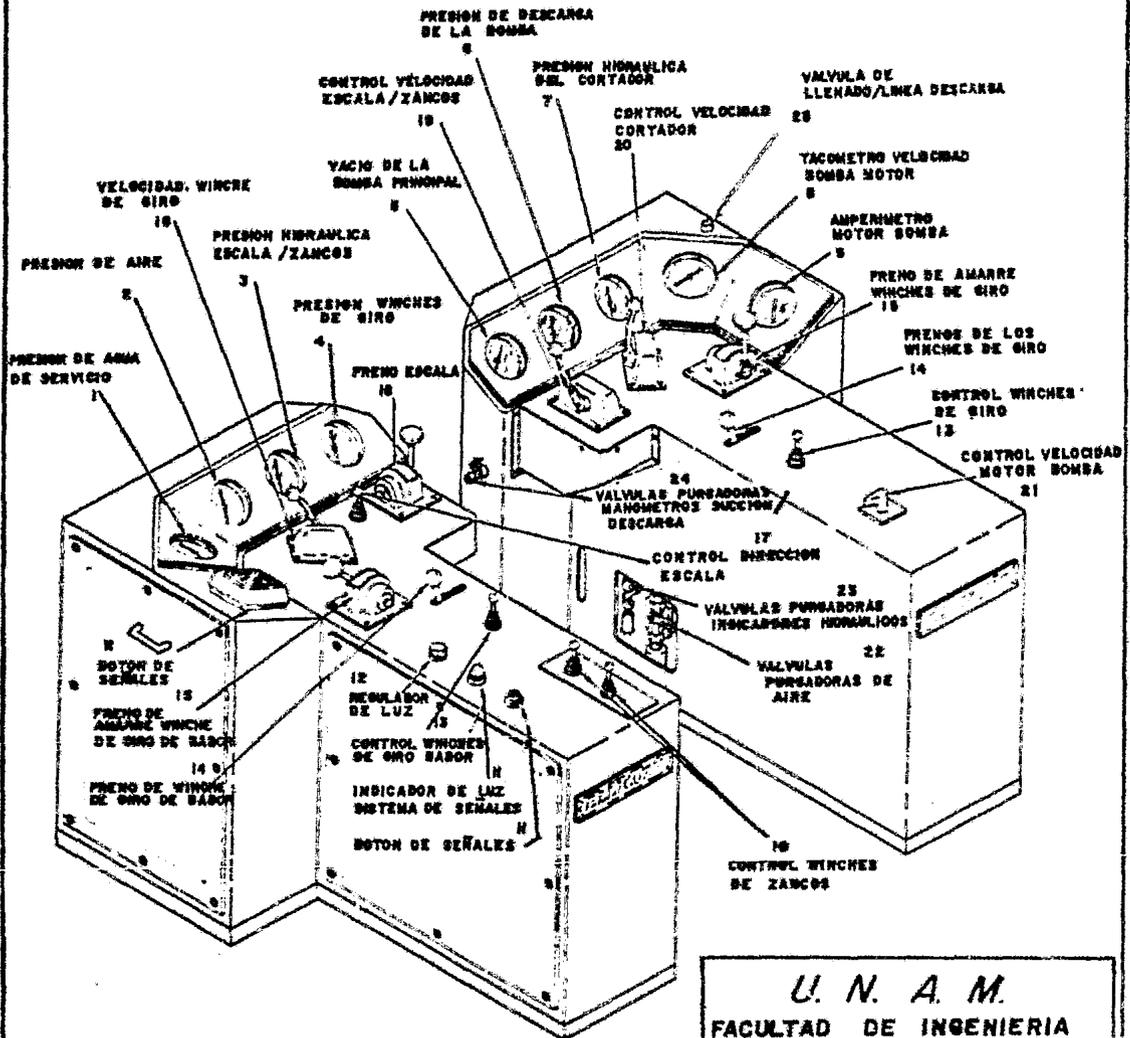
50 pies de profundidad. Su movimiento se controla por malacates similares a los de giro y desde la cabina de controles.

IV. 3.- CONTROLES Y MEDIDORES

Para realizar la operación de dragado en forma efectiva, es necesario verificar continuamente el correcto funcionamiento de los sistemas antes mencionados, actividad que se realiza mediante los controles y medidores de la cabina de controles y del cuarto de máquinas.

A.- Los controles y medidores que se tienen en la cabina -- de controles son los siguientes: (Ver Fig. No. 8)

1. Medidor de la presión del agua de servicio.
2. Medidor de la presión del aire.
3. Manómetro de la presión hidráulica de la escala y zancos.
4. Manómetro de la presión del motor del malacate de giro.
5. Manómetro de vacío de la bomba principal.
6. Manómetro de la presión de descarga de la bomba principal.
7. Manómetro de la presión hidráulica del cortador.
8. Tacómetro de la velocidad del motor de la bomba principal.
9. Amperímetro del motor de la bomba de la draga.
10. Palancas de control de los malacates de los zancos.
11. Sistema de señales del centro de control y del cuarto de máquinas.
12. Regulador de la intensidad de la luz.
13. Palancas de control de los malacates de giro de babor y estribor.
14. Palancas de los frenos hidráulicos de los malacates de giro de babor y estribor.
15. Palanca de los frenos de amarre de los malacates de giro de babor y estribor.
16. Palanca de la velocidad del malacate de giro.
17. Palanca del control de la dirección del movimiento de la escala.

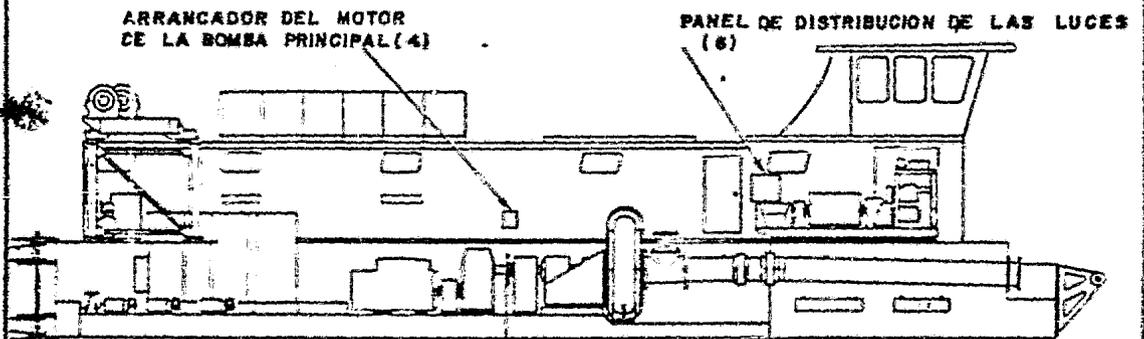
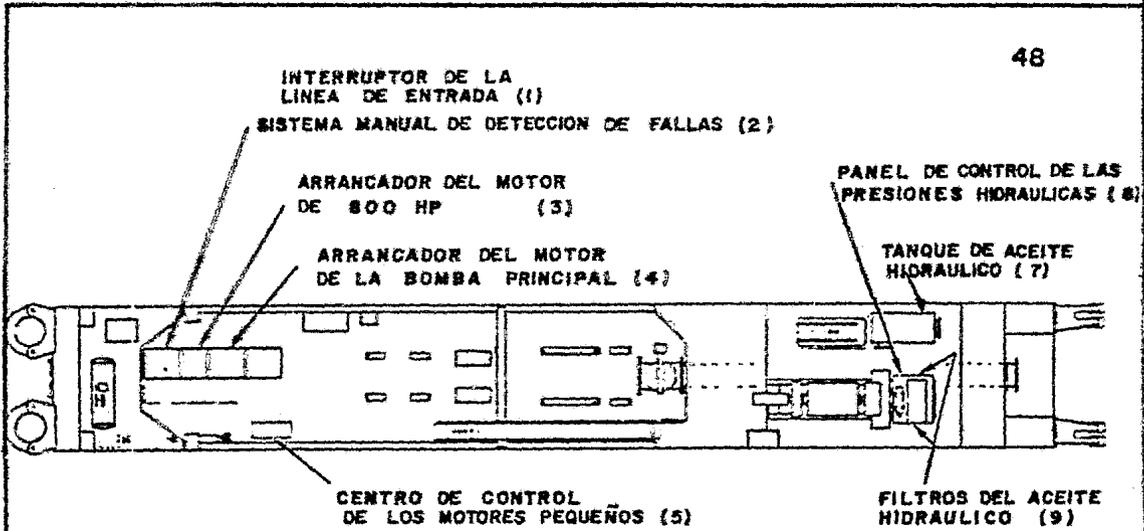


U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CABINA DE CONTROLES	
TESIS PROFESIONAL	
JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA	
FIG. No. 8	1983

18. Palanca del freno de la escala.
19. Palanca del control de la velocidad de la escala y los zancos.
20. Palanca de control de la velocidad del cortador.
21. Palanca de control de la velocidad del motor de la --
bomba.
22. Válvulas purgadoras de aire.
23. Válvulas purgadoras de los indicadores hidráulicos.
24. Válvulas purgadoras de los manómetros de succión y descarga.
25. Válvula de llenado de babor de la línea del manómetro de descarga.

B.- Los controles que se localizan en el cuarto de máquinas son los siguientes: (Ver Fig. No. 9)

1. Interruptor de la línea de entrada.
2. Sistema manual de detección de fallas.
3. Arrancador del motor de 800 HP.
4. Arrancador del motor de 1,500 HP.
5. Centro de control de los motores pequeños:
 - a. Centro de frenos
 - b. Compresor de aire
 - c. Ventilador de la casa de máquinas
 - d. Controles de arranque, marcha y apagado de la bomba de agua de servicio de la flecha del cortador
 - e. Controles de la bomba de agua de servicio de sello - de la bomba de succión de la draga
 - f. Controles de la bomba de cebado de la bomba principal de succión y del servicio de enfriamiento de los disipadores de calor de los circuitos hidráulicos
 - g. Interruptor del transformador primario
 - h. Interruptor del transformador secundario
6. Control de los interruptores de las luces de la draga.
7. Tanques del aceite hidráulico.



<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
CONTROLES DEL CUARTO DE MAQUINAS	
TESIS PROFESIONAL	
JORSE R. HERNANDEZ SAMAYOA.	
FIG. No. 9	1983

8. Pánel de control de las presiones hidráulicas.
9. Filtros del aceite hidráulico.

IV. 4.- OPERACION DE LAS DRAGAS

Las operaciones que se realizan continuamente en el Dragado son las siguientes:

VERIFICACION DE PRE-OPERACION

Esta verificación se refiere a la revisión de que todo el equipo esté en buen estado de funcionamiento, sin ninguna fuga de aceite, que no se tengan obstrucciones para el paso en los lugares de trabajo, revisión de los niveles de aceite y que todos los controles de la cabina de controles y cuarto de máquinas estén en su posición correcta.

OPERACIONES BASICAS DE DRAGADO

1. PROCEDIMIENTO INICIAL DE ARRANQUE

- Abrir la válvula principal del agua.
- Arrancar las 2 bombas auxiliares del agua de servicio.
- Arrancar el motor auxiliar de 800 HP .
- Arrancar el motor de la bomba principal de succión, teniendo el control de su velocidad al 60% de su capacidad.
- Checar el sistema hidráulico.

2. COLOCANDO LA DRAGA EN SU POSICION INICIAL

- Colocar la draga en la "línea de centro" del corte, (ayudarse con el equipo auxiliar).
- Desconectar los controles de freno de la escala y colocar los pasadores de cruce de los zancos convenientemente.
- Bajar la escala hasta que llegue al fondo.
- Bajar el "zanco de trabajo" hasta fijarlo en -

el fondo.

-Levantar la escala y fijar la posición de las anclas de giro.

3. VERIFICACION DE LA POSICION DE LAS ANCLAS DE GIRO

-Manteniendo la escala arriba del nivel del agua se gira la draga hacia babor y estribor, con el objeto de revisar que la posición de las anclas de giro haya sido fijada a una distancia suficiente para que sus cables no se intercepten con el cortador durante la operación. Este chequeo habrá que realizarlo constantemente durante la operación, y en el caso de que los cables obstaculicen al cortador, habrá que cambiar la posición de las anclas de giro.

4. CEBADO DE LA BOMBA PRINCIPAL (Ver Fig. No. 10)

-Abrir la válvula principal del agua.

-Arrancar los 2 motores principales de la draga.

-Bajar la escala hasta que el orificio de entrada del agua llegue a 1 ó 2 m debajo del nivel del agua.

-Asegurarse de que la válvula de la bomba de succión esté cerrada.

-Acelerar el motor al 90% de su velocidad.

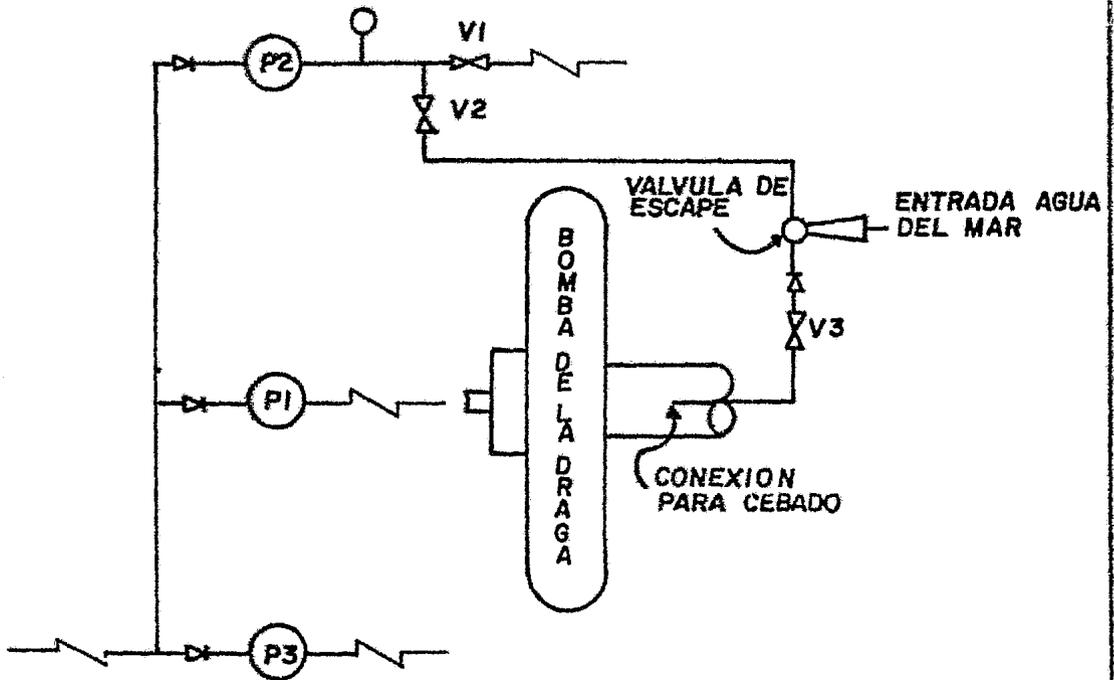
-Abrir las válvulas V-2 y V-3.

-Cerrar la válvula V-1 que controla el paso del agua de servicio hacia los enfriadores.

-Observar las lecturas de los manómetros de vacío y de descarga en la cabina de controles.

La bomba estará cebada cuando dichos manómetros estén estables y ya no oscilen sus lecturas.

-Cerrar las válvulas V-2 y V-3 y abrir la V-1.



U. N. A. M.

FACULTAD DE INGENIERIA

SISTEMA PARA EL CEBADO
DE LA BOMBA PRINCIPAL

TESIS PROFESIONAL

JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA

FIG. No. 10

1983

5. LOCALIZACION DEL MATERIAL A DRAGARSE

Ya que se realizaron las operaciones anteriores se baja la escala hasta observar un incremento notable en el manómetro de la presión de vacío, lo cual indicará su contacto con el material a dragarse.

6. GIRO DE LA DRAGA

La velocidad y la dirección de giro de la draga están controladas por las palancas de los frenos de los malacates de giro, frenos de los malacates del motor y la palanca del control de la velocidad de giro, la cual dependerá del tipo de material que se trabaja y de la habilidad -- del operador.

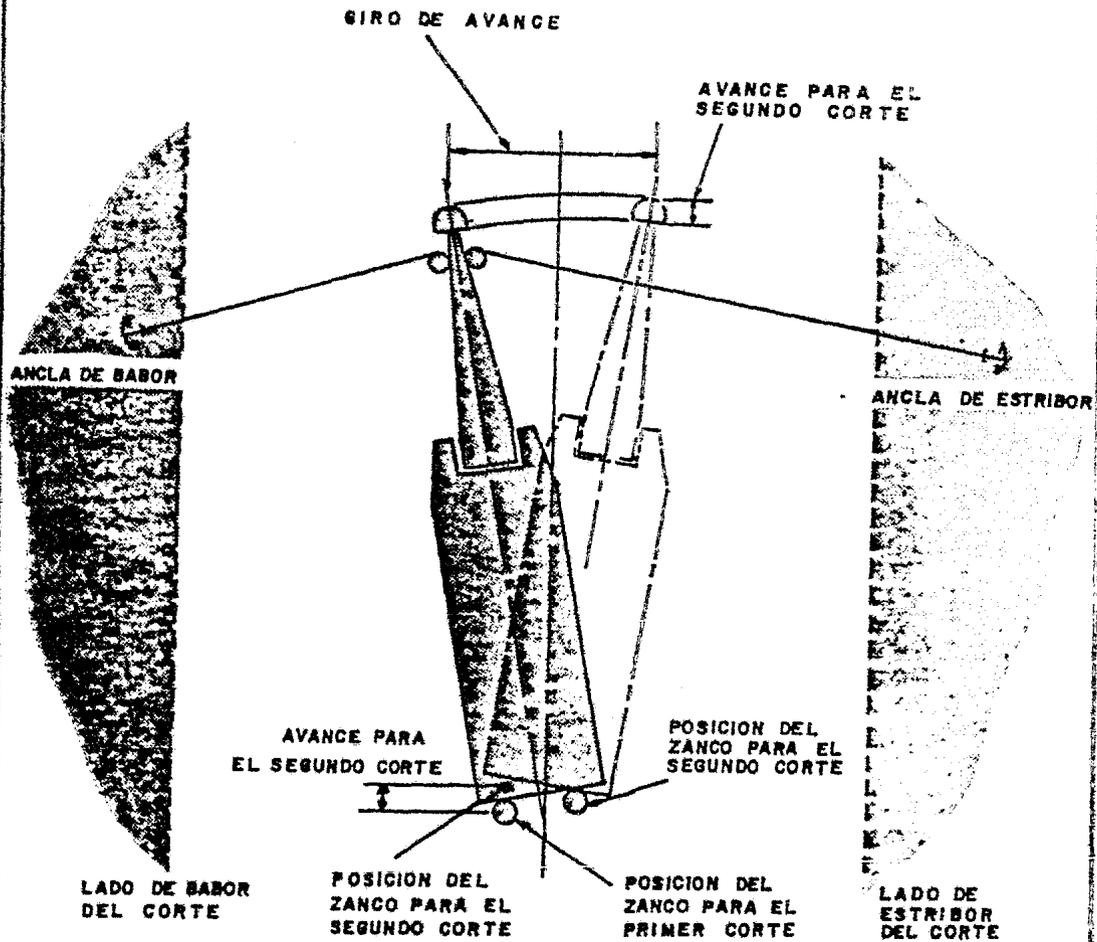
7. AVANCE DE LA DRAGA

Cuando ya ha sido alcanzada la profundidad de corte deseada se hace necesario avanzar la draga. Para ello se gira la draga hasta que el -- cortador esté en el extremo de babor de la "línea de centro". Se para el giro de la draga y se levanta la escala sobre el material a trabajarse, luego se baja el zanco de estribor y se sube el zanco de babor. Enseguida, se gira la draga hasta el extremo de estribor del corte -- que se va a realizar. Se para el giro, se baja el zanco de babor y se sube el de estribor. Así, la draga finalmente habrá avanzado y se -- podrá continuar la operación de dragado.

(Ver Fig. No. 11)

8. PARO DE LA DRAGA

-Levantar el cortador del material que se está excavando y bombear agua sola hasta que la tubería descargue todo el material transportado.
-Bajar la velocidad del motor de la bomba --



<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
AVANCE DE LA DRAGA	
TESIS PROFESIONAL	
<i>JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA</i>	
FIG. No. 11	1983

principal al 60% y parar el motor.

Activar los frenos de los malacates de giro.

-Levantar y asegurar la escala con su cable de seguridad.

Asegurar los malacates de giro y de la escala con el trinquete de cada uno de los tambores.

-Si se trabaja en una área de aguas tranquilas hay que levantar el zanco de trabajo y bajar el de estribor. Si es una zona de mareas considerables, hay que asegurar las anclas de giro y bajar los 2 zancos.

-Parar las bombas de agua de servicio y cerrar la válvula del agua de servicio general.

-Parar el motor auxiliar de 800 HP

-Usar las luces de seguridad de la draga, señalar los cables de las anclas de giro, la tubería de descarga y el cable de la alimentación eléctrica de la draga.

IV. 5.- CORTADORES Y DIENTES, Y MATERIALES CON QUE SE FABRICAN.

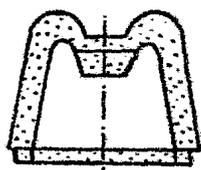
Los tipos de cortadores existentes en el Mercado Internacional son: Tipo Canasta, Tipo Araña, Tipo Canasta Modificada y Tipo Arco ("Slope Arc"). (Ver Fig. No. 12)

En el Mercado Internacional hay 5 tipos de Navajas disponibles para tareas específicas de dragado, y son los siguientes: (Ver Fig. No. 13)

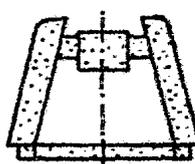
Navaja Plana: especial para trabajar en arenas, lodos y materiales no consolidados.

Navaja Plana Aserrada: fue diseñada para trabajar en materiales compactados y suaves.

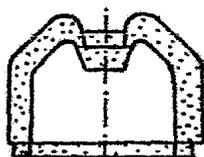
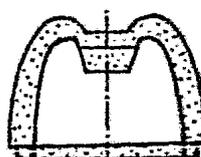
Navaja Aserrada: esta es especial para lograr altas producciones trabajando en materiales arcillosos, arcillas



TIPO CANASTA



TIPO ARAÑA

TIPO CANASTA
MODIFICADA

TIPO ARCO

<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TIPOS DE CORTADORES	
TESIS PROFESIONAL	
JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA	
FIG. No. 12	1983



NAVAJA PLANA



NAVAJA PLANA ASERRADA



NAVAJA ASERRADA



NAVAJA CON DIENTES FIJOS



NAVAJA CON PORTADIENTES

<i>U. N. A. M.</i>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TIPOS DE NAVAJAS	
TESIS PROFESIONAL	
<i>JORGE. R. HERNANDEZ SAMAYOA</i>	
FIG. No. 13	1983

gravosas, arenas consolidadas, calizas suaves, formaciones coralinas y otros materiales.

Navaja con Dientes Fijos: son usadas para dragar en caliza dura, formaciones coralinas y similares.

Navaja con Portadientes: Estas navajas son específicas para emplear dientes removibles en la operación de dragado.

Los diferentes tipos de dientes existentes en el Mercado Internacional son los siguientes: (Ver Fig. No. 14)

- Diente Largo de Punta
- Diente de Cincel
- Diente Trapezoidal
- Diente Delgado de Cincel
- Diente de Punta

Se fabrican de acero con una aleación especial de Níquel Cromo-Molibdeno, sometido a un tratamiento térmico especial para lograr mayor resistencia a la abrasión y al impacto.

IV. 6.- CONCLUSIONES

--Las dragas escogidas para el minado del yacimiento de Santo Domingo son marca Ellicott, Serie 3000 E y Modelo Super Dragón. El casco de las dragas consiste de 3 secciones de flotadores que soportan a toda la maquinaria de dragado.

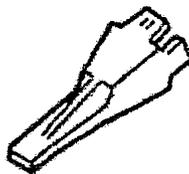
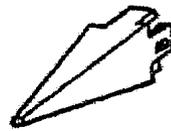
--El diseño de las dragas y sus sistemas fueron hechos para trabajar en materiales sueltos y poco compactos, del tipo de las arenas y las gravas. Trabajando en estos materiales se tiene especificada una producción de 1,100 ton/hr.



DIENTE LARGO DE PUNTA



DIENTE DE CINCEL

DIENTE TRAPEZOIDALDIENTE DELGADO
DE CINCEL

DIENTE DE PUNTA

U. N. A. M.
FACULTAD DE INGENIERIA

TIPOS DE DIENTES

TESIS PROFESIONAL

JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA

FIG. No 14

1983

--La fuente de energía con la que trabajan las dragas es la electricidad. Sus dos motores principales son eléctricos: uno de ellos acciona a la bomba de succión y el otro le da potencia al sistema hidráulico que acciona al cortador, y a los winches del cortador, de la escala, de giro y de los zancos.

--La operación de las dragas se realiza mediante el accionamiento de los diferentes sistemas que las integran, los cuales son: eléctrico, hidráulico, de agua y de aire.

--Los controles y medidores de la cabina de controles y del Cuarto de Máquinas permiten realizar la operación de dragado en forma efectiva mediante la verificación continua del funcionamiento correcto de los sistemas antes mencionados.

--El movimiento giratorio de las dragas se realiza sobre uno de los zancos y con la ayuda de las poleas de giro, con lo cual es posible trabajar un canal de 62.8 m de ancho máximo. Los zancos constituyen el sistema de fijación de la draga al fondo del canal, y junto con el sistema de giro hacen posible el avance de la draga.

--El elemento principal de corte de las dragas está constituido por el cortador que está localizado en el extremo de la escala. Es accionado por 2 motores hidráulicos. Es Tipo Canasta y tiene Navajas con portadientes y Dientes de Cincel.

--Los tipos de cortadores existentes en el Mercado Internacional son: tipo Canasta, tipo Araña, tipo Canasta modificada y tipo Arco.

--En el Mercado Internacional existen 5 tipos de navajas para los cortadores. Estas navajas fueron diseñadas para trabajos específicos de dragado, y son las siguientes

tes: navaja plana, navaja plana aserrada, navaja aserrada, navaja con dientes fijos y navaja con portadientes; incrementándose su capacidad para trabajar sobre materiales de mayor dureza, mayor compacidad y mayor cementación, en el orden en que fueron nombradas.

--Los diferentes tipos de dientes que se fabrican en el Mercado Internacional son los siguientes: diente largo de punta, diente de cincel, diente trapezoidal, diente de cincel delgado y diente de punta.

--El cortador que se utiliza en la Unidad Santo Domingo es de Tipo Canasta. Inicialmente se usó con Navajas Planas, que posteriormente se cambiaron por portadientes y dientes de cincel.

CAPITULO V

PLANEACION DE LA EXPLOTACION

V. 1.- PARAMETROS DE PLANEACION

Con base en el Estudio de Selección del Sistema de Minado elaborado por Rofomex se llegó a determinar que el sistema más conveniente técnica y económicamente para la explotación del Yacimiento de Santo Domingo era el minado hidráulico.

La explotación se realizará en la zona denominada Fundo Minero, teniendo como límite superior a la superficie del terreno y como límite económico inferior la profundidad de 15.0 metros bajo el nivel del mar.

Se consideró un ritmo de explotación de 50,000 ton/día. Se estimaron 300 días de trabajo efectivo al año, con 3 turnos diarios de operación de 8 horas efectivas de dragado cada uno.

El equipo de excavación estará formado por 2 dragas de succión con cortador hidráulico. La capacidad de cada una de las dragas es de $850 \text{ m}^3/\text{hr}$, equivalentes a 1,100 ton / hr de acuerdo con la densidad de las arenas de $1.3 \text{ ton} / \text{m}^3$, y considerando las características de operación del proyecto.

El equipo auxiliar de la operación estará integrado por remolcadores, tractores y lanchas.

V. 2.- DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE MINADO

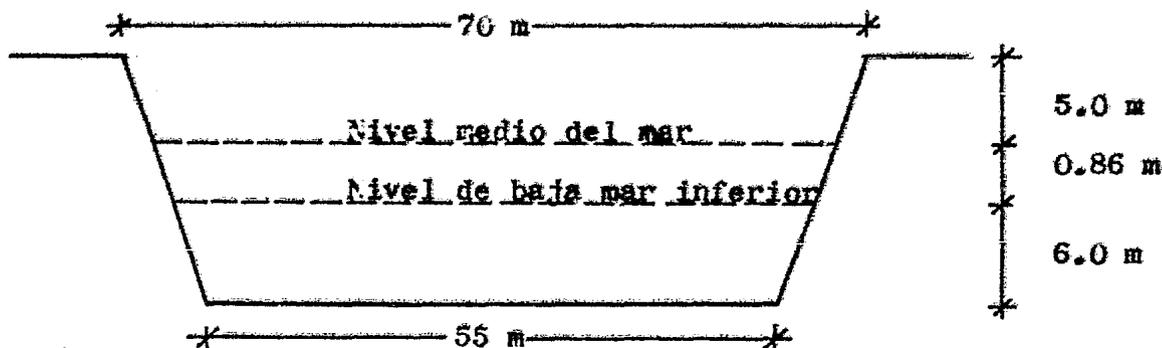
El modelo propuesto para la explotación del yacimiento consiste básicamente en la construcción de un canal de acceso que comunicará el mar con la zona en donde se va a iniciar el minado. Ya desarrollado este canal se estará en

capacidad de iniciar el minado hidráulico del yacimiento. - Esta operación se realizará en bloques denominados "lagos de explotación". Una vez realizada la explotación del primer lago, se procederá a explotar otro lago adyacente al anterior y de las mismas dimensiones. De una manera similar se explotará toda la zona.

El material dragado durante la explotación se alimentará a una Planta de Beneficio Flotante, en la cual se -- realizará la flotación primaria del mineral de fosforita, -- obteniéndose cerca de 8,600 ton/día de este concentrado con una ley del 24 % de P_2O_5 . Estos concentrados se alimentarán posteriormente a una Planta en Tierra, en donde se realizará la flotación secundaria de la fosforita, lográndose finalmente cerca de 5,000 ton/día de concentrado con una ley del 30% de P_2O_5 .

V.2.1. PREPARACION PARA LA EXPLOTACION

La preparación del sistema de mazo la constituye el dragado del canal de acceso hacia el Area 1er año de explotación. Se desarrollará paralelamente a la coordenada -- 6,000N con una dirección hacia el Oriente; tendrá una longitud de 1,300 metros y una sección trapezoidal definida por -- las siguientes dimensiones:



El volumen de arenas a dragarse durante la construcción de este canal se estimó en 1 millón de m^3 , que correspon

serán a 1.3 millones de toneladas.

Este canal se trabajará con las 2 dragas. Una lo iniciará con una profundidad de 3.50 m y la otra lo profundizará mediante un segundo paso hasta los 6.0 m. De acuerdo con la producción esperada se estimó un tiempo de construcción de 3 meses. Durante los 2 primeros meses se planeó una producción de 324 ton/hr para cada draga, por considerarse como "tiempo de capacitación" para los operadores de las dragas. De esta manera se tendrá un avance diario con las 2 dragas de 16.14 m, acumulándose al final de este período un desarrollo del canal de 750 m aproximadamente. Para el tercer mes de operación se programó una producción de 540 ton/hr para cada draga, con lo cual se alcanzará un avance diario de 27 metros y se completará el desarrollo del canal.

El equipo auxiliar estará constituido por 2 remolcadores de 30,000 y 53,000 lbs de peso respectivamente, 2 tractores Komatsu modelo D-155 y lanchas de 20 pies de largo con motores de 55 HP.

Los remolcadores ayudarán a las dragas a realizar las maniobras necesarias para el desempeño efectivo de su trabajo; tales maniobras son las siguientes: colocar a las dragas en la línea de centro del canal, acoplar la tubería de descarga, movilizar esta tubería, cambiar de lugar la descarga, remolcar a las dragas, etc...

Los tractores tendrán las siguientes funciones: - construir un bordo para delimitar la presa de la descarga, - mover las anclas de giro y fijarlas en su posición correcta, cortar la escasa vegetación existente en la superficie del yacimiento y además, disminuir la altura del corte que pudiera efectuar la draga por arriba del nivel del mar.

Las lanchas se usarán para el transporte de personal y los materiales de trabajo.

La descarga del material dragado durante la construcción del canal, se planeó realizarla en el área en donde quedará posteriormente la presa de jales de la flotación primaria, presa que estará localizada junto a la línea de la costa, al poniente del yacimiento, limitada por las coordenadas 2,500N a 5,000N.

V.2.2. EXPLOTACION

La zona denominada Fundo Minero se subdividió en 5 áreas con el objeto de planear la explotación. Estas áreas fueron: 1er año de minado, 2 a 5 años, 6 a 10 años y 11 a 19 años. En la primera área se estimaron reservas de mineral del orden de 13'650,000 ton con una ley media de 4.05% de P_{205} .

Ya terminado el canal de acceso hacia el Area del 1er año de minado, se necesitarán como maniobras de preparación para iniciar la explotación, llevar la plataforma en la que se encuentra la Planta Flotante por el canal de acceso y fijarla al fondo del canal, y realizar los cambios necesarios en las tuberías de descarga de las dragas para que alimenten a esta Planta Flotante.

La explotación del yacimiento se realizará en bloques denominados "lagos de explotación", cada uno de los cuales tendrá un desarrollo de 500 m de ancho, 200 m de largo y una profundidad final de 15 metros bajo el nivel del mar.

El desarrollo de estos lagos se realizará con las 2 dragas, trabajando una junto a la otra, llevando un frente de explotación común de 100 m de ancho. Se planeó que las dragas hicieran primeramente un corte de 3.50 m de profundidad a lo largo de los 200 m que constituyen la longitud del lago. Terminado este corte se regresarán las dragas (impulsadas por los remolcadores), al punto de inicio, con el obje

to de avanzar y profundizar 1.0 más el lago, así se continuará el minado hasta alcanzar la profundidad final. Después de realizar ésto, se proseguirá haciendo otro corte de 100 m al lado del corte anterior. Continuando el ciclo de explotación de una manera similar, se podrá concluir el minado del primer lago de explotación, con lo cual será posible iniciar el segundo lago. De un modo análogo se completará el minado del área del 1er año de explotación. El minado del Fundo Minero se realizará de una forma semejante.

La alimentación a la Planta Flotante será por medio de 2 tuberías de 600 m de longitud y 24" de diámetro, mismas que llevarán un flujo de pulpa (mineral y agua), de 60,000 galones/minuto aproximadamente, con un contenido del 15% de sólidos.

La Planta Flotante irá separada de las dragas en operación una distancia de 600 m, con el objeto de evitar movimientos innecesarios en el beneficio del mineral, ocasionados por el desplazamiento de las dragas en el frente de explotación.

V. 3.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

--La planeación de la explotación del Yacimiento de Santo Domingo se hizo en la zona denominada "Fundo Minero", la cual se subdividió en 5 áreas.

--Se contempló un ritmo de explotación de 50,000 ton/día con lo cual será posible obtener 5,000 ton/día de concentrados de fosforita con una ley del 30% de P_2O_5 . Se estimaron 300 días de trabajo al año, con 2 turnos de operación de 8 horas efectivas de dragado cada uno.

--La preparación para iniciar la explotación del yacimiento la constituye el dragado de un canal de acceso -- que comunicará al mar con la zona 1er año de minado. Dicho canal tendrá una longitud de 1,300 m, una sección trapezoidal y se construirá en 3 meses, haciendo uso de las 2 dragas.

--Terminada la preparación, se necesitará llevar -- la Planta Flotante al canal de acceso y fijarla a 600 m de -- distancia de las dragas, además de realizar también los cambios necesarios en la tubería de descarga para alimentar a -- dicha planta.

--La explotación se realizará en bloques denomina-- dos "lagos de explotación", cada uno de los cuales tendrá un desarrollo de 500 m de ancho, 200 m de largo y una profundi-- dad de 15 m bajo el nivel del mar.

--Los lagos de explotación se trabajarán con las -- 2 dragas, que llevarán un frente común de 100 m de ancho. -- Para su desarrollo se hará un primer corte a 2.50 m de pro-- fundidad a lo largo del lago, después del cual se regresarán las dragas al punto de inicio con el objeto de profundizarlo 1.0 m más, y mediante la repetición de este ciclo hasta al-- canzar la profundidad de 15.0 m.

Una vez efectuado el minado del área del 1er año -- de explotación, se estará en posibilidad de iniciar el mina-- do de la zona 2 a 5 años de una manera similar, y continuan-- do así, hasta terminar con la explotación del Fondo Minero.

RECOMENDACIONES

--Se recomienda tomar en cuenta que el yacimiento -- no está formado sólomente por materiales sueltos, sino que -- también existen capas perfectamente definidas y lentes de -- coquina, que ocasionarán dificultades en el dragado y obli--

garán a realizar paros durante la operación.

--Se recomienda considerar que la capacidad de cada una de las dragas es de $850 \text{ m}^3/\text{hr}$, es decir $1,100 \text{ ton/hr}$; de acuerdo con las "curvas de descarga" proporcionadas por la Ellicott Machine Corp.

--Se está considerando un tiempo efectivo de dragado en cada turno de 8 horas, lo cual no será posible lograr en ningún turno; por lo que se recomienda tomar en cuenta los tiempos muertos y auxiliares de la operación.

--Otro factor importante en el dragado lo constituye el mantenimiento del equipo, el cual también reducirá el tiempo efectivo de dragado por turno. Con base en lo anterior se recomienda considerar un tiempo efectivo de dragado por turno de 6 hr como máximo.

CAPITULO VI

RESULTADOS PRACTICOS DE DRAGADO

VI. 1.- INTRODUCCION

Los avances físicos que se tienen actualmente para realizar el minado del yacimiento de Santo Domingo en la zona denominada Fundo Minero los constituyen el dragado del canal de acceso hacia el área del 1er año de explotación y - la construcción del dique que cierra la comunicación de esta área con el mar.

Además, con las dragas Ellicott se han desarrollado las siguientes operaciones:

- Dragado parcial del "Canal de la Sirena", (canal que va por el mar y llega hasta el muelle de cargado de concentrados), con una profundidad de 5.50 m referidos a la baja mar inferior, (r.b.m.i.).
- Dragado de la dársena a una profundidad de 6.0 m r.b.m.i.
- Limpieza del canal en su extremo terminal con el objeto de realizar pruebas con explosivos.
- Excavación del material que se obtuvo después de realizar las pruebas con explosivos.
- Desarrollo de un dragado perimetral a la planta flotante - con el objeto de realizar la flotación de dicha planta.

VI. 2.- DRAGADO DEL CANAL DE ACCESO

El canal de acceso tiene una longitud aproximada de 1450 m. Los primeros 650 m de su desarrollo están dragados a una profundidad de 6.0 m r.b.m.i., y los 800 m restantes tienen una profundidad de 3.0 m r.b.m.i. Este canal tiene una sección trapezoidal con 55 m y 70 m en sus bases inferior y superior, respectivamente, y una altura promedio en -

la primera parte de su desarrollo de 11.86 m, que se reduce luego a 8.86 m.

El volumen dragado de arenas fue del orden de -- 925,000 m³; que corresponden a 1'200,000 ton.

El resumen de las características de operación - que se tuvieron en el dragado del canal de acceso es el que se presenta en los siguientes cuadros.

CARACTERISTICAS DE OPERACION EN EL DRAGADO DEL CANAL DE ACCESO. Ancho constante de 55.0 m.

Mes de Operación (1982)	Prof. canal (m)	Long. tub. descarga (m)	Elev. tub. descarga (m)	Número de dragas	horas trabajo	Producción ton/hr	horas trabajo	Producción ton/hr	Avance del mes (m)	Avance Acum. total (m)	Producción total (ton)
Febrero	5.50	760	7.0	1	275	750	-	-	260	260	206,250
Marzo	5.50	1,056	2.0	2	?	810	?	655	46?	306	39,244
Abril	6.0	?	?	2	417	669	317	522	375?	681	444,447
Mayo	3.50	600	11.0	1	247	907	-	-	324	1,005	224,029
Junio	3.50	600	11.0	1	232	948	-	-	320	1,325	219,936
Julio	3.50	400	13.0	1	165	729	-	-	125	1,450	120,285
TOTALES					1,336		317		1,450		1,254,191
PROMEDIOS		683	8.80			785.5		588.	241		

OBSERVACIONES DE OPERACION DURANTE EL DESARROLLO DEL CANAL DE ACCESO

Mes de operación (1982)	OBSERVACIONES
Febrero	Sólo se trabajó con una de las dragas por no haberse recibido la otra -- oficialmente.
Marzo	En este mes se encontró la coquina por primera vez en el dragado. Esto representó un mayor desgaste en las navajas del cortador, vibraciones en la draga y fugas de aceite en el sistema hidráulico.
Abril	Se encontró un volumen grande de coquina durante la operación de dragado. Se tuvieron serios problemas con los equipos. El problema mayor fue el desgaste completo de las navajas del cortador, lo cual obligó a que se le cambiaran por dientes y portadientes.
Mayo	Se trabajó las dragas con portadientes y dientes en el cortador. Se -- tuvo menos coquina en el dragado del canal, por lo que disminuyeron los problemas operativos.
Junio	La coquina se presentó en forma escasa. Casi no hubo problemas opera-- tivos.
Julio	Se terminó el dragado del canal de acceso, al llegarse en su desarrollo hasta el lago de explotación. Se suspendió la operación de dragado para darle mantenimiento completo al equipo.

VI. 3.- PROBLEMAS ENCONTRADOS EN LA OPERACION

1. Vibraciones en toda la draga y principalmente en la escala, que se producen al penetrar el cortador en la coquina y debido a la resistencia al corte de este material. Este problema trae asociadas consigo las siguientes complicaciones en el equipo:

- Paros automáticos de los motores del cortador
- Desgaste de los o'rings de las tuberías hidráulicas y las consecuentes fugas de aceite
- Ruptura en los cabos de las anclas de giro
- Debilitamiento de la estructura de la escala
- Excentricidad en la flecha del cortador
- Caída de los pasadores y dientes del cortador
- Fracturamiento y fisuramiento en los ágaves y portadientes del cortador.

2.- Desgaste excesivo de los elementos de corte del cortador.

--En el caso de las navajas planas y de acuerdo con los registros diarios de operación, se estima que tuvieron una vida útil máxima de 1,800 hr, trabajándose la mayor parte de estas horas solamente en arenas.

--De acuerdo con estimaciones hechas por la Superintendencia de Minería de la Unidad Santo Domingo se tiene la siguiente información con respecto a la duración de los dientes:

Material	Duración estimada (hrs)
Coquina	10
Mezcla de coquina y arena	16
Arena suelta	100

Durante la operación de dragado en material duro, generalmente después de 4 horas de operación se cambiaron -

los 3 ó 4 primeros dientes de cada ágave y se substituyeron por los dientes posteriores, en lugar de los cuales se colocaban dientes nuevos.

VI. 4.- MODIFICACIONES HECHAS AL CORTADOR Y SUS RESULTADOS

El cortador que se emplea en la operación de dragado en la Unidad Santo Domingo es Tipo Canasta. Originalmente este cortador tenía navajas planas, pero cuando se -- llevaban cerca de 300 m de desarrollo en el canal de acceso hacia la zona de minado, se desgastaron completamente las -- navajas y hubo necesidad de realizar ciertas modificaciones en el cortador a medida que se avanzaba el canal. Estas mo dificaciones fueron las siguientes:

1. Se cambiaron las navajas planas por portadientes y dien tes de cincel.
2. Desde el principio se revistió con soldadura a los dien tes con el objeto de lograr una resistencia al impacto mayor y un desgaste menor en los dientes.
3. Se revistió con soldadura en uno de los cortadores só- lo a los portadientes. En el otro cortador también a los ágaves.
4. Se soldaron muelles a los dientes y se les reforzó con soldadura.
5. Se soldaron los dientes al portadientes y se les puso -- además el pasador. (Prueba de dragado cuyos resultados se evalúan separadamente).
6. Se programó reforzar a los dientes con soldadura y ade- más soldarlos al portadientes. (Prueba aún no realiza- da).

Las soldaduras probadas fueron: AW , INFRA , -

UTP y EUTECTIC 6006.

La soldadura que dió los mejores resultados fue la Eutectic 6006, que tiene estas características:

Aleación cromo-carburo.

Resistente al impacto y a la abrasión.

Consumo: 1/2 kg por diente reforzado.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los dientes tenían inicialmente una duración de 16 hrs efectivas de operación trabajando en material de dureza media; con el uso de la soldadura se logró una duración de 30 hrs; sin embargo, el uso de la soldadura no fue completamente satisfactorio, pues el desgaste de los dientes continuó siendo significativo.

En los portadientes y ágaves del cortador sí fue satisfactorio el uso de la soldadura, pues se logró tener un fisuramiento menor.

Con el uso de las muelles se logró mayor resistencia de los dientes al impacto, pero no a la abrasión.

VI. 5.- PRUEBA DE DRAGADO Y SUS RESULTADOS

La realización de esta prueba de dragado pretendía la obtención de resultados reales sobre esta operación. -- Tuvo las siguientes características:

OBJETIVOS

El objetivo principal de la prueba fue dragar a una profundidad máxima de 15 metros bajo el nivel del mar para verificar el comportamiento de los diferentes sistemas de la draga al incrementarse la profundidad.

Los objetivos secundarios fueron la medición del

desgaste progresivo de los dientes y la cuantificación del fisuramiento del cortador.

METODOLOGIA

Se trabajaría inicialmente a 4.0 metros bajo el nivel medio del mar (m.b.n.m.m.) a lo largo de 480 m que fue la longitud de dragado planeada para la prueba.

Al concluirse esta primera fase, se regresaría el equipo al punto de inicio de la prueba, para profundizar -- otro metro en el desarrollo del canal, esto es a 5.0 m y -- así sucesivamente hasta llegar a la profundidad planeada de 15 m.b.n.m.m. Durante la realización de la prueba se pretendió dar cumplimiento al objetivo principal mediante la -- observación continua de los controles y manómetros de la -- draga.

Para cumplir con los objetivos secundarios se programaron ciclos de corte de 1 hr de operación, después de -- los cuales se pararía la operación y se haría una revisión completa al cortador.

PREPARATIVOS

Se soldaron los dientes a los portadientes para -- evitar de esta forma su caída debido a las vibraciones propias del dragado, con el objeto de tener una idea más objetiva del comportamiento y desgaste de los dientes.

Se revisaron todas las soldaduras de refuerzo de los ágaves y se soldaron las fisuras ya existentes.

Se diseñó un escantillón graduado, con el objeto de medir el desgaste progresivo de los dientes.

Se elaboraron unas "hojas-informe", en las cuales se vaciarían los resultados de las mediciones del desgaste

sufrido por los dientes, la localización y características del fisuramiento del cortador, y las lecturas de los manómetros de la cabina de controles durante el ciclo de corte.

CONDICIONES DE OPERACION

Ancho del corte del canal: 55 metros

Longitud de la tubería de descarga de la draga:
365 m

Elevación de la presa de descarga: 10 m.s.n.m.m.

RESULTADOS OBTENIDOS

No fue posible lograr el objetivo principal de la prueba, en vista de que a los 3.50 m.b.n.m.m. se encontró una capa de material coquinoide que no permitió al equipo de dragado llegar a mayor profundidad sin correr el riesgo de causarle daños al equipo.

Para lograr los objetivos secundarios se realizaron 25 ciclos de corte, cada uno con duración variable --- entre 50 minutos y 2:55 hrs. Al final de cada ciclo se paró la operación de dragado, se sacó el cortador del agua y se midió el desgaste de los dientes, observándose también las fisuras que se produjeron en el cortador y los portadientes. Cuando se tuvieron acumuladas varias fisuras en los ágaves y portadientes se hizo necesario parar la prueba para soldar dichas fisuras. El total del tiempo invertido en la realización de la prueba (25 ciclos de corte) fue de 40:35 hrs, la prueba se realizó del 24 de febrero al 12 de marzo de 1983.

Durante la realización de la prueba se notó el -- fisuramiento de los 4 primeros dientes de cada ágave; el -- crecimiento de dichas fisuras fue progresivo, ya que comenzó siendo casi imperceptible, hasta constituir fracturas con longitudes mayores de 3" a medida que se continuó la operación de dragado.

Otra zona del cortador que presentó un fisuramiento marcado fue aquella localizada entre el inicio del ágave y la base del cortador.

Con respecto al desgaste sufrido por los dientes, y de acuerdo con las mediciones hechas al final de la prueba (Cuadro No. 1), se observa que el comportamiento del desgaste en los 2 primeros dientes de los ágaves con 6 dientes es muy similar al desgaste que presentan los 3 primeros --- dientes de los ágaves con 7 dientes, y que los dientes restantes del cortador tienen un desgaste mínimo. Tomando en cuenta esta consideración se presenta el Cuadro No. 2 -- con los valores medios calculados en esta prueba.

Cuadro No. 1

MEDICION FINAL DEL DESGASTE (cm)

Diente No.	Agaves con 6 dientes			Agaves con 7 dientes		
	1	3	5	2	4	6
1	11.0	10.5	6.5	9.0	11.0	5.5
2	11.0	11.0	6.0	9.5	9.5	6.5
3	5.5	5.0	6.0	10.0	8.5	7.0
4	2.5	2.0	3.5	4.0	3.5	3.5
5	1.5	2.0	1.5	2.5	3.0	3.0
6	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	3.0
7				1.0	1.0	1.5

CUADRO No. 2 RESULTADOS CALCULADOS AL FINAL DE LA PRUEBA DE DESGASTE.

CALCULOS	Dientes + No.	Agaves con 6 dientes			Agaves con 7 dientes			+ Dientes No.
		1	3	5	2	4	6	
DESGASTE (cm ³)	1 y 2	544.9	535.1	278.0	463.9	468.5	274.67	1-2 y 3
	3-4-5-6	71.5	64.7	87.8	47.0	45.7	61.9	4-5-6-7
DESGASTE/VOLUMEN UTIL TOTAL (%) (Considerando un volumen útil total de 478.35 cm ³)	1 y 2	113.9	108.9	54.1	97.0	97.9	57.4	1-2 y 3
	3-4-5-6	15.0	13.5	18.4	4.8	9.6	13.0	4-5-6-7
DESGASTE/HR (%) (Considerando su volumen útil total)	1 y 2	2.8	2.8	1.4	2.4	2.4	1.4	1-2 y 3
	3-4-5-6	0.4	0.4	0.5	0.3	0.2	0.3	4-5-6-7
DESGASTE/HR (%) (Considerando un revestimiento posterior del diente y un volumen útil de 203.78 cm ³)	1 y 2	6.6	6.5	3.4	5.6	5.7	3.3	1-2 y 3
	3-4-5-6	0.9	0.8	1.1	0.6	0.6	0.8	4-5-6-7
VELOCIDAD DE DESGASTE (cm ³ /hr)	1 y 2	13.5	13.2	6.9	11.5	11.6	6.8	1-2 y 3
	3-4-5-6	1.8	1.7	2.2	1.2	1.1	1.5	4-5-6-7
DURACION DE LOS DIENTES (hrs) (Considerando un revestimiento posterior del diente)	1 y 2	15.1	15.4	30.7	17.8	17.9	31.4	1-2 y 3
	3-4-5-6	302.8	203.7	284.1	377.6	371.1	176.2	4-5-6-7
DURACION DE LOS DIENTES (hrs) (Considerando su volumen útil total)	1 y 2	35.5	36.2	72.0	41.9	41.9	73.6	1-2 y 3
	3-4-5-6	710.9	478.2	585.2	886.4	872.5	413.3	4-5-6-7

OBSERVACIONES HECHAS DURANTE LA PRUEBA DE DRAGADO

Para realizar el corte del material que se encontraba sobre el nivel de mar fue necesario ayudar a la draga con un tractor, con el cual se redujo la altura de la pared del corte.

Al comenzar la draga a trabajar sobre el material coquinoide comienza a vibrar toda la draga, especialmente la escala.

Durante la realización de la prueba se tuvieron paros automáticos del motor del cortador al indicar el manómetro de la presión del cortador, lecturas superiores a las 2,000 lb/pulg².

Durante el desarrollo de la prueba se notó la caída de algunos de los pasadores de los dientes, debido al esfuerzo realizado por el cortador sobre el material competente.

No se observó un comportamiento de desgaste similar en los dientes que ocupan posiciones semejantes en el cortador.

Al alcanzar los dientes su máximo desgaste se notó en estos elementos un marcado microfisuramiento.

VI. 6.- OTRAS OPERACIONES DE DRAGADO

Durante el desarrollo de las otras operaciones de dragado realizadas (mencionadas al inicio del capítulo), se tuvieron condiciones de trabajo muy diferentes a las planeadas para la explotación del yacimiento de Santo Domingo. Por esta razón, únicamente se expondrán unos cuadros con el resumen de la operación de dragado del año 1982 (incluyéndose los meses de febrero a julio, que corresponden al desarrollo del canal de acceso), y no se procederá al análisis posterior de estos resultados.

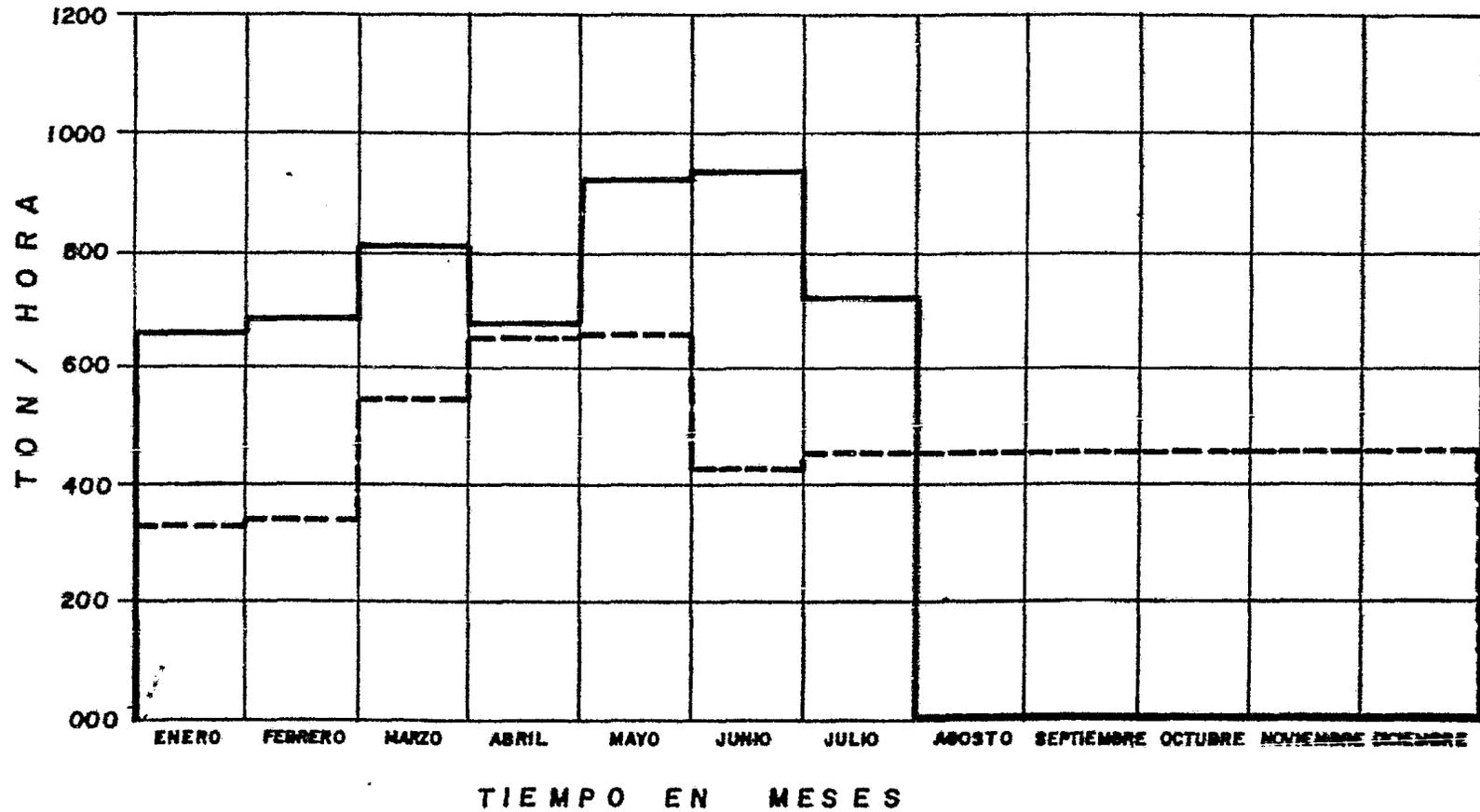
1952	D R A G A N o . 1						D R A G A N o . 2					
	P I A N E A D O			R E A L			P L A N E A D O			R E A L		
	M E S	Volumen (tons.)	Tiempo (hrs.)	Product. tons/hr	Volumen (tons.)	Tiempo (hrs.)	Product. tons/hr	Volumen (tons.)	Tiempo (hrs.)	Product. Tons/hr	Volumen (tons.)	Tiempo (hrs.)
ENERO	190,300	588	324	101,507	154:12	659	190,300	588	324	0,0	0:00	0
FEB.	170,900	528	324	206,200	302:53	681	167,000	516	324	0,0	0:00	0
MARZO	317,300	588	510	253,596	313:40	808	317,300	588	510	167,587	256:16	654
ABRIL	360,500	568	635	279,143	417:04	669	295,700	568	520	165,035	312:02	518
MAYO	280,950	588	613	217,491	293:13	933	380,700	588	648	12,799	19:50	645
JUNIO	73,870	180	410	220,243	223:20	944	367,700	568	648	0,0	0:00	0
JULIO	73,870	180	410	120,310	165:18	728	63,320	144	440	0,0	0:00	0
AGOSTO	63,870	168	440	0,0	0:00	0	63,320	144	440	4,753	7:40	596
SEPT.	63,950	156	440	0,0	0:00	0	63,320	144	440	20,891	30:13	692
OCTUBRE	73,870	168	440	0,0	0:00	0	63,320	114	440	57,856	114:43	504
NOV.	63,320	144	440	0,0	0:00	0	73,870	168	440	38,152	26:37	1433
DIC.	58,040	132	440	0,0	0:00	0	73,870	168	440	6,314	14:10	446
T O T A L	1'910,660	3988	475,10	1'398,590	1819:40	948,60	2'119,920	4328	489,77	473,187	788:31	600,09

1982

DRAGA: No. 1

GRAFICA DE PRODUCCION (TON/HR)

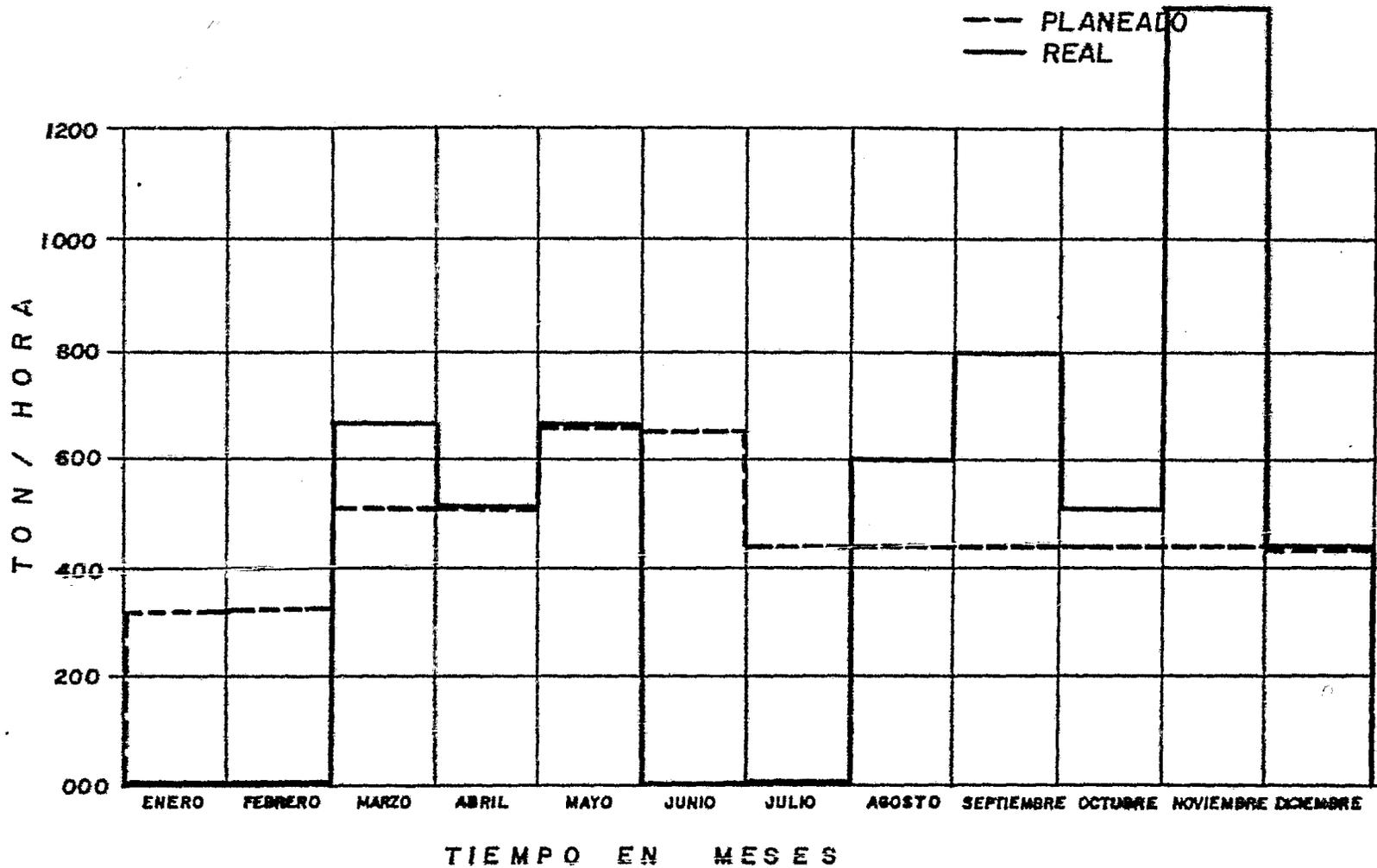
--- PLANEADO
— REAL



1982

DRAGA: No. 2

GRAFICA DE PRODUCCION (TON/HR)

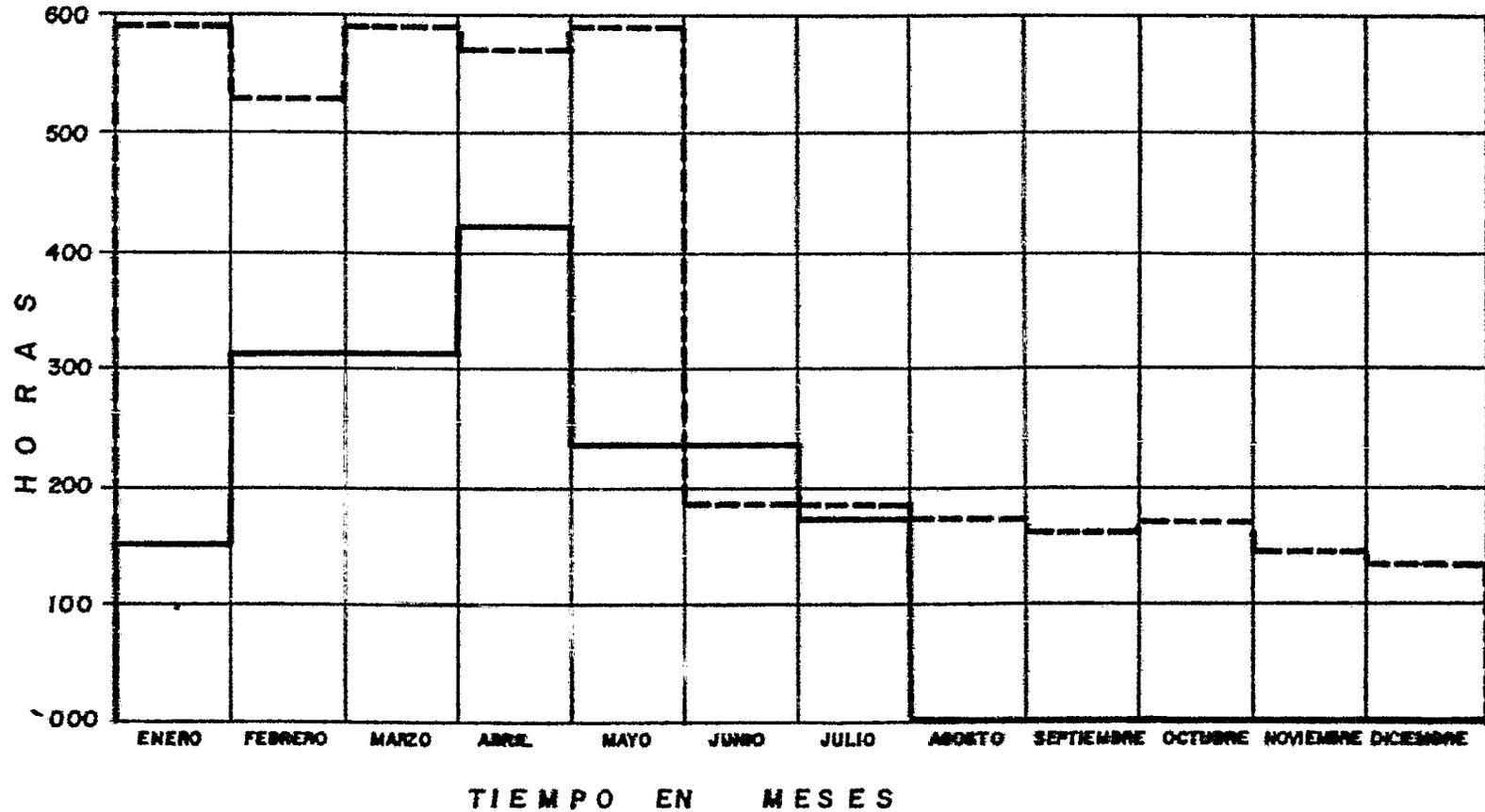


1982

DRAGA No. 1

GRAFICA DE HORAS EFECTIVAS DE DRAGADO

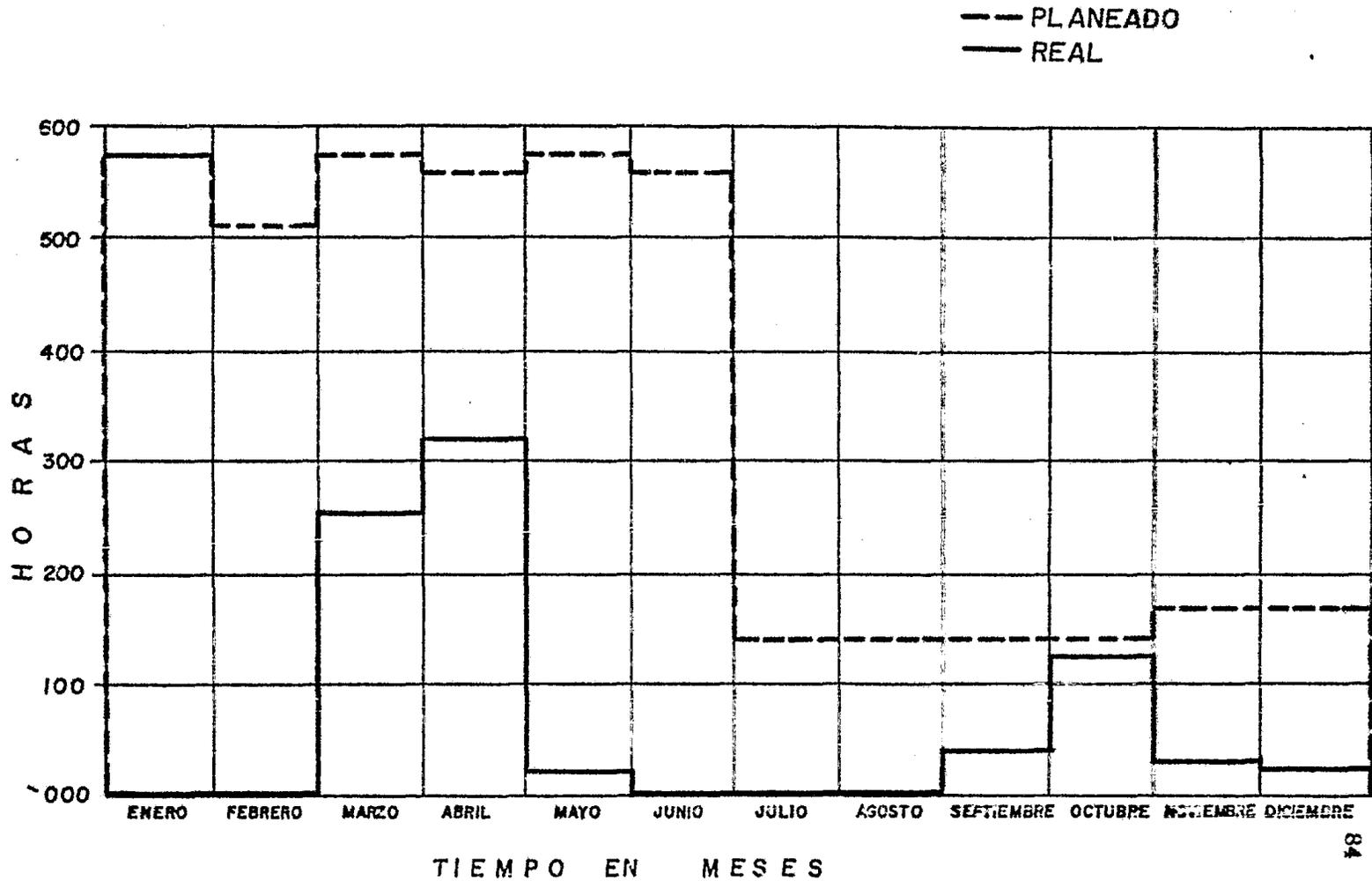
--- PLANEADO
— REAL



1982

DRAGA No. 2

GRAFICA DE HORAS EFECTIVAS DE DRAGADO



VI. 7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Del análisis de los cuadros del resumen de la -- operación de dragado en el desarrollo del canal de acceso se obtuvieron las siguientes conclusiones:

--El canal de acceso tiene una longitud de 1,450 metros, estando dragados los primeros 650 m a una profun-- didad de 5.50 m referidos a la baja mar inferior, (m.r.b. m.i.). Los 800 metros restantes del desarrollo están dra-- gados a 3.50 m.r.b.m.i. Esto fue debido a la presencia -- de una capa de coquina que no permitió desarrollarlo todo a la misma profundidad de inicio sin correr el riesgo de -- causarle daños a las dragas.

--Al inicio del canal y hasta cerca de los 300 m de su desarrollo puede considerarse que se tuvo una opera-- ción normal de dragado; sin embargo la producción alcanza-- da por las dragas - estuvo muy por abajo de su capacidad nominal por considerarse este inicio de operaciones como -- "tiempo de capacitación para los operadores de las dragas".

--El canal se construyó con una sección trapezoi-- dal. Se excavaron cerca de 1'200,000 ton, en un tiempo de 6 meses, tiempo en el cual se realizaron cerca de 1,700 -- hrs efectivas de dragado.

--Prácticamente sólo durante el mes de abril se trabajó con las 2 dragas, esto fue debido a que una de -- ellas estuvo parada por falta de refacciones.

--En el mes de abril se logró el mayor tiempo -- efectivo de dragado, que fue de 417 hrs; lo cual arroja -- un promedio de 17 hrs efectivas de dragado/día.

--La producción más alta alcanzada por 1 de las

dragas fue de 948 ton/hr y corresponde a la operación realizada durante el mes de junio.

--Se logró un avance promedio de 10 m lineales/día aproximadamente. El mayor avance diario alcanzado fue de 13 m lineales aproximadamente y correspondió al mes de Mayo.

--Los problemas operativos más frecuentemente encontrados en la operación de dragado los constituyen el desgaste excesivo de los elementos de corte y las vibraciones excesivas que se producen en toda la draga al cortar el equipo la coquina del yacimiento. Estas vibraciones llevan asociadas diferentes complicaciones que conllevan al paro de la operación de dragado.

Del análisis de los resultados obtenidos con las modificaciones hechas al cortador se obtuvieron las siguientes conclusiones:

--Con el cambio de las navajas planas del cortador por el uso de portadientes y dientes se logró alcanzar una producción/hr más alta para las dragas.

--Con el uso de la soldadura en los ágaves, portadientes y dientes del cortador, se obtuvo una mayor resistencia al impacto y una duración mayor en la vida de estos elementos.

De acuerdo con los resultados obtenidos con la prueba de dragado efectuada se llegó a las siguientes conclusiones:

--Con las características actuales de diseño de las dragas sólo es posible trabajar en arenas y no en el material coquinoide.

--Es necesario fijar la posición de los dientes en el cortador mediante la ayuda de un escantillón para lograr de esta manera, un mejor ataque sobre el material - que se va a cortar, y tener un comportamiento similar de desgaste en los dientes que ocupen posiciones similares en el cortador.

--La duración promedio máximo de los dientes que sufrieron el desgaste mayor (los 2 ó 3 primeros de cada ágave), es de 50 hrs efectivas de trabajo, dragando sobre un material de dureza media; los dientes posteriores de -- cada ágave tienen una duración promedio de 600 hrs.

El fisuramiento en el cortador fue mayor cuando se trabajó sobre el material competente denominado coquina.

--La caída de los pasadores de los dientes se -- produjo por las vibraciones que sufre el cortador al ata-- car el material competente.

RECOMENDACIONES

Es conveniente obtener mas información sobre -- las dragas, información que permita conocer mejor las ca-- racterísticas específicas del equipo y los parámetros de -- operación esperados en una operación de dragado normal, -- esto con el objeto de lograr un aprovechamiento mejor del equipo de dragado.

Los factores que se han considerado importantes incluyen a los siguientes elementos:

- vida util promedio de las dragas
- eficiencia de diseño del equipo
- eficiencia de dragado normal
- disponibilidad del equipo
- mantenimiento necesario para el equipo

- características de la bomba de succión
- materiales de construcción y sus características
- capacidad real de la bomba en toneladas métricas

- características del cortador Tipo Canasta emplea
do
- usos específicos para cada tipo de cortador
- material de construcción del cortador y sus ca-
racterísticas

- usos específicos para cada tipo de dientes
- posibilidad de fabricar el tipo de dientes más
conveniente para la operación, en México.

CAPITULO VII

ANALISIS DE LA OPERACION DE DRAGADO

VII. 1.- INTRODUCCION

El desarrollo de este capítulo tiene por objetivo hacer una recapitulación de los factores más importantes que intervienen en la operación de dragado con el fin de redefinir los parámetros reales que se pueden esperar en esta operación y poder llegar a determinar de esta manera, las características de producción del yacimiento de Santo Domingo de acuerdo con el equipo con el que se cuenta actualmente.

Para lograr el objetivo planteado se tomarán en cuenta los diversos elementos relacionados con la operación de dragado, y las desviaciones que se han observado entre los resultados prácticos de dragado logrados durante el desarrollo del canal de acceso y lo que fue la planeación de la explotación originalmente.

VII. 2.- CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DEL EQUIPO DE DRAGADO.

MATERIAL A DRAGARSE

De acuerdo con las especificaciones que fueron proporcionadas por la Ellicott Machine Corp., para las Dragas Ellicott, Modelo Super Dragón, Serie 3000E, se deduce que la estructura de estos equipos y sus elementos de operación fueron diseñados para trabajar sobre materiales sueltos, no consolidados, como lo son las arenas (de diferentes granulometrías) y las gravas.

Lo anterior se confirma con la experiencia que se ha tenido en el dragado, de acuerdo con la cual se puede considerar que se tuvo una operación normal en el desarrollo de los primeros 300 m del canal de acceso, en los cuales el --

material dragado estuvo constituido por arena suelta, poco compacta y que los problemas operativos y los paros colaterales a dichas dificultades se hicieron evidentes en la operación desde el momento en el que las dragas comenzaron a trabajar sobre el material competente denominado Coquina.

CAPACIDAD DE LAS DRAGAS

Si en general se considera al yacimiento de Santo Domingo formado por arenas de granulometría fina, capas definidas de coquina y lentes del mismo material; es posible de acuerdo con la razón anteriormente expuesta, que el equipo de dragado sólo podrá trabajar eficientemente (y con su diseño actual), en el material constituido por las arenas; por otra parte, tomando en cuenta las "curvas de descarga" para este equipo, sólo se podrá alcanzar una producción máxima de 1,100 ton/hr, para cada una de las dragas y con las características de operación planeadas, que fueron las siguientes:

- longitud de la tubería de descarga de 450 m
- profundidad máxima de dragado de 15.0 m
- altura de la tubería a la descarga de 16.77 m

Esta capacidad aumentará al trabajarse el equipo a profundidades menores y disminuirá al tenerse una longitud mayor en la tubería de descarga.

Durante la operación realizada con el desarrollo del canal de acceso no ha sido posible determinar la capacidad real de las dragas debido a que no se han logrado las características de operación planeadas, y por considerarse este tiempo de inicio de operaciones como "capacitación para los operadores de las dragas". En consecuencia, no se ha normalizado la operación de dragado. Sin embargo, hasta ahora la producción más alta alcanzada ha sido de 948 ton/hr.

DESGASTE DE LOS ELEMENTOS DE CORTE DE LA DRAGA

El cortador que se emplea en la operación de dragado en la Unidad Santo Domingo es de tipo canasta, tiene navajas con portadientes y dientes de cincel. El material de fabricación es un acero de níquel, cromo y molibdeno que ha sido sometido a un tratamiento térmico especial para lograr mayores resistencias al desgaste y al impacto. Sin embargo, el material en el que se realiza el dragado es muy abrasivo, y produce un desgaste excesivo en los dientes y un fisuramiento marcado en los otros elementos de corte.

La duración promedio que se tuvo para los dientes con mayor desgaste en el cortador (los 2 ó 3 primeros dientes en los ágaves de 6 y 7 dientes respectivamente), y bajo las condiciones de realización de la prueba de dragado fue de 50 hrs. Para los demás dientes se tuvo una duración variable, que va de acuerdo con la fijación de los dientes hacia la parte posterior del cortador, y fue una duración que osciló entre 100 hrs y 1,500 hrs de operación, con un valor promedio cercano a las 600 hrs de operación efectiva.

Es recomendable considerar el uso de otro tipo de aleación de acero como material de fabricación de los dientes para lograr una resistencia mayor al desgaste y al impacto, y que su uso proporcione mejores resultados en la operación de dragado en el yacimiento de Santo Domingo.

Se considera importante la determinación de la duración de los dientes trabajándose el equipo sólo en arenas, y con el objeto de definir realmente este parámetro de planeación.

VII. 3.- MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE DRAGADO

Este factor se considera importante para la operación de dragado, tomando en cuenta que los elementos de -

corte de las dragas son accionados mediante un sistema hidráulico que trabaja a alta presión.

La experiencia lograda con el dragado del canal de acceso ha confirmado que al atacarse la coquina con las dragas se producen vibraciones en toda la draga, mismas que ocasionan anomalías en el funcionamiento del sistema -- hidráulico, como lo son las rupturas de los "o'rings" de las tuberías y las fugas de aceite hidráulico, las cuales obligan a parar la operación de dragado y a la realización de un mantenimiento correctivo al equipo.

La frecuencia de estas dificultades de dragado -- durante la operación podría disminuirse mediante la realización de un mantenimiento preventivo a las dragas que tuviera por objetivo la revisión periódica de todos los sistemas de la draga y principalmente del sistema hidráulico.

VII. 4.- TIEMPO EFECTIVO DE DRAGADO/TURNO

Uno de los parámetros tomados en cuenta para la planeación original de la explotación del yacimiento fue la consideración de un tiempo efectivo de dragado de 8 hr/turno. Durante el desarrollo del canal de acceso se ha podido comprobar que esto no es posible, pues el máximo tiempo de operación logrado ha sido de 6 hr/turno, por lo cual deberán -- considerarse los tiempos muertos y los tiempos auxiliares de la operación de dragado para fijar el tiempo de dragado máximo.

Para la determinación de los tiempos muertos se -- deberán considerar las actividades siguientes: (entre otras)

- transportación del personal al lugar de trabajo
- tiempo destinado para tomar alimentos durante el turno de -- trabajo.

Con respecto a la determinación de los tiempos --

auxiliares de la operación deberán considerarse las actividades siguientes:

- verificaciones de pre-operación
- tiempo necesario para realizar las maniobras requeridas para colocar las dragas en su posición de inicio del corte.
- tiempo para realizar las maniobras para fijar convenientemente las tuberías de descarga de cada una de las dragas.
- tiempo invertido en regresar las dragas a su posición de inicio del corte, con el fin de profundizar el lago de explotación hasta llegar a 15 metros bajo el nivel del mar.
- tiempo necesario para avanzar la draga
- tiempo necesario para verificar la posición de las anclas de giro
- tiempo invertido en realizar el cebado de la bomba principal de succión de la draga.
- tiempo destinado al mantenimiento del equipo
- tiempo necesario para cambiar los dientes al cortador de la draga y soldar su fisuramiento

De acuerdo con la determinación de los tiempos invertidos para el desarrollo de cada una de las actividades anteriores se considera conveniente tomar un tiempo de dragado efectivo máximo de 6 hr por turno.

VII. 5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

--El equipo fue diseñado para trabajar sobre materiales sueltos, del tipo de las arenas y gravas, por lo cual no es posible trabajar la coquina sin tener dificultades en la operación de dragado.

--Se ha definido una capacidad máxima de dragado de 1,100 ton/hr, de acuerdo con las "curvas de descarga" proporcionadas por el proveedor del equipo y bajo las condiciones de --

operación planeadas.

--Los elementos de corte de las dragas los constituyen un -- cortador Tipo Canasta, una navaja con portadientes y los --- dientes de cincel. Dichos elementos están fabricados de un acero con aleación de níquel, cromo y molibdeno; sin embargo dichos elementos poseen relativamente poca resistencia al -- desgaste y al fisuramiento producido por el impacto.

--El mantenimiento del equipo constituye un factor importante para el desarrollo normal de la operación de dragado, más -- aún para el funcionamiento correcto del sistema hidráulico, que es el que activa al cortador de la draga.

--Se concluye que el tiempo efectivo máximo que se deberá -- tomar en cuenta para la planeación de la explotación es de - 6 hr tomando en consideración los tiempos muertos y los tiem por auxiliares de la operación de dragado.

--Se estima que la producción máxima que se puede alcanzar - con el equipo de dragado de que se dispone actualmente y tra bajando con una operación normal es de 40,000 ton/día apro ximadamente, trabajándose las 2 dragas a plena capacidad.

RECOMENDACIONES

--Para el correcto aprovechamiento del equipo se estima im-- portante la realización de un minado selectivo en el cual -- inicialmente sólo se exploten los bancos de arena del yaci-- miento.

--Debe realizarse una prueba de dragado que tenga por obje-- tivo principal la determinación de la capacidad real de las dragas y la revisión del comportamiento de sus sistemas de - trabajo dragando en arenas.

--Es necesario efectuar diferentes pruebas de dragado que tengan por objetivo la cuantificación de la duración de los dientes del cortador, probando dientes con diversas aleaciones de acero.

--Se recomienda realizar periódicamente un mantenimiento preventivo a las dragas, especialmente al sistema hidráulico, con el objeto de evitar paros innecesarios durante la operación de dragado.

--Es conveniente realizar un estudio de tiempos y movimientos, con el fin de medir los tiempos muertos y los tiempos auxiliares de la operación de dragado, que permitan determinar realmente el tiempo efectivo de dragado/turno esperado en el desarrollo normal de la operación.

CAPITULO VIII

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BENEFICIO

VIII. 1.- INTRODUCCION

Para la selección del sistema más conveniente en el beneficio del mineral de Santo Domingo, se hicieron más de 3,000 pruebas metalúrgicas a nivel laboratorio que llegaron a definir al Método de Flotación como el sistema de beneficio más apropiado para este mineral. Se diseñó el esquema a seguir y se continuaron las pruebas metalúrgicas para lograr su optimización.

El diseño del sistema de beneficio a nivel industrial se planeó para beneficiar 50,000 ton/día de arenas fosfóricas, mismas que serán alimentadas por medio de dos dragas marinas de succión que realizarán la explotación del yacimiento.

El sistema de beneficio propuesto es bastante simple. Se desarrollará en dos etapas: una flotación primaria que se llevará a cabo en una Planta Flotante que estará montada sobre un chalán de concreto pre-esforzado, y otra flotación secundaria que será inversa (flotación de colas) y se realizará en una Planta en Tierra. El uso de agua salada en todo el proceso es una de las características del diseño, exceptuándose su uso en la eliminación de los cloruros del concentrado de fosforita mediante el lavado final, mismo que se realizará con agua dulce. Otra característica del beneficio es el empleo de mesas de concentración gravimétrica -- que tendrán por objeto la separación de carbonatos y fosfatos.

Al final del beneficio se tendrán los siguientes productos:

PRODUCTO	Ton/día	Peso (%)	Ley (%P ₂ O ₅)
Concentrados	5,000	10.00	30
Colas	44,568	89.13	1.18
Minerales pesados	432	0.87	
TOTAL	50,000	100.00	

Los concentrados de fosforita producidos serán -- vendidos a la industria de los fertilizantes, las colas del proceso serán regresadas a la zona ya minada con el fin de -- volver el área a su topografía original, y los minerales pesados se depositarán en una área especial, para su beneficio -- posterior en el que se realizará su recuperación, por el con-- tenido de titanio de la ilmenita.

VIII. 2.- CARACTERIZACION DEL MINERAL

Los minerales de mena del yacimiento de Santo Do-- mingo son la fluorapatita y la francolita, que se hallan --- respectivamente en forma de intraclastos y oolitos, entre -- las arenas de playa. Estas especies constituyen el 12.05 % en peso del total de los minerales del yacimiento. Se tiene una ley promedio mayor al 4 % de P₂O₅. Se presentan además, minerales pesados como la ilmenita, magnetita, hematita y -- zircón.

Los minerales de ganga están constituidos por cal-- cita y silicatos. La primera representa el 10.60% en peso -- de las diferentes especies mineralógicas. Se presenta recris-- talizada con un origen secundario, o bien está formando con-- chas de moluscos y sus fragmentos. Los minerales más abun-- dantes son los silicatos que constituyen el 67.43 % en peso del yacimiento y comprenden a los feldespatos, el cuarzo, la hornblenda, vidrio volcánico y arcillas.

La granulometría de las arenas del yacimiento es la siguiente:

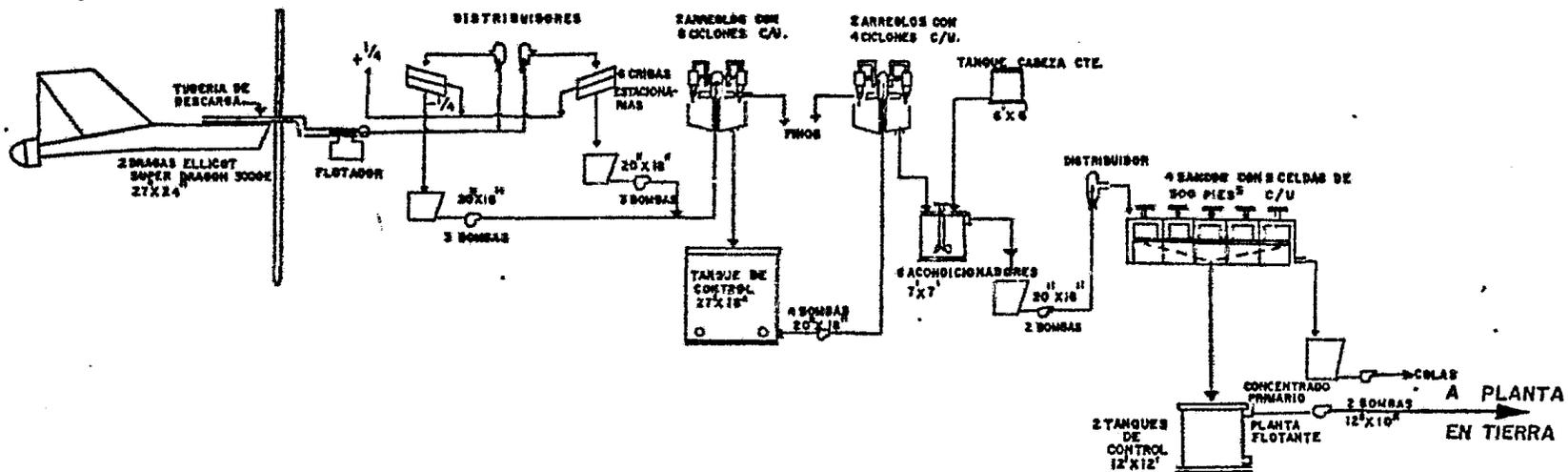
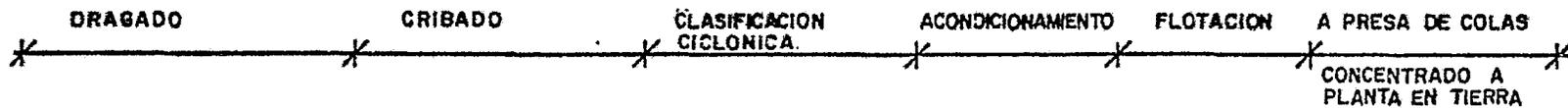
TAMAÑO (mallas)	Peso (%)
-8	0.5
-10	0.5
-14	1.0
-20	1.3
-28	85.0
-150	11.7
TOTAL	100.0

Para llevar a cabo la flotación primaria se determinó que el tamaño de las partículas conveniente está limitado por las mallas -28 y +150, siendo este el intervalo que contiene del 96 al 98 % de los valores de fosforita.

VIII. 3.- PLANTA FLOTANTE

El propósito principal del paso del mineral por la planta flotante será la recuperación del mayor contenido de fosforita dentro del rango de tamaño definido por las mallas -28 + 150, obteniéndose al final del proceso cerca de 360 ton/hr de un concentrado primario de fosforita con una ley del 24 % de P_2O_5 .

La preparación de los minerales y su flotación primaria se llevará a cabo en una plataforma flotante que tiene una área de $4,000 \text{ m}^2$ (100 m x 40 m). Tiene un peso muerto de 7,000 ton, y un peso con el equipo instalado de 14,000 ton. Este equipo está distribuido en secciones de cribado, clasificación ciclónica, acondicionamiento, flotación y el bombeo para enviar los concentrados hasta la planta de beneficio en tierra. Se tiene también una grúa móvil en el centro de la planta, que tiene por objetivo facilitar la instalación del equipo y agilizar el movimiento de materiales. Además, hay 2 zancos que se utilizan para fijar la planta al fondo del lago de explotación.



U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
DIAGRAMA DE FLOTACION PRIMARIA. PLANTA FLOTANTE	
TESIS PROFESIONAL	
JORGE R. HERNANDEZ SAMAYOA	
FIG. No. 15	1983

Se llegó a escoger la planta flotante para la flotación primaria del mineral de acuerdo con el criterio de -- que el tratamiento de un mineral es conveniente realizarlo -- cerca de la operación minera con el objeto de minimizar los costos derivados de su transportación. Para este caso particular se consideró un volumen de pulpa a manejarse de 52,099 galones/minuto, con una dilución del 15 % de sólidos. Mediante un análisis económico de los costos de capital, inversión y mantenimiento se determinó costos más favorables para este tipo de planta que para una planta en tierra.

La planta flotante es una característica especial en el beneficio del mineral de Santo Domingo. Estará alimentada y unida a las dragas que realizarán la explotación del yacimiento por medio de 2 tuberías de 600 m de longitud y -- 24 " de diámetro. La planta deberá ir avanzando a la misma velocidad que lo hagan las dragas durante la operación de -- dragado.

La pulpa que se alimentará a la planta flotante -- tendrá las siguientes características:

MATERIAL	ton/hr	m ³ /hr
Mineral	2,000.0	829.9
Agua	11,333.3	11,033.2
Pulpa	13,333.3	11,862.1
% sólidos	15	
Densidad de la pulpa	1.13	
USGPM	52,099.4	galones/min (U.S.A.)

La pulpa llegará a la planta flotante y pasará -- a través de 2 distribuidores que descargarán en 6 cribas es-tacionarias de 8' x 16'. Serán marca Hendrick, tendrán una malla de acero con abertura rectangular a 1/4" y una capaci-

dad de 500 ton/hr cada una. Estas cribas separarán el material que se trabajará en la planta, del material al tamaño $- + 1/4"$ y las conchas del mineral. Este material representará el 1.5% en peso del mineral alimentado y será retornado al lago de explotación.

La pulpa al tamaño $-1/4"$ se recibirá en 2 tanques para de ahí impulsarla por medio de 6 bombas Worthington de $20" \times 18"$ hasta 2 arreglos radiales de 8 ciclones de $26"$ cada uno. Las arenas provenientes de estos ciclones caerán en un tanque de control de $27' \times 18'$. La pulpa nuevamente será impulsada por 4 bombas similares a las anteriores hasta 2 -- arreglos radiales con 6 ciclones de $26"$ c/u. El objetivo de estos bancos de ciclones es eliminar la parte del mineral a -150 mallas, que se unirá con el flujo de las colas primarias para continuar a la presa de jales. Estos finos representan aproximadamente el 13.8 % en peso del mineral alimentado a la planta flotante.

Las arenas de los 2 últimos arreglos ciclónicos -- se conducirán hasta 6 tanques acondicionadores de $7' \times 7'$. El tiempo de acondicionamiento de la pulpa será de 2 minutos, y se empleará una emulsión con las características siguientes:

PRODUCTO	ACONDICIONAMIENTO		
	Kg/ton	Peso (%)	Función
Flotapol	0.072	20.0	Promotor principal
Sulfato de petróleo	0.024	6.7	Colector auxiliar y espumante
Diesel	0.024	6.7	espumante
Agua	0.240	66.6	vehículo

Esta emulsión será alimentada mediante un tanque de cabeza constante a razón de 10.2 lt/min. Después del -- acondicionamiento se recibirá la pulpa en un tanque regulador para de ahí ser impulsada por medio de 2 bombas de $20" \times 18"$

hasta 2 distribuidores de pulpa que alimentarán a 4 bancos de flotación, con 5 celdas por banco y una capacidad de 500 pies³c/celda.

La pulpa alimentada a la flotación primaria tendrá las siguientes características:

ALIMENTACION A FLOTACION

MATERIAL	ton/hr	m ³ /hr
Mineral	1,695.9	702.7
Agua	3,603.8	3,498.8
Pulpa	5,299.7	4,202.5
P.H.	7.2 - 7.6	
% sólidos	32	
Densidad de la pulpa	1.26	
USGPM	18,503.1	

El tiempo de flotación será de 3 minutos. Se obtendrán cerca de 360 ton/hr de concentrado de fosforita con leyes de 20 a 24 % de P₂O₅. Este producto representa el -- 18 % en peso del mineral alimentado a la planta flotante. -- En esta flotación se logrará una recuperación del 70 al 80 % de los valores de P₂O₅.

Las colas de la flotación primaria se enviarán -- por medio de 2 bombas de 20" x 18" hacia la presa de jales. Tendrán un contenido de reactivos inferior a las 5 ppm (partes por millón), el cual se degradará por oxidación al reaccionar con la calcita del terreno, por lo cual no se ha considerado ninguna posible contaminación del área causada por los reactivos usados.

La pulpa que constituye el concentrado primario -- de la planta flotante pasará a 2 tanques de control de 12' x 12' para luego ser enviada por 2 bombas de 12" x 10" hasta -- la planta en tierra.

VIII. 4.- PLANTA EN TIERRA

Esta planta tiene como objetivo subir la ley de los concentrados primarios que fueron obtenidos en la planta flotante. Estos concentrados pasarán por diversas operaciones de cribado, clasificación ciclónica, clasificación gravimétrica, acondicionamiento, flotación inversa, lavado y filtración; para obtenerse finalmente 178 ton/hr de concentrado de fosforita con una ley del 30% de P_2O_5 .

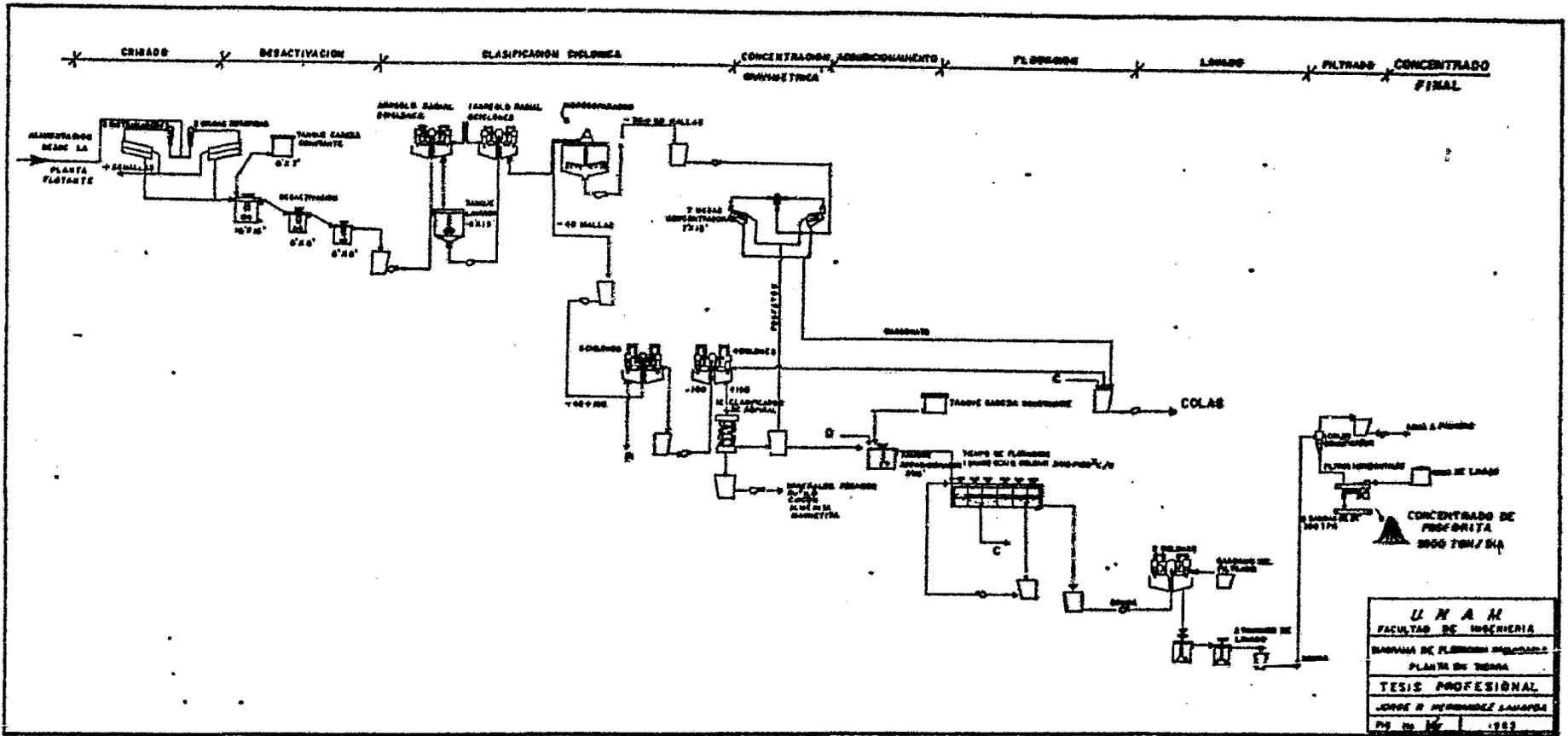
La alimentación a la planta en tierra se hará desde la planta flotante por medio de una tubería de 10" de diámetro, y tendrá las características siguientes:

ALIMENTACION A PLANTA EN TIERRA

MATERIAL	ton/hr	m ³ /hr
Mineral	359.1	149.0
Agua	736.8	715.3
Pulpa	1,095.9	864.3
% sólidos	32.8	
Densidad de la pulpa	1.27	
USGPM	3,805.7	

El concentrado primario se recibirá en la planta en tierra y pasará por medio de 2 distribuidores a 2 cribas estacionarias con malla de acero y abertura rectangular a -28 mallas. El producto -28 mallas representa el 96 % en peso del concentrado primario.

En la planta en tierra se llevará a cabo la flotación secundaria del concentrado de fosforita. Debido a que se utilizarán concentrados catiónicos en esta flotación se requiere destruir la acción de los reactivos ya agregados para realizar la flotación primaria. Esto se logrará haciendo pasar el producto -28 mallas por 3 tanques de desactivación de 8' x 8', y agregando cerca de 4 kg de H_2SO_4 concentrado (al 93 %), por tonelada de concentrado primario y con



U N A M
 FACULTAD DE INGENIERIA
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA
 PLANTA DE TIERRA
TESIS PROFESIONAL
 JORGE R. HERNANDEZ SANCHEZ
 1982

el fin de lograr un P.H. de 6.5 . Este reactivo ácido será alimentado en forma de solución con una concentración al 20% de ácido sulfúrico con dilución en agua, y un gasto de solución aproximado de 110 lt/min.

La pulpa ya desactivada se recibirá en un tanque regulador, y de ahí será impulsada por medio de una bomba -- de 14" x 12" hasta un arreglo radial de 2 ciclones lavadores de 26"; las arenas que se obtendrán se pasarán hasta un tanque lavador de 16' x 15'. La pulpa descargada por este tanque será enviada por medio de una bomba de 20" x 18" hasta otro arreglo radial con 6 ciclones lavadores de 26".

En resumen, el paso de la pulpa por los 2 arreglos ciclónicos anteriores tiene por objeto la eliminación de ácido, agua y finos; el total de finos eliminados por ambos arreglos representa el 1.9% en peso del mineral alimentado a la planta en tierra, y se ha considerado la eliminación de ellos hacia la presa de colas, o bien su sedimentación y recirculación posterior en este proceso por constituir concentrado primario.

Las arenas del arreglo de 6 ciclones pasarán a un tanque hidroseparador de 24' x 10' en el que se efectuará la separación de los tamaños -28 + 48 mallas en la pulpa espesa y el tamaño -48 mallas en el derrame del espesador.

La pulpa espesa se impulsará por medio de una bomba de diafragma hasta un tanque y de ahí se enviará por medio de una bomba de 6" x 5" al distribuidor de la pulpa que alimentará a 7 mesas concentradoras Wilfley de 7' x 15'. En estas mesas se llevará a cabo la separación de los fosfatos de los minerales cálcicos, para enviar los primeros al acondicionamiento previo a la flotación inversa, y a los cálcicos hacia la presa de colas.

El derrame del hidroseparador se recibirá en un -

tanque y por medio de una bomba de 20" x 18" se alimentará a un arreglo radial con 5 ciclones de 26" que tendrá la función de separar las fracciones -100 mallas en los finos y -48 + 100 mallas en las arenas.

El producto a -100 mallas se recibirá en un tanque y por medio de una bomba de 20" x 18" se alimentará a otro arreglo radial con 4 ciclones de 26", donde se eliminará el producto fino a -150 mallas que se juntará con los cálcicos de las mesas y las colas de la flotación inversa. El compuesto de los 3 flujos anteriores, (finos a -150 mallas, cálcicos de las mesas wilfley y las colas de la flotación inversa), sumará un total aproximado de 140 ton/hr de mineral y representa el 39% de la alimentación a la planta en tierra. Será enviado a la presa de jales localizada junto a esta planta.

El flujo -48 + 100 mallas obtenido en el arreglo de 5 ciclones irá a acondicionamiento para su flotación posterior. Las arenas del arreglo de 4 ciclones (-100 + 150) se alimentarán a una serie de 12 clasificadores de espiral Humphreys, en donde se efectuará la separación de fosfatos y minerales pesados (ilmenita, hematita, rutilo, zircón y magnetita), minerales que se mandarán a una área seleccionada de la presa de jales para facilitar su posible beneficio posterior. Se obtendrán cerca de 18 ton/hr de minerales pesados, que se recibirán en un tanque y serán enviados por medio de una bomba de 5" x 4" a su respectivo almacenamiento.

Los fosfatos de los clasificadores de espiral y de las mesas se juntarán en un tanque y por medio de una bomba de 8" x 6" serán impulsados a un tanque acondicionador de 8' x 8', en donde se juntarán con las arenas a -48+100 mallas provenientes del arreglo de 5 ciclones.

La pulpa que se va a acondicionar tiene las siguientes características:

MATERIAL	ton/hr	m ³ /hr
Mineral	303.3	125.8
Agua	275.5	267.5
Pulpa	578.8	393.3
% sólidos		52.4
Densidad de la pulpa		1.47
USGPM		1,731.6

El tiempo de acondicionamiento será de 15 a 30 segundos, y la emulsión empleada tendrá las siguientes características:

PRODUCTO	ACONDICIONAMIENTO		Función
	Kg/ton	Peso (%)	
Amina	0.500	20.0	Promotor principal catiónico
Acido Acético	0.125	5.0	Vehículo disolvente
Aceite de pino	0.180	7.2	Espumante
Agua	1,695	67.8	Vehículo

Esta emulsión se alimentará al circuito por medio de un tanque de cabeza constante, con un gasto de 13 lt/min.

La pulpa ya acondicionada se pasará a un banco de 6 celdas de 500 pies³ c/celda, en donde se realizará la flocación inversa. El tiempo de flotación será de 1.5 minutos, y se logrará una recuperación media del 60% de los valores de P₂O₅.

La cabeza total de esta flotación secundaria comprenderá también la recirculación de los medios provenientes de las 2 últimas celdas del banco de flotación, por lo cual

la cabeza real alimentada será la siguiente:

ALIMENTACION A FLOTACION

MATERIAL	ton/hr	m ³ /hr
Mineral	351.9	146.0
Agua	976.0	947.6
Pulpa	1,327.9	1,093.6
% de sólidos		26.5
Densidad de la pulpa		1.21
USGPM		4,814.9

El derrame de las primeras 4 celdas constituirá - las colas de la flotación y se juntará con los cálcicos y - el producto fino del arreglo con 5 ciclones para enviarse a la presa de jales.

El concentrado de fosfatos se recibirá en un tanque y se impulsará por medio de una bomba de 14" x 12" hasta un arreglo de 2 ciclones (de iguales dimensiones a los anteriores), para la eliminación del agua hasta tener una densidad del 60% de sólidos en la pulpa. Este material -- pasará a 2 tanques de lavado de 8' x 8', para luego ser impulsado por medio de una bomba de 10" x 8" a un ciclón densificador de 26", en el cual se efectuará la separación adecuada de los concentrados y el agua que se recirculará al - proceso.

La pulpa que constituye los concentrados de fosforita se alimentará a 2 filtros horizontales de 22' de diámetro. Esta pulpa tendrá las siguientes características:

MATERIAL	ton/hr	m ³ /hr
Mineral	178.4	74.0
Agua	118.9	115.4
Pulpa	297.3	189.4

% de sólidos	60.0
Densidad de la pulpa	1.57
USGPM	833.9

En los filtros se lavará el concentrado de fosforita con el objeto de reducir el contenido de cloruros a menos de 200 partes por millón. Esta operación facilitará el manejo posterior y secado del concentrado al disminuirse el contenido de sales que lo apelmazan y dificultan su movili- zación.

El consumo de agua dulce variará entre 0.4 y 0.6 m³/ton de concentrado. El producto final obtenido en la - planta en tierra tendrá un porcentaje de humedad del 17% en peso, y será enviado por medio de 3 bandas de 24" al -- almacén de concentrados para favorecer su secado hasta lo- grar un 6% de humedad y poder realizar su embarque poste- riormente.

El almacén de concentrados recibirá cerca de -- 5,000 ton/día de concentrados de fosforita con una ley del 30 % de P₂O₅.

VIII. 5.- CONCLUSIONES

--El circuito del sistema de beneficio se diseñó para beneficiar 50,000 ton/día de arenas fosfóricas con -- una ley de 4.05 % de P₂O₅. Esta alimentación se hará a la Planta por medio de dos dragas marinas de succión que rea- lizarán la explotación del yacimiento.

--El sistema de beneficio propuesto es bastante simple. Se desarrollará en dos etapas: una flotación --- primaria que se llevará a cabo en una Planta Flotante que estará montada sobre un chalán de concreto pre-esforzado,

y otra flotación secundaria que será inversa (flotación de colas) y se realizará en una Planta en Tierra.

--Una de las características propias en el beneficio del mineral es el uso de agua salada en todo el proceso, excepto para el lavado final del concentrado de fosforita que tiene por objetivo la eliminación de cloruros, y en el cual se usará agua dulce. Otra característica distintiva del circuito de beneficio es el empleo de mesas de concentración gravimétrica (Wilfley) que tendrá por objeto la separación de los carbonatos y fosfatos.

--La recuperación metalúrgica total de los valores de fosforita es del 42%, teniéndose una recuperación parcial en la Planta Flotante del 70% y otra parcial del 60 % en la Planta en Tierra.

--Los materiales que se manejarán en el beneficio del mineral son los siguientes:

Material	ton/día	peso (%)	ley % P_2O_5
Alimentación a Planta flotante	50,000	100.0	4.05
Alimentación a Planta en Tierra	8,618	17.24	20 a 24

--Los productos finales obtenidos en el beneficio son los siguientes:

Material	ton/día	Peso (%)	Ley % P_2O_5
Concentrado final	5,000	10.0	30
Minerales pesados	432	0.86	
Colas de todo el proceso	44,568	89.14	1.18

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FINALES

IX. 1.- CONCLUSIONES

1. El yacimiento de roca fosfórica de Santo Domingo se localiza a 220 km al NW de la ciudad de la Paz, en Baja California Sur. Abarca una área paralela a la costa, de 70 km de longitud y 20 km de ancho. Está limitado hacia arriba por la superficie del terreno y tiene una profundidad económicamente explotable de 15 m bajo el nivel del mar.
2. El depósito está constituido por los minerales fluorapatita y francolita, (minerales que tienen la forma de intraclastos y oolitos), que se encuentran dentro de arenas constituidas por cuarzo, calcita, feldespatos, minerales pesados y fragmentos de roca.
3. Se ha determinado en el yacimiento la presencia de un material competente al que se ha denominado coquina, material que está compuesto por conchas de moluscos dentro de una matriz arenosa, estando cementadas las conchas por calcita.
4. Con la exploración inicial se interpretó a la coquina formando lentes pequeñas y aisladas. Como resultado de esta exploración se delimitó la zona con las más altas leyes de P_2O_5 , zona que se denominó Fondo Mine-ro. Tiene reservas del orden de los 459 millones de toneladas, con una ley de 4.05 % de P_2O_5 . Esta área se subdividió en 5 zonas con el objeto de planear su exploración y explotación posteriores.
5. Estudios posteriores han revelado que la coquina re -

presenta el 29.72 % en peso de la zona Fundo Minero y el 61.36 % en peso del área 1er año de explotación.

Se ha definido que la coquina no sigue ningún patrón de distribución y se le encuentra en toda la zona.

Es más abundante abajo del nivel del mar, sin embargo arriba de este nivel se encuentra formando algunas -- lentes pequeñas y aisladas. Sus espesores son variables.

6. En vista de la dificultad que representa la coquina -- para el dragado del yacimiento de Santo Domingo, debido a su consistencia, se orientó la exploración posteriormente hacia la determinación de los bancos de arena que fuera posible minar sin tener la presencia de la coquina.
7. Después de la realización de un estudio sobre las alternativas de minado seleccionadas para la explotación del Yacimiento de Santo Domingo se escogió al Sistema de Minado Hidráulico mediante el uso de dragas de succión por ser el que presentó las mayores -- ventajas técnicas y económicas.
8. El equipo de producción seleccionado para realizar el Minado Hidráulico está constituido por 2 dragas Elliott, Serie 3000 E y modelo Super Dragón.
9. El diseño de la estructura de las dragas y sus sistemas de operación fueron hechos para trabajar en materiales sueltos, poco compactos, del tipo de las arenas y gravas. Trabajando en estos materiales se tiene una capacidad especificada de 1,100 ton/hr de -- acuerdo con las características de operación planeadas.
10. La fuente de energía con la que trabajan las dragas --

es la electricidad. Los 2 motores principales de este equipo son eléctricos: uno de ellos acciona a la bomba de succión y el otro le da potencia al sistema hidráulico que acciona al cortador, y a los winches del cortador, de la escala, de giro y de los zancos.

11. Las dragas están constituidas por un conjunto de sistemas eléctricos, hidráulicos, neumáticos (aire), que se pueden operar manualmente desde la cabina de controles y el cuarto de máquinas.
12. Los tipos de cortadores existentes en el Mercado Internacional son: Tipo Canasta, Tipo Araña, Tipo Canasta Modificada y Tipo Arco.
13. En el Mercado Internacional existen 5 tipos de navajas para los cortadores, las cuales fueron diseñadas para trabajos específicos de dragado, dichas navajas son: navaja plana, navaja plana aserrada, navaja aserrada, navaja con dientes fijos y navaja con portadientes.
14. Los diferentes tipos de dientes que se fabrican en el Mercado Internacional son los siguientes: diente largo de Punta, diente de cincel, diente trapezoidal, diente de cincel delgado y diente de punta.
15. La planeación de la explotación del Yacimiento de Santo Domingo se hizo en la zona denominada "Fundo Minero".
16. Como parámetro de planeación se consideró un ritmo de explotación de 50,000 ton/día. Se estimaron 300 días de trabajo al año, con 3 turnos de operación - de 8 hrs efectivas de dragado cada uno.

17. La preparación para iniciar la explotación del yacimiento la constituye el dragado de un canal de acceso que comunicará al mar con la zona del inicio de la explotación. Tendrá una longitud de 1,300 m y una sección trapezoidal.
18. La explotación del yacimiento se realizará en bloques denominados "lagos de explotación", cada uno de los cuales tendrá un desarrollo de 500 m de ancho, 200 m de largo y una profundidad de 15 m bajo el nivel del mar, con una altura promedio en el corte de 21 m.
19. Los lagos de explotación se trabajarán con las 2 dragas, que llevarán un frente común de 100 m ancho. Para su desarrollo las dragas harán un primer corte a 3.50 m de profundidad a lo largo del canal, después de lo cual se regresarán al punto de inicio del corte con el objeto de profundizar 1.0 m más, y mediante la repetición de este ciclo hasta alcanzar la profundidad de 15 m. Terminada la explotación de un lago se iniciará la explotación de otro adyacente.
20. Los avances físicos que se tienen actualmente para realizar el minado del yacimiento de Santo Domingo en la zona denominada Fundo Minero los constituyen el dragado del canal de acceso hacia el área del 1er año de explotación y la construcción del dique que cierra la comunicación de esta área con el mar.
21. Este canal de acceso tiene un desarrollo de 1450 m, estando los primeros 650 m a una profundidad de dragado de 5.50 m referidos a la baja mar inferior, y los 800 m restantes están dragados a 3.50 m de profundidad.

22. El canal se construyó con una sección trapezoidal y se excavaron cerca de 1'200,000 ton en un tiempo de 6 meses, en los que se tuvieron cerca de 1,700 horas de -- operación efectiva de dragado.
23. En el desarrollo de este canal se tuvieron las siguientes características de operación:
- El mayor tiempo efectivo de dragado/mes fue de 417 - hr, lo cual arroja un promedio de 17 hr efectivas de -- dragado por día.
 - La producción más alta alcanzada fue de 948 ton/hr.
 - El avance promedio que se logró durante la operación de dragado fue de 10 m lineales/día.
24. Los problemas operativos más frecuentemente encontrados en el dragado del canal los constituyen el desgaste --- excesivo de los elementos de corte y las vibraciones -- que se producen en las dragas al cortar el equipo la co quina del yacimiento.
25. El mineral que constituye el yacimiento es muy abrasivo, razón por la cual cuando se llevaban cerca de 300 m en el desarrollo del canal de acceso, se desgastaron com-- pletamente las navajas planas que traía el cortador ori-- ginalmente y se substituyeron por navajas con portadien-- tes y dientes.
26. Para lograr mayores resistencias al impacto en los dien-- tes y durabilidad en estos elementos, se usó soldadura en los ágaves, portadientes y dientes. Se obtuvieron - resultados satisfactorios, pero que no fueron concluyen tes.
27. Con base en los resultados de la prueba de dragado rea-- lizada, se concluye que con el diseño actual de las

dragas sólo es posible trabajar en arenas y no el material coquinoide.

28. La duración máxima de los dientes que sufren el mayor desgaste (los 2 ó 3 primeros de cada ágave) es de 50 hrs efectivas en promedio y trabajando sobre un material de dureza media, los dientes posteriores tienen una duración promedio de 600 hrs.
29. Los elementos de corte de las dragas los constituyen un cortador Tipo Canasta, una navaja con portadientes y los dientes de cincel. Dichos elementos están fabricados de un acero con aleación de níquel, cromo y molibdeno; sin embargo dichos elementos poseen poca resistencia al desgaste y al fisuramiento producido por el impacto.
30. El mantenimiento del equipo constituye un factor importante para el desarrollo normal de la operación de dragado, más aún para el funcionamiento correcto del sistema hidráulico, que es el que activa al cortador de la draga.
31. Se concluye que el tiempo efectivo máximo que se deberá tomar en cuenta para la planeación de la explotación es de 6 hr por turno, tomando en consideración los tiempos muertos y los tiempos auxiliares de la operación de dragado.
32. Se estima que la producción máxima que se puede alcanzar con el equipo de dragado de que se dispone actualmente y trabajando con una operación normal es de 40,000 ton/día aproximadamente, trabajándose las 2 dragas a plena capacidad.

33. El circuito del sistema de beneficio se diseñó para procesar 50,000 ton/día de arenas fosfóricas con una ley media de 4.05 % de P_2O_5 . Esta alimentación se -- hara a la Planta por medio de dos dragas marinas de -- succión que realizarán la explotación del yacimiento. Al final del proceso se obtendrán 5,000 ton/día de -- concentrados de fosforita con una ley del 30 % de -- P_2O_5 .
34. El sistema de beneficio propuesto es bastante simple. Se desarrollará en 2 etapas: una flotación primaria que se llevará a cabo en una Planta Flotante que es-- tará montada sobre un chalán de concreto pre-esforza-- do y otra flotación secundaria que será inversa y -- se realizará en una Planta en Tierra.
35. La recuperación metalúrgica total de los valores de fosforita es del 42 %, teniéndose una recuperación -- parcial en la Planta en Tierra del 50 % y otra par-- cial en la Planta Flotante del 70%.

IV. 2.- RECOMENDACIONES

1. Se considera conveniente continuar con el desarrollo y comprobación posterior de programas de exploración que tengan por objetivos la determinación de la localización y distribución de la coquina, y la delimitación de los bancos de arena, con sus leyes correspondientes.
2. Se recomienda hacer una revisión detallada de estudio - que se hizo para seleccionar el sistema de minado más - conveniente para la explotación del yacimiento de Santo Domingo para establecer objetivamente cuáles fueron los parámetros que se esperaban en la operación de dragado. Con base también en el análisis de - los resultados de dragado logrados a la fecha se puede definir claramente cuáles son los problemas encontrados en el desarrollo de esta operación.
3. Para realizar la planeación de la explotación del yacimiento es oportuno considerar que el equipo de dragado fue diseñado para trabajar en arenas sueltas y no en - materiales cementados, por lo cual al realizarse la operación de dragado en la coquina es de esperarse dificul tades que causarán paros en la operación de dragado.
4. Es conveniente obtener más información sobre las dragas, información que permita conocer mejor las características específicas del equipo y los parámetros de opera -- ción esperados en una operación de dragado normal, esto es con el objeto de lograr un mejor aprovechamiento del equipo.
5. Para el correcto aprovechamiento del equipo se estima - importante la realización de un minado inicialmente se -- lectivo en el cual se exploten los bancos de arenas del yacimiento.

6. Deben realizarse varias pruebas de dragado que tengan -- por objetivos:
 - La determinación de la capacidad real de las dragas y la revisión del comportamiento de sus sistemas de -- trabajo dragando en arenas, a una profundidad máxima de 15 metros bajo el nivel del mar.
 - La cuantificación de la duración de los dientes del cortador, probando diferentes aleaciones de acero, para determinar cuál es la aleación más conveniente para usarse en el dragado.

7. Es aconsejable realizar periódicamente un mantenimiento preventivo a las dragas, especialmente a su sistema hidráulico, con el objeto de evitar paros inesperados durante la operación de dragado.

8. Es conveniente realizar un estudio de tiempos y movimientos con el fin de medir los tiempos muertos y los -- tiempos auxiliares en el dragado, que permita determinar realmente el tiempo efectivo esperado de dragado/turno en el desarrollo normal de la operación.

BIBLIOGRAFIA

CIFUENTES D., Marco y Bonilla G., Rafael; 1982. Levantamiento Geofísico de Sismología de Refracción en el Area del Puerto A. López Mateos, B.C.S. Reporte Inédito. Geociencias Aplicadas S.A.

CUMMINS, Arthur & Given, Ivan; 1973. Mining Engineering - Handbook. Society of Mining Engineers, AIME. New York.

D'ANGLEJAN, Bruno Francois; 1965. "The Marine Phosphorite Deposit of Baja California, México." Present Environment -- and Recent History: Ph. D. Disertation University of California, San Diego.

ELLICOTT Machine Corporation. Manual de instrucciones de la Draga Ellicott, 3000 E, Modelo Super Dragón.

-Manual de Operaciones

-Manual de Partes

-Catálogos

ESCANDON Valle, Francisco; 1980. Los Yacimientos de Fosforita de San Juan de la Costa y Santo Domingo. Reporte Inédito. Rofomex.

ESPINOZA de Leon, Luis; 1982. Estudio Descriptivo de los Productos del Beneficio de Minerales Fosforíticos de Baja California Sur, de San Juan de la Costa y Santo Domingo. Reporte Inédito. Rofomex.

-1982. Descripción del proceso de beneficio de Minerales Fosfáticos de San Juan de la Costa y Santo Domingo de Baja California Sur. Reporte Inédito, Rofomex.

FLORIDA Machine and Foundry. Cortadores para Bragas. Catálogos.

HERNANDEZ Contreras, Moisés; 1982. Programa de Barrenación para detectar la Coquina. Reporte Inédito. Rofomex.

-1982. Banco de Arenas, Zona Primer Año de Mina-
do, Unidad Santo Domingo. Reporte Inédito. Ro-
fomex.

-1982. Banco de Arenas, Zona 5000N - 4000N, 000-
600E, Unidad Santo Domingo, Reporte Inédito. --
Rofomex.

KEPNER y Tregoe; 1978. El Directivo Racional. M^cGraw Hill.
México.

MAEDA Martínez, Carlos; 1983. Resultados de la Operación -
en 1982, Minería. Reporte Inédito. Rofomex.

McKEE, Dave; 1979. Estudio de Factibilidad Técnica y Eco-
nómica para la explotación del yacimiento de Santo Domingo,
en Baja California Sur.

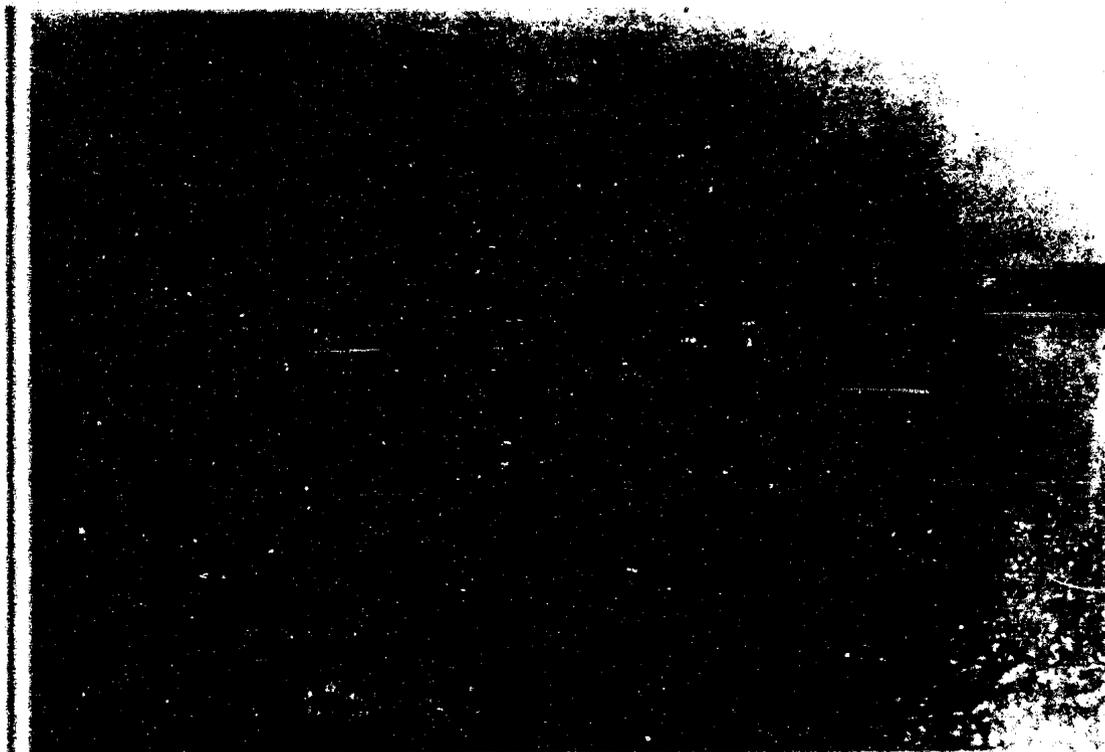
MINA, Federico; 1957. Bosquejo Geológico del Territorio -
Sur de la Baja California. Boletín de la Asociación Mexi-
cana de Geólogos Petroleros. Vol. IX No. 3 y 4.

OREGON Andría, Juan J. y Escandón Valle, F.; 1982. Aná-
lisis del Mercado Nacional e Internacional de la Roca Fos-
fórica. Reporte Inédito, Rofomex.

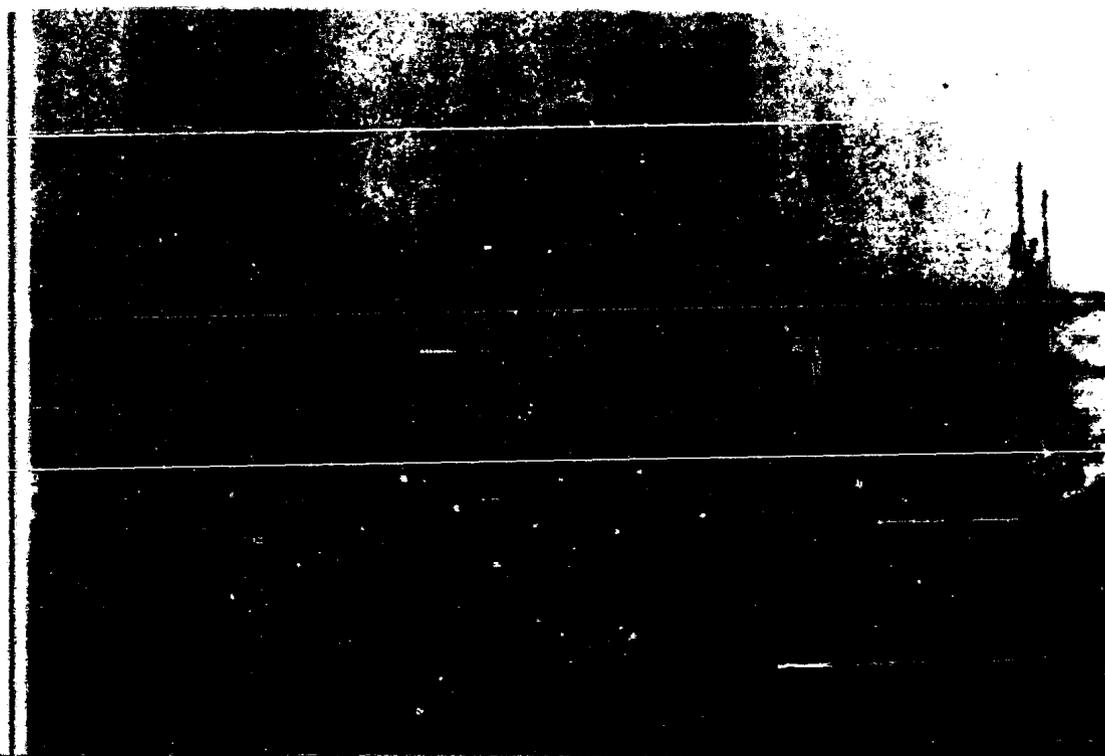
QUEROL Suñé, Francisco y otros. 1982. Estudio Geológico y
Evaluación del Yacimiento de Fosfatos en Sto. Domingo, B.C.S.
Universidad Nacional Autónoma de México.

REYES León, José M; 1983. Informe sobre la Actividad B-2A
del Programa Maestro. Reporte Inédito. Rofomex.

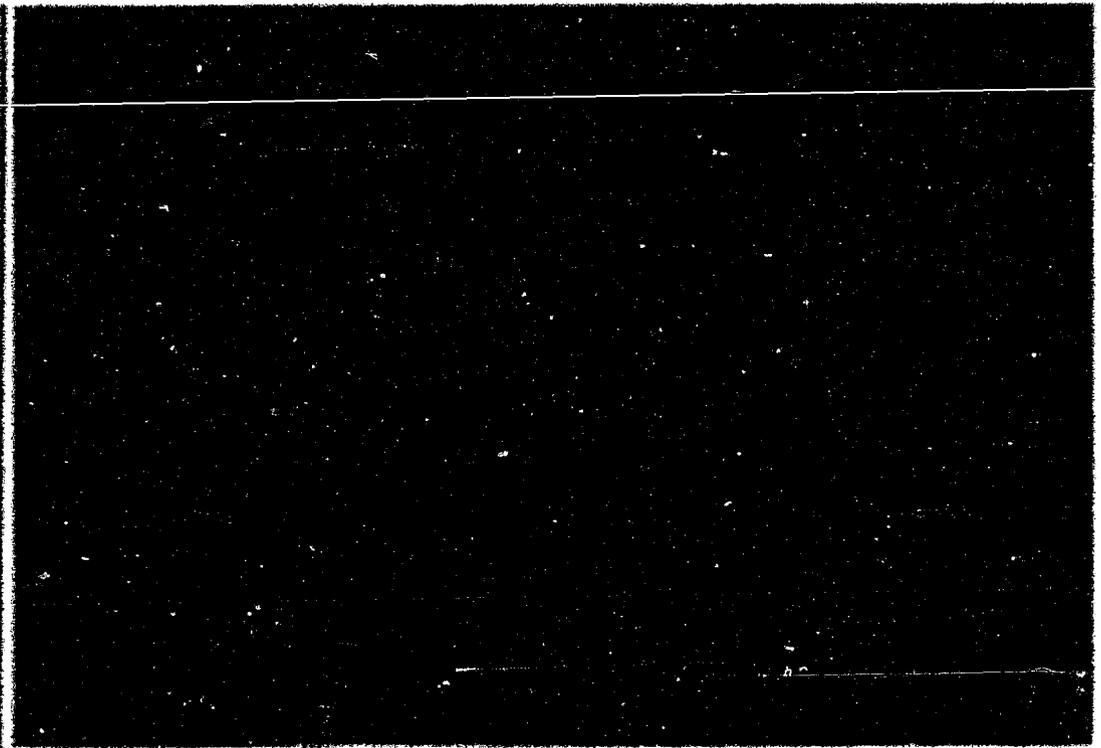
FOTOGRAFIAS DE LA UNIDAD SANTO DOMINGO



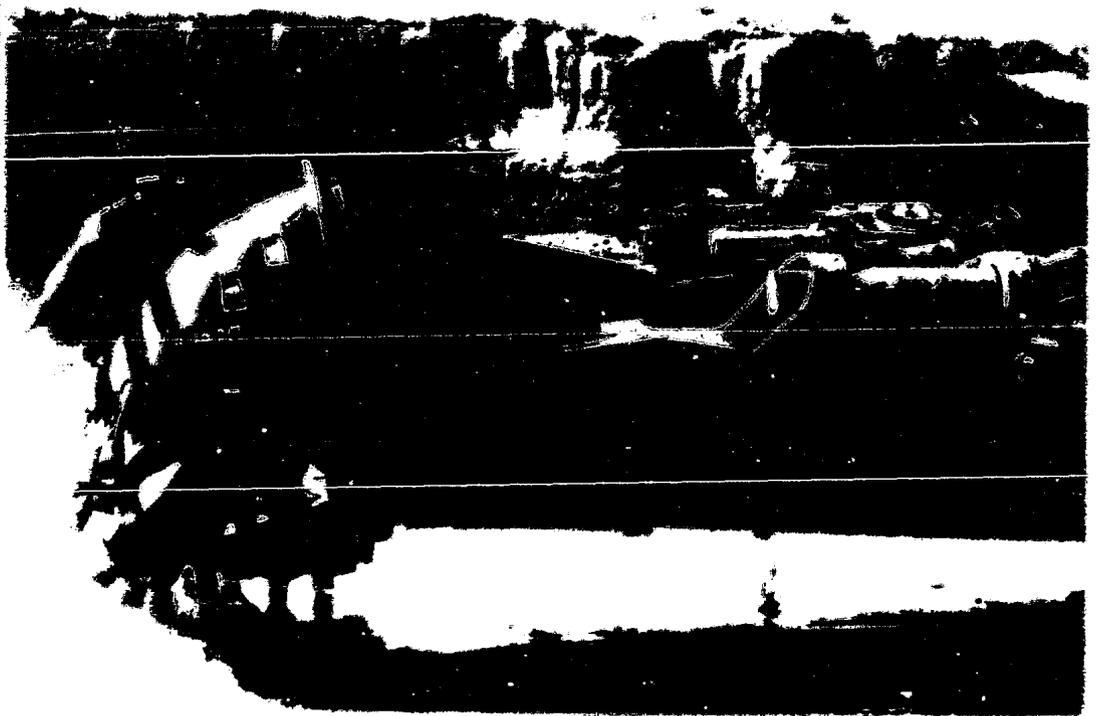
1. ECOSISTEMA EN DONDE SE LOCALIZA LA UNIDAD
SANTO DOMINGO



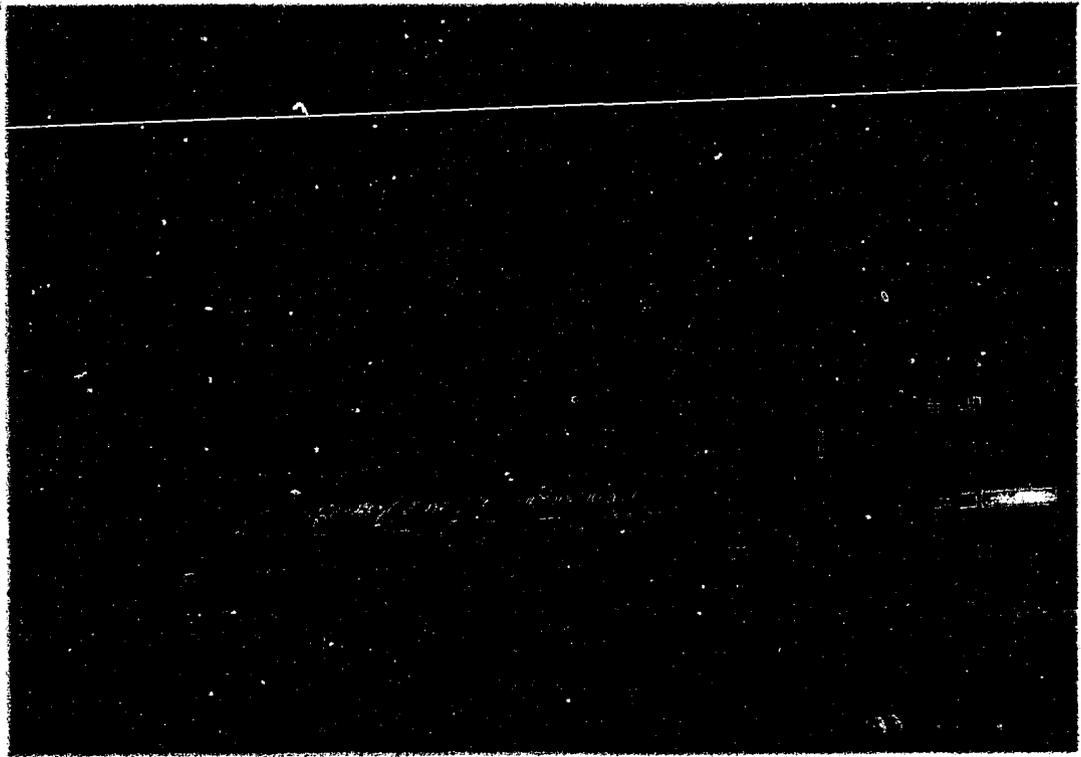
2. DRAGA Y REMOLCADOR REALIZANDO UNA MANIOBRA



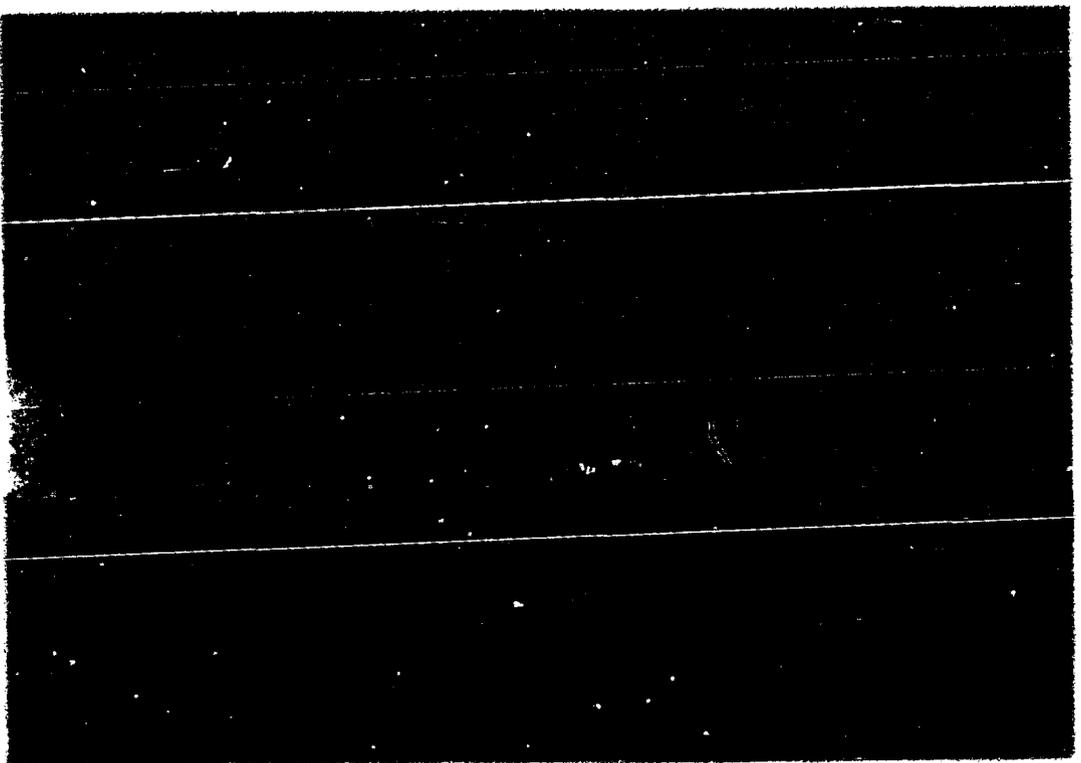
3. VISTA GENERAL DEL CANAL DE ACCESO



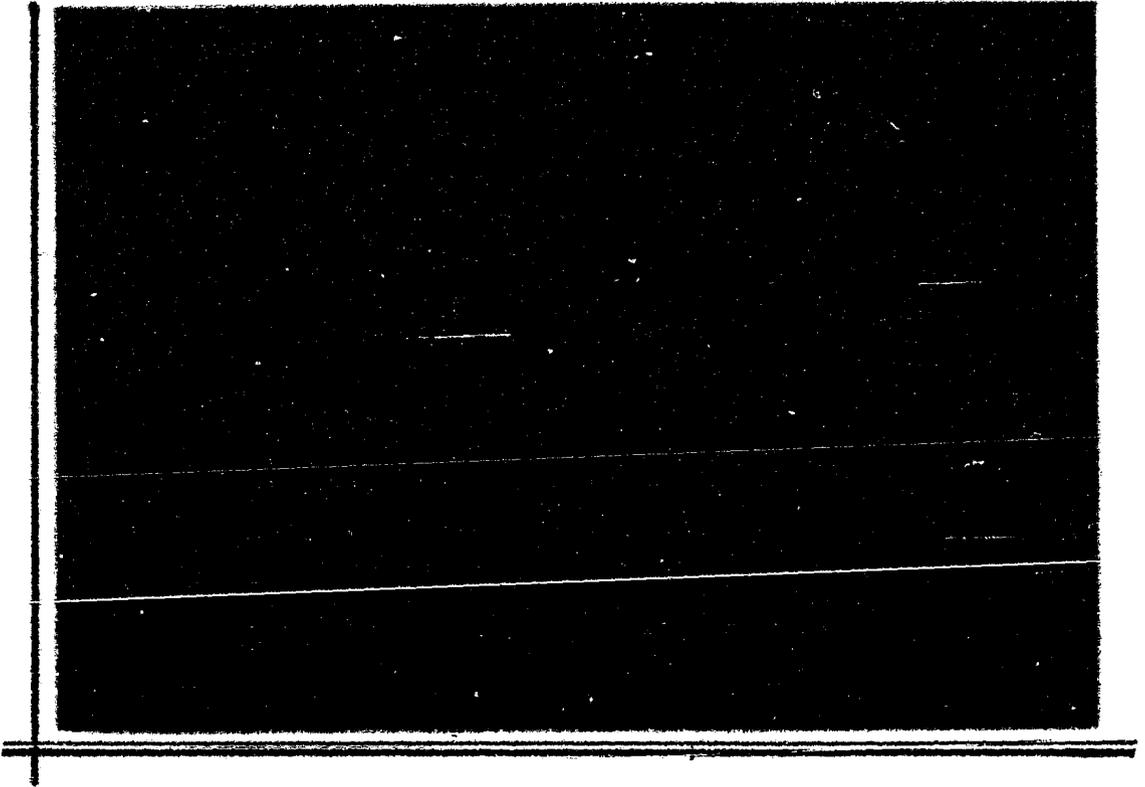
4. DETALLE DEL COSTADO DE LA DAMA



5. VISTA GENERAL DE LA UNIDAD SANTO DOMINGO



6. VISTA DE LA PLANTA FLOTANTE



7. VISTA DE LA PLANTA EN TIERRA