

2 y



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-045

SR. RAUL ALVAREZ MEJIA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Sergio Raúl Herrera Castañeda, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero geólogo:

**ESTABILIDAD DE TALUDES DE LAS MINAS DE SICARTSA,
LAS TRUCHAS, MICH.**

- I ANTECEDENTES
 - II INFORMACION GENERAL
 - III GEOLOGIA
 - IV ESTUDIOS DE MECANICA DE ROCAS
 - V ANALISIS DE ESTABILIDAD
 - VI METODOS DE CONTROL PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES
 - VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria, a 5 de abril de 1990
EL DIRECTOR

DANIEL RESENDIZ NUÑEZ

FALLA DE ORIGEN



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 está 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

RESUMEN	1
I.- ANTECEDENTES.	3
a). AGRADECIMIENTOS	4
II.- INFORMACION GENERAL.	
a). LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO.	5
b). FISIOGRAFIA.	7
c). PRODUCCION.	8
d). PLANES FUTUROS.	10
III.- GEOLOGIA REGIONAL.	
a). GEOLOGIA	11
b). TECTONICA.	12
c). GEOLOGIA LOCAL.	13
d). DESCRIPCION DEL YACIMIENTO.	15
e). GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	16
f). CIRCULACION DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS.	18
g). SISMICIDAD.	20
IV.- ESTUDIOS DE MECANICA DE ROCAS.	
a). ESTUDIOS REALIZADOS.	23
b). PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS.	26
c). MACIZO ROCOSO.	28
V.- ANALISIS DE ESTABILIDAD.	
a). CONSIDERACIONES GEOLOGICAS, GEOMETRICAS Y GEOMECANICAS.	29
b). RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANALISIS EMPLEADOS.	32
VI.- METODO DE CONTROL PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES.	
a). APLICACION DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	35
b). ANALISIS DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LINITE DE LAS ROCAS.	42
c). CONTROL DE LA FLUCTUACION DE LOS NIVELES DEL AGUA SUBTERRANEA.	50
d). MONITOREO DE LAS VOLADURAS Y REVISION MEDIANTE ANALISIS DE ESTABILIDAD.	51
e). EFECTO DE LA CERCANIA DE LAS TEPETATERAS.	63
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	66
MAPA DE GEOLOGIA ESTRUCTURAL.	

RESUMEN

LA MECANICA DE ROCAS QUE NOS DEFINE LAS PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE ESTAS, EL CONTROL DE LOS AGENTES QUE LOS AFECTAN Y LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL, NOS PROPORCIONAN LA MISMA SEGURIDAD DE LOS TALUDES EN LOS SISTEMAS DE MINADO A CIELO ABIERTO, COMO ES EL CASO DE LA EXPLOTACION DE MINERAL DE FIERRO EN LA "SIDERURGICA LAZARO CARDENAS LAS TRUCHAS, S. A.", EN EL ESTADO DE MICHOACAN QUE MANTIENE UNA EXPLOTACION DE 60,000 TONS. TODO UNO POR DIA.

LA MINERALIZACION SE RELACIONA CON LOS EVENTOS GEOLOGICOS QUE ORIGINARON LA PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR.

EXISTEN DEPOSITOS DE CALIZA SUBARRECIFAL, ROCAS VOLCANICAS ANDESITICAS INTERESTRATIFICADAS CON CAPAS ROJAS Y PIROCLASTICOS DE LA FORMACION TECALITLAN CORRELACIONABLES CON LA FORMACION SAN LUCAS, QUE FORMAN EL CONJUNTO PETROTECNICO ZIHUATANEJO-COALCOMAN Y SOBREVACEH AL GRUPO LA MIRA DE EDAD MIOCENO-PLEISTOCENO.

LAS ROCAS ENCAJONANTES EN LOS YACIMIENTOS SON PORFIDO ANDESITICO, PORFIDO DIORITICO Y SKARN DE GRANATE, CON UNA GEOLOGIA ESTRUCTURAL BASTANTE COMPLEJA REPRESENTADOS POR DOS SISTEMAS DE FALLAS ESCALONADAS Y UN TERCERO QUE ES POSTERIOR A LOS OTROS.

LA CIRCULACION DE AGUAS SUBTERRANEAS SE DEFINE COMO CIRCULACION POR PERMIABILIDAD SECUNDARIA, AL DEFINIR A LAS ROCAS COMO IMPERMEABLES, COMPACTAS PERO CON INTENSO FRACTURAMIENTO Y FALLAMIENTO.

DE ACUERDO CON LA MECANICA DE ROCAS SE REALIZAN REGISTROS GEOMECANICOS DE LOS NUCLEOS DE BARRENACION CON DIAMANTE DE LOS CUALES SE REALIZA UN MUESTREO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE LAS ROCAS, LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS A DETALLE DE LOS TALUDES CONFORME A LOS AVANCES, QUE NOS DAN INFORMACION EN CUANTO A LA CALIDAD DE LA ROCA Y LAS ESTRUCTURAS QUE LA EFECTAN.

PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES SE CONSIDERA LA GEOLOGIA, LA GEOMETRIA DE LA MINA, LA CUAL SE DETERMINA EN FUNCION DE LA PRIMERA Y LAS CONDICIONES DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS ENCAJONANTES.

EL ANGULO MAXIMO DE EXPLOTACION (PENDIENTE DEL TALUD) SE DEFINE MEDIANTE EL ANALISIS DE LOS REGISTROS GEOMECANICOS, LAS PRUEBAS DE MECANICA DE ROCAS Y EL USO DE LA ESTEREOGRAFIA EN LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL, CON LO QUE HASTA LA FECHA LOS RESULTADOS HAN SIDO BUENOS.

YA EN LA EXPLOTACION Y DEFINIDO EL ANGULO FINAL DE LOS TALUDES SE REQUIERE UN METODO DE CONTROL PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD, DONDE SE CONSIDERAN LAS INTERSECCIONES DE ESTRUCTURAS CON EL TALUD, LA CALIDAD DE LA ROCA, LOS EFECTOS CAUSADOS POR LAS VIBRACIONES DE LAS VOLADURAS, ASI COMO EL AGUA SUBTERRANEA Y LOS SISMOS: PARA ELLO SE REALIZAN LEVANTAMIENTOS GEOESTRUCTURALES MUY DETALLADOS DE LAS AREAS CONSIDERADAS COMO INESTABLES, SE REGISTRAN LAS VIBRACIONES DE LAS VOLADURAS Y SE MONITOREA POR MEDIO DE PIEZOMETROS LA FLUCTUACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.

ESTABILIDAD DE TALUDES EN LAS MINAS DE SICARTSA.

I.- ANTECEDENTES.

LOS YACIMIENTOS DE MINERAL DE HIERRO DE LAS TRUCHAS, FUERON DESCUBIERTOS DESDE FINES DEL SIGLO PASADO.

INICIADOS LOS ESTUDIOS EN 1905 POR MINAS DE FIERRO DEL PACIFICO, S.A., HAN PASADO POR VARIOS ESTUDIOS ENTRE LOS QUE SE ENCUENTRAN LOS HECHOS POR EL INSTITUTO NACIONAL PARA LA INVESTIGACION DE LOS RECURSOS MINERALES EN 1956, LOS DEL CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES EN 1959 Y FINALMENTE EN 1972 A 1980 POR SICARTSA, ESTA ULTIMA REALIZA TRABAJOS DE EXPLORACION A DETALLE COMPLEMENTANDO LA INFORMACION EXISTENTE CON LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS, MAGNETOMETRIA TERRESTRE, LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS, BARRENACION CON DIAMANTE Y EVALUACION DE RESERVAS.

POR EL TIPO DE YACIMIENTO, EL CUAL ES CONSIDERADO COMO METASOMATICO DE CONTACTO Y DE ACUERDO A LOS ESTUDIOS GEOLOGICOS Y ESTRUCTURALES SE DETERMINA LA EXPLOTACION A CIELO ABIERTO, LLEVANDO UN SISTEMA DE BANQUEO DE 12 METROS DE ALTURA.

DURANTE LA EXPLOTACION DE LA MINA FERROTEPEC, A MEDIDA QUE SE PROFUNDIZABA SE TUVIERON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD IMPORTANTES, TODOS ELLOS OCURRIDOS EN EL FLANCO SUR DE LA MINA, OCASIONADOS PRINCIPALMENTE POR LA BAJA COMPACTACION DE LA ROCA SEDIMENTARIA Y LOS SISTEMAS DE FRACTURAMIENTO PODEMOS CONSIDERAR EL MAS IMPORTANTE AL OCURRIDO EN EL MES DE ABRIL DE 1985 DONDE DEBIDO AL CONTROL APLICADO, NO OCURRIERON PERDIDAS HUMANAS NI MECANICAS, SOLO RETRASOS EN LA PRODUCCION AL TENER QUE REMOVERSE 1,200,000 TONELADAS DE MATERIAL. FIG. No. 1.



41. AGRADECIMIENTOS.

DESEO EXPRESAR MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO AL ING. SERGIO RAUL HERRERA CASTAEDA, POR LA GENTILIZA DE DIRIGIR Y AYUDAR A REALIZAR EL ESTUDIO PARA PRESENTARLO COMO TESIS PROFESIONAL. ASI MISMO MANIFIESTO MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A LA SRA. ARACELI ERIBIESCA ARAGON, POR SU DESINTERESADA COLABORACION EN LA TRANSCRIPCION DE ESTE TRABAJO.

II.- INFORMACION GENERAL.

a.- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO.

EL DISTRITO LAS TRUCHAS SE ENCUENTRA LOCALIZADO EN LA REGION SUR-ESTE DEL ESTADO DE MICHOACAN, CERCA DE LOS LIMITES CON EL ESTADO DE GUERRERO, EN LAS ESTRIBACIONES DE LA SIERRA MADRE DEL SUR CON LA COSTA DEL PACIFICO.

SUS COORDENADAS GEOGRAFICAS SON: 1,999,200 Y 1,999,500 DE LATITUD NORTE, 781,600 Y 783,500 DE LONGITUD OESTE.

SE ENCUENTRA COMUNICADO CON LA CARRETERA FEDERAL No. 37 MORELIA-LAZARO CARDENAS, POR UN CAMINO DE TERRACERIA DE 7 KMS. QUE PARTE DEL POBLADO DE LA MIRA, ASI MISMO, EL PUERTO DE LAZARO CARDENAS SE ENCUENTRA COMUNICADO POR VIA FERREA, AZREA Y MARITIMA. FIG. 2.

PLANO DE LOCALIZACION DE LOS YACIMIENTOS
FERRIFEROS DE LAS TRUCHAS

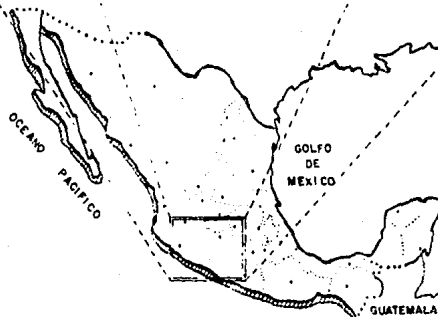
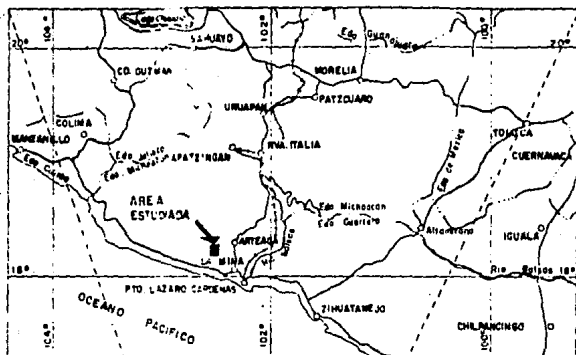


Fig. No. 2

b.- FISIOGRAFIA.

FISIOGRAFICAMENTE EL DISTRITO MINERO LAS TRUCHAS SE ENCUENTRA LOCALIZADO EN LA PROVINCIA DENOMINADA SIERRA MADRE DEL SUR, (RAIZ 1959) LA CUAL SE EXTIENDE DESDE EL EJE VOLCANICO TRANSMEXICANO HASTA EL ESTADO DE OAXACA CUBRIENDO LA PORCION MERIDIONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA, EN LA SUBPROVINCIA PLANICIES MERIDIONALES LIMITA AL NORTE, CON LA SUBPROVINCIA BALSAS-MEXCALA Y AL SUR CON LA PLANICIE COSTERA FIG. 3.



Fig. No. 3

EL SISTEMA HIDROGRAFICO LO FORMA UNA RED DENDRITICA CONTROLADA POR FALLAS Y FRACTURAS, LOS ARROYOS MAS IMPORTANTES SON: "LAS TRUCHAS", "EL BORDON", EL COLOMO, TRIBUTARIOS TODOS ELLOS DEL RIO ACALPICAN, EL CUAL DESEMBOCA EN EL MAR.

c).- PRODUCCION.

ACTUALMENTE SE ESTAN EXTRAYENDO 60,000 TONS. DIARIAS TODO UNO, PARA UNA EXTRACCION ANUAL DE 20'000,000 DE TONELADAS DE LAS CUJALES 6'500,000 SON DE MINERAL Y EL RESTO 13'500,000 TONS. SERAN DE TEPETATE PARA CUMPLIR CON LAS EXIGENCIAS DEL PROCESO SIDERURGICO.

ESTE MATERIAL SE EXTRAE DE LAS TRES MINAS EN EXPLOTACION, "FERROTEPEC" CUYA EXTRACCION ECONOMICAMENTE PRODUCTIVA DEJA DE FUNCIONAR EN MAYO DEL PRESENTE AÑO, "EL MANGO", EN ETAPA DE PREPARACION Y "EL VOLCAN", DE DONDE SE EXTRAE LA MAYOR CANTIDAD DE MINERAL PARA LA ACERIA, VER TABELA No. 1.

PROGRAMA DE EXTRACCION POR YACIMIENTO (PRESUPUESTO 1990)

TABLA No. 1

LUGAR	MILES DE TONELADAS			
	MAGNETITA	HEMATITA	TEPETATE	TOTAL
EL VOLCAN	2,500	-.-	5,000	11,800
EL MANGO	-.-	1,400	4,000	5,400
FERROTEPEC	500	-.-	500	800
MET. VOLCAN	-.-	2,000	-.-	2,000
S U N A S I	3,000	3,400	13,500	20,000

LAS RESERVAS POSITIVAS GEOLOGICAMENTE DEFINIDAS DE LAS TRUCHAS ASCIENDEN AL ORDEN DE 88.1 MILLONES DE TONELADAS DE MINERAL DE LAS CUALES 22.4 MILLONES DE TONELADAS SON HEMATITA Y EL RESTO 65.7 MILLONES DE TONS. SON MAGNETITA. LA DISTRIBUCION DEL MINERAL EN CADA UNO DE LOS YACIMIENTOS ES LA SIGUIENTE:

TABLA No. 2

YACIMIENTO	MAGNETITA	HEMATITA	T O T A L
EL VOLCAN	34.80	2.8	37.6
EL MANGO	20.50	10.3	30.8
FERROTEPEC	-.-	-.-	-.-
EL VENADO	9.7	-.-	9.7
OTROS	1.7	9.3	11.00
T O T A L:	65.7	22.4	88.1

POR SUS CARACTERISTICAS, LOS YACIMIENTOS DE SICARTSA SE EXPLOTAN POR MINADO A CIELO ABIERTO, EL ANGULO DE DISEÑO VARIA DE 52° A 56° CON BANCOS DE 12 METROS DE ALTURA, LOS CAMINOS DE ACCESO PRESENTAN UNA PENDIENTE MAXIMA DE 8.5% Y 20 METROS DE ANCHO.

"EL VOLCAN", LA MINA DE MAS IMPORTANCIA POR SU PRODUCCION QUE SE COMPONE DE MINERAL HEMATITA Y MAGNETITA, TIENE 600 METROS DE LARGO Y UN ESPESOR VARIABLE, ESTA MUY INTRUSIONADO POR DIQUES DE APLITA Y ANDESITA.

PARAMETROS DEL TAJO:

ANCHO	550 MTS.
LARGO	750 MTS.
PROFUNDIDAD	144 MTS.
ANGULO DE DISEÑO	56°

MINERAL MINABLE:

MAGNETITA	30.6 M. TONS. (45.3% DE FEMAG.)
HEMATITA	2.8 M. TONS. (60.4% DE FETOT.)
TEPETATE	65.3 M. TONS.
REL. TEP/MIN.	1.84/1

d).- PLANES FUTUROS.

SE TIENE CONSIDERADO DE ACUERDO CON LOS PROYECTOS DE EXPLOTACION A LARGO PLAZO, OBTENER A PARTIR DE 1991, LOS REQUERIMIENTOS DE MINERAL DE HIERRO MAGNETICO DE LAS MINAS EL VOLCAN QUE YA ESTA EN EXPLOTACION Y EL MANGO, LA CUAL ESTA EN ETAPA DE PREPARACION, DICHAS MINAS ALCANZARAN UNA PROFUNDIDAD DE 144 MTS. Y 136 MTS. RESPECTIVAMENTE, CON BANCOS DE EXPLOTACION DE 12 METROS DE ALTURA Y UN ANGULO DE DISEÑO DE 55° PARA LA MINA EL VOLCAN Y 52° PARA LA MINA EL MANGO ESTOS ANGULOS PUEDEN VARIAR DE ACUERDO A LOS LOGROS OBTENIDOS CON LOS ESTUDIOS SOBRE MECANICA DE ROCAS Y ESTABILIDAD DE TALUDES QUE SE LLEVARAN A CABO MONTANDO UN LABORATORIO Y UTILIZANDO PROGRAMAS DE COMPUTADORA PARA EFECTUAR ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES.

III.- GEOLOGIA

a).- GEOLOGIA REGIONAL.

LA MINERALIZACION EN EL DISTRITO LAS TRUCHAS ESTA INTIMAMENTE RELACIONADA CON LOS EVENTOS GEOLOGICOS QUE DIERON ORIGEN A LA PROVINCIA GEOLOGICA DENOMINADA SIERRA MADRE DEL SUR (LOPEZ RAMOS E. 1969).

LAS CADENAS MONTAÑOSAS CIRCUNPACIFICAS ESTAN CARACTERIZADAS POR LA EXISTENCIA DE NUMEROSOS E IMPORTANTES YACIMIENTOS DE METALES VARIADOS LOS CUALES SE ENCUENTRAN ASOCIADOS A MANIFESTACIONES VOLCANICAS, SUBVOLCANICAS Y PLUTONICAS POSTOROGENICAS DE EDAD TERCIARIA.

EN LA PORCION DE LA SIERRA MADRE DEL SUR QUE LIMITA CON EL OCEANO PACIFICO ENTRE LOS ESTADOS DE COLIMA, MICHOACAN Y NORTE DE GUERRERO, SE OBSERVAN EXTENSOS AFLORAMIENTOS DE ROCAS VOLCANICAS ANDESITICAS INTERESTRATIFICADAS CON CAPAS ROJAS DE LINOLITAS, PIROCLASTOS VOLCANICOS Y ALGUNOS HORIZONTES DE CALIZA SUBARRECIFAL. ESTOS DEPOSITOS CONSTITUYEN LA FORMACION TECALITLAN (RODRIGUEZ 1980) CORRELACIONABLES EN EDAD CON LA FORMACION SAN LUCAS (PANTOJA 1959) EN EL SECTOR HUETAMO-COYUCA. ESTAS ROCAS FORMAN EL DENOMINADO CONJUNTO PETROTECNICO DE ZIHUATANEJO-COALCOMAN (VIDAL R. CAMPA M.F. 1980) SOBREYACEN A ESTE PAQUETE ROCAS TERRIGENAS MARINAS DEL GRUPO "LA MIRA" DE EDAD MIOCENO-PLAISTOCENO.

b).- TECTONICA.

GRAN PARTE DE LA GEOLOGIA DEL CENTRO Y SUR DE MEXICO, ESTA INTIMAMENTE RELACIONADA CON EL MOVIMIENTO DE SUBDUCCION DE LA PLACA LITOSFERICA DE COCOS POR DEBAJO DE LA PLACA NORTEAMERICANA.

EN LA ETAPA INICIAL DEL DESARROLLO DEL ARCO INSULAR MEXICANO (TANNER F. WILLIAM 1971) A LO LARGO DE FALLAS PROFUNDAS QUE ALCANZAN EL ESPACIO SUBCORTICAL, SE ACUMULARON CAPAS POTENTES DE ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS Y SEDIMENTARIAS ATRAVESADAS POR INTRUSIONES DE COMPOSICION BASICA A INTERMEDIA. ENTRE LAS ROCAS MAGMATICAS FORMADAS EN ESTA ETAPA PREDOMINO LA FORMACION DEL TIPO GRANODIORITICA-SIENITICA, PARA LO CUAL ES MUY CARACTERISTICA UNA ASOCIACION DE YACIMIENTOS DE SKARN DE MENAS DE HIERRO Y COBRE, HECHO QUE QUEDA EVIDENCIADO POR LA GRAN CANTIDAD DE MINAS DE ESTOS MINERALES QUE SE LOCALIZAN A LO LARGO DE LA COSTA DEL PACIFICO SUR DE MEXICO.

DURANTE LA SEGUNDA ETAPA DE DESARROLLO DEL AREA SE LLEVA A CABO LA FASE DE PLEGAMIENTOS QUE CONDUCE A LA FORMACION DE LA PROVINCIA PLEGADA DE LA SIERRA MADRE DEL SUR, ASI MISMO, SE FORMAN GRANDES MASAS BATOLITICAS DE CUERPOS GRANODIORITICOS. POR OTRA PARTE EL VULCANISMO EVOLUCIONA GRADUALMENTE HACIA EL CONTINENTE DURANTE EL PERIODO CRETACICO ALCANZANDO SU MAXIMA ACTIVIDAD CUANDO EL ARCO SE HALLABA EN LA PARTE CENTRAL DE LA REGION (CONEY Y REYNOLDS 1977).

UN SEGUNDO PERIODO DE VULCANISMO SE LLEVA A CABO EN LA REGION COSTERA DEL PACIFICO A PRINCIPIOS DEL MIOCENO. DURANTE ESTA ULTIMA ETAPA MAGMATICA SE FORMAN PEQUEÑAS INTRUSIONES REPRESENTADAS POR UNA SERIE DE ROCAS ERUPTIVAS HIPABISALES CON UNA COMPOSICION DESDE DIORITA PORFIDICA MICROGRANITOS Y SIENITA PORFIDICA, CON ELLAS SE HALLAN RELACIONADOS LOS YACIMIENTOS DE TIPO HIDROTHERMAL.

c).-- GEOLOGIA LOCAL.

LA MAYOR PARTE DE LAS ROCAS CORRESPONDEN AL SISTEMA TERCIARIO DONDE PREDOMINAN ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS YA QUE LAS SEDIMENTARIAS NO SE ENCUENTRAN EN ESTA AREA, EN CUANTO A LAS ROCAS IGNEAS, SE PUEDEN IDENTIFICAR DIORITAS, PORFIDOS ANDESITICOS Y DACITICOS. LAS ROCAS METAMORFICAS SON SKARN DE GRANATE (ANDRADITA) Y EPIDOTA, ASI COMO EN ESCASA PROPORCION HORNFEELS.

EL MINERAL MAGNETICO Y HEMATITICO ES EMPLAZADO DENTRO DEL TERCIARIO, POSTERIORMENTE FUE INTRUSIONADO POR DIQUES DE DIORITA Y APLITA, QUE PRESENTAN ALTERACIONES COMO ARGILITIZACION Y SERICITIZACION, LAS DIMENSIONES DE ESTOS DIQUES SON MUY VARIABLES DE (10 Cm. A 4 M. DE ESPESOR) Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL ES IRREGULAR.

LOS TIPOS LITOLOGICOS PRESENTES EN EL AREA SE ENCUENTRAN COMPRENDIDOS CRONOLOGICAMENTE EN UN PERIODO QUE ABARCA DESDE EL TERCIARIO AL RECIENTE, ENCONTRANDOSE ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS (GRANODIORITA, TONALITA, DIORITA), EXTRUSIVAS (ANDESITA) METAMORFICAS (SKARN Y HORNFEELS) LAS QUE SE DESCRIBEN A CONTINUACION:

GRANODIORITA: ROCA IGNEA INTRUSIVA, HOLOCRIHALINA, FELSICA, CONTIENE CUARZO COMO MINERAL ESENCIAL, FELDESPATO POTASICO (ORTOCLASA) EN IGUAL PROPORCION QUE PLAGIOCLASA SODICA (ANDESINA) ANFIBOLAS, HORNBLENDA EN MENOR PORPORCION. SU TEXTURA ES EQUIGRANULAR SUS MINERALES ACCESORIOS SON MAGNETITA Y GRANATE (ANDRADITA) PRESENTA ARGILIZACION Y SERICITIZACION.

TONALITA: ROCA IGNEA INTRUSIVA, HIPABISAL, HOLOCRIHALINA DE COLOR BLANCO VERDOSO, TEXTURA EQUIGRANULAR, CON PLAGIOCLASA SODICA (OLIGOCLASA Y ANDESINA) EN GRAN PROPORCION, ALTERADAS A SERICITA. EL MAFICO ES CLORITA EN CANTIDADES MENORES MUY FRACTURADAS Y MICROFRACTURADAS SELLADAS POR SERICITA Y CALCITA, PRESENTA TRAZAS DE PIRITA, HEMATITA Y MAGNETITA.

DIORITA: ROCA IGNEA EXTRUSIVA, HOLOCRIHALINA FANERITICA, HIPABISAL, MEGASCOPICAMENTE ES DE TEXTURA PORFIDICA Y COLOR GRIS VERDOSO, ESTRUCTURA COMPACTA Y MACIZA AL MICROSCOPIO SE OBSERVA DE TEXTURA PORFIDICA HIPIDIOMORFICA, MATRIZ FORMADA ESENCIALMENTE POR PLAGIOCLASA SODICA (ANDESINA) Y ESCASO FELDESPATO POTASICO (ORTOCLASA) CONTIENE FERROMAGNESIANOS CLORITIZADOS CON EPIDOTA DISEMINADA. LA PLAGIOCLASA SODICA PRESENTA ALTERACION A SERICITA.

SKARN: EL SKARN ESTA CONSTITUIDO ESENCIALMENTE POR UNA MEZCLA DE SILICATOS, FORMADO EN CONDICIONES METASOMATICAS. LOS SILICATOS COMUNES QUE FORMAN LA MASA DE LOS SKARN EN LA REGION SON ANDRADITA Y EPIDOTA.

EL SKARN ES UNA ROCA DE COLOR PARDO CLARO, CON TEXTURA GRANOBLASTICA Y DE GRANO MEDIO, SUS MINERALES PRINCIPALES SON ANDRADITA, CALCITA Y CUARZO, EN MENOR PROPORCION CONTIENE EPIDOTA, SERICITA, MAGNETITA, NEMATITA Y PIRITA.

SKARN DE EPIDOTA: ES UNA ROCA DE COLOR VERDE CLARO, CON TONALIDADES GRISACEAS, TEXTURA GRANOBLASTICA, CUYOS MINERALES PRINCIPALES SON EPIDOTA, CALCITA Y CUARZO. CONTIENE ADEMÁS HORNBLENDA, CLORITA, MAGNETITA Y PIRITA EN PROPORCION MENOR.

HORNFELS ES UNA ROCA FORMADA POR PROCESOS ENDOGENOS DEL METAMORFISMO IGNEO, LOCALIZADA EN LA ZONA INTERIOR DE LA AUREOLA METAMORFICA, LO QUE INDICA QUE SU METAMORFISMO ES MAYOR EN INTENSIDAD COMPARADO CON EL SKARN.

A SIMPLE VISTA, ES ROCA DE COLOR VERDOSO, SU GRANULOMETRIA VARIA DE MICROCRISTALINA A CRIPTO CRISTALINA, SUS MINERALES CONSTITUYENTES SON: CUARZO, FELDSPATO POTASICO Y PLAGIOCLASA SODICA PUEDEN CONTEHER PIRITA, CALCITA Y CLORITA, ESTA ROCA AL IGUAL QUE EL SKARN, PUEDE ESTAR ASOCIADA DIRECTAMENTE AL MINERAL DE FIERRO.

ANDESITA: ROCA IGNEA EXTRUSIVA, MEGASCOPICAMENTE TIENE TEXTURA PORFIDICA DE MATRIZ HOLOCRISTALINA, CON ABUNDANTE PLAGIOCLASA SODICA (ANDESINA) ADEMÁS, PRESENTA ABUNDANTES FRACTURAS SELLADAS POR CALCITA, ESTRUCTURA COMPACTA, EL MAFICO ESTA BASTANTE ALTERADO A CLORITA Y CONTIENE METALICOS DISEÑINADOS.

FIERRO: SE REPIERE AL MINERAL MAGNETICO Y HEMATITICO EN LOS YACIMIENTOS. EL MINERAL MAGNETICO PRESENTA COMPORTAMIENTO IRREGULAR EN EL AREA DEBIDO A RASGOS GEOLOGICO-ESTRUCTURALES QUE LE HAN DEFORMADO EN FORMA DE LENTES AISLADOS, A PROFUNDIDAD SU DIMENSION VA SIENDO MENOR EN EL AREA DE ESTUDIO.

EL MINERAL HEMATITICO NO SE ENCUENTRA EN TODOS LOS YACIMIENTOS, SOLO EN EL AREA ESTUDIADA Y EN ALGUNOS CERCANOS A ESTA, ES SUPERGENICO COMPACTO, CON ARISTAS BASTANTE ANGULOSAS Y EN EL SE OBSERVA ALTERACION LIMONITICA EN LA PARTE SUPERIOR.

d).- DESCRIPCION DEL YACIMIENTO.

EL ORIGEN DEL YACIMIENTO "EL VOLCAN", SE DEBE A LA SUBDUCCION GENERAL DE LAS PLACAS TECTONICAS QUE GENERARON PROBABLEMENTE EL ENPLAZAMIENTO DE CUERPOS IGNEOS INTRUSIVOS.

LAS EVIDENCIAS DE CAMPO INDICAN QUE LA CALIZA, INFLUYO EN FORMA MUY DIRECTA PARA LA PRECIPITACION DE LOS MINERALES DE FIERRO, DESAFORTUNADAMENTE EN EL AREA DE ESTUDIO ESTA ROCA HA SIDO TOTALMENTE REMOVIDA, POR LOS PROCESOS DE EROSION.

CONSIDERANDO EL ENPLAZAMIENTO DE UN INTRUSIVO EN ROCA CALIZA QUE PROVOCO LA DESCARBONATAACION DE ESTA, OBSERVANDOSE EN ALGUNAS PARTES CONTACTOS GRADACIONALES ENTRE EL MINERAL Y LA ROCA CALIZA. SE PUEDE INFERIR QUE LOS REMANENTES DE MINERAL DEL AREA ESTUDIADA SE HAN FORMADO POR REEMPLAZAMIENTO DE DICHA CALIZA, CERCA DEL CONTACTO CON UN CUERPO INTRUSIVO CON EL QUE ESTAN ASOCIADOS.

ES NOTABLE TAMBIEN LA ASOCIACION DEL MINERAL CON MASAS DE CALCITA DE GRANO GRUESO, ASI COMO SILICATOS DE ALTA TEMPERATURA ENTRE LOS QUE SE ENCUENTRAN GRANATE, EPIDOTA, ANFIBOLAS Y PIROXENOS.

EL MINERAL DE FIERRO SE PRESENTA EN FORMA DE REMANENTES DE DIFERENTES TAMAOS, MUY IRREGULAR, LOS QUE TIENEN UN RUMBO PREFERENCIAL AL NE Y ECHADO DE 70° AL SE.

LOS MINERALES DE MENA SE CONSTITUYEN DE HEMATITA SUPERGENICA EN UN 32% Y MAGNETITA EN 68%, EN LA HEMATITA SE OBSERVAN PEQUEAS VESICULAS PRODUCIDAS POR LA LIXIVIACION DE LOS SULFUROS DE FIERRO Y LA MAGNETITA ESTA CONSTITUIDA POR AGREGADOS MICROCRISTALINOS DE COLOR NEGRO Y BRILLO METALICO.

LOS MINERALES DE GANGA ESTAN REPRESENTADOS POR GRANATE, EPIDOTA, PIRITA, CALCOPIRITA, BORNITA, CLORITA Y CALCITA.

ESTOS MINERALES SE PUEDEN CLASIFICAR EN HIPOGENETICOS Y SUPERGENETICOS.

MINERALES HIPOGENETICOS

N O M B R E	F O R M U L A
MAGNETITA	Fe_3O_4
PIRITA	$S_2 Fe$
CALCOPIRITA	$S_2 Cu Fe$
GRANATE (ANDRADITA)	$(SiO_4)_3Ca_3Fe_2$
EPIDOTA	$(SiO_4)_3Ca_2(Al, Fe)_3(OH)$
CLORITA	$Si_2O_{10}(FeMg)_2Al_4(OH)_4$

MINERALES SUPERGENETICOS

N O M B R E	F O R M U L A
HEMATITA	Fe_2O_3
LIMONITA	$FeO(OH) \cdot nH_2O + Fe_2O_3 \cdot nH_2O$
GOETHITA	$HFeO_2$

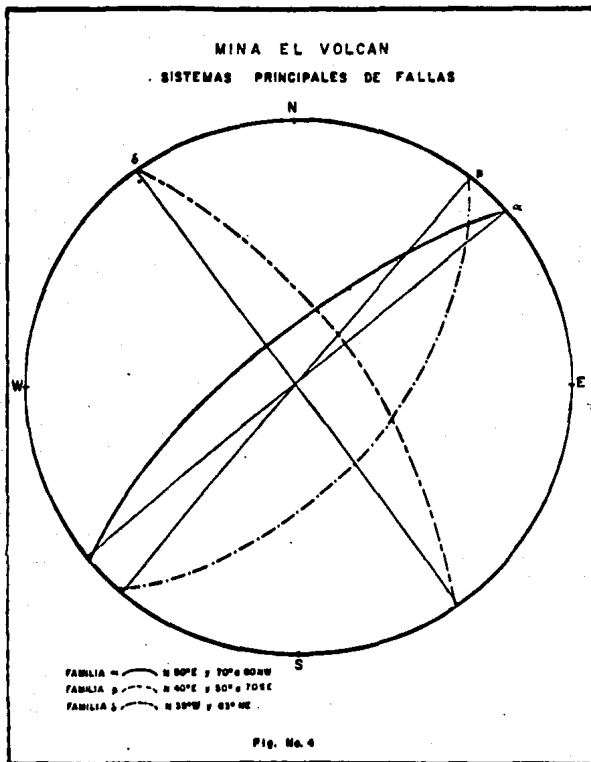
e).- GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

LA ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO ES DASTANTE COMPLEJA, SEGURAMENTE EXISTIERON VARIOS PERIODOS DE FALLAMIENTO LOS CUALES AFECTARON A TODA LA REGION; AUNADO A ESTO EL ENPLAZAMIENTO DEL MACIZO GRANODIORITICO SEGMENTO Y DISTORSIONO ALGUNOS RASGOS ESTRUCTURALES PREEXISTENTES.

LOS PRINCIPALES ACCIDENTES ESTRUCTURALES EN LA MINA "EL VOLCAN" ESTAN REPRESENTADOS POR DOS SISTEMAS DE FALLAS ESCALONADOS, EL PRIMERO PRESENTA UN RUMBO N50°E CON UN ECHADO DE 70° A 80° AL NW, Y OTRO CON RUMBO DE N40°E CON ECHADO 50 A 70° AL SE.

OTRO SISTEMA DE FALLAS POSTERIOR A LOS ANOTADOS ANTES, TIENE UN RUMBO N35°W FUERANDO CON 63° AL NE FIG. 4.

ESTOS SISTEMAS DE FALLAS DIVIDEN AL MINERAL DE ESTA MISMA MINA EN DOS CUERPOS PRINCIPALES, "EL VOLCAN" AL NOROESTE Y "EL VOLCANCITO" AL SURESTE. ESTOS CUERPOS NO SON UNIFORMES, SIHO QUE SE SUBDIVIDEN EN PEQUEÑOS CUERPOS SEPARADOS POR DIQUES DE APLITA Y FALLAS SECUNDARIAS. VER PLANO ANEXO.



f).- CIRCULACION DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS.

LA RED HIDROLOGICA EN ESTA ZONA ESTA DEFINIDA POR UN CONTROL ESTRUCTURAL DE FALLAS Y FRACTURAS, POR TAL MOTIVO, LOS ARROYOS Y RIOS PRINCIPALES FORMAN UNA RED DE TIPO ANGULAR. MAPES (1959) MENCIONA QUE EL PATRON DE DRENAJE PUDIESE TENER SU ORIGEN EN EL TERRENO CALIZO CRETACICO Y QUE AL EROSIONARLO CASI HASTA HACERLO DESAPARECER SE SUPERPONEN EN EL TERRENO INTRUSIVO QUE AHORA DISECTAN, SIN EMBARGO ES MAS FACTIBLE QUE EL DRENAJE ESTA CONTROLADO POR LAS ESTRUCTURAS PRODUCIDAS POR LOS ULTIMOS FENOMENOS TECTONICOS QUE DIERON ORIGEN AL SISTEMA MONTAÑOSO.

EN EL AREA, LAS PRECIPITACIONES PLUVIALES SON TIPICAS DE UN CLIMA CALIDO HUMEDO SEGUN KOPPEN CON LLUVIAS PRINCIPALMENTE EN LOS MESES DE JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE, DE ACUERDO AL REGISTRO DE PRECIPITACIONES DE LA SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, SE PUEDE NOTAR QUE LA EVAPORACION ES MAYOR QUE LA PRECIPITACION. TABLA No. 3

PARA DEFINIR LA CIRCULACION DE AGUA SUBTERRANEA EN LA MINA "EL VOLCAN" SE HAN TOMADO EN CONSIDERACION LOS SISTEMAS DE FALLAS Y FRACTURAS QUE LA AFECTAN, O SEA, DEBIDO A LA PERMEABILIDAD SECUNDARIA DE LA ROCA PROVOCADAS POR SU INTENSO FRACTURAMIENTO Y FALLAMIENTO PERMITEN QUE EL AGUA SE FILTRE HASTA PROFUNDIDADES CONSIDERABLES, SIENDO UN POCO AMBIGUO HABLAR DE UN NIVEL ESTATICO DEL AGUA O SU NIVEL FREATICO.

LAS AGUAS QUE CIRCULAN EN EL SUBSUELO, A TRAVES DE LOS SISTEMAS DE FALLAS Y FRACTURAS OCASIONARAN PROBLEMAS, CUANDO EL AVANCE DE LA EXPLOTACION ESTE POR ABAJO DE LOS NIVELES SUPERFICIALES DE LOS ARROYOS O LOS NIVELES DE AGUA DEBIDO A LOS SISTEMAS DE FALLAS INTERSECTADOS, LO CUAL YA SE HA COMPROBADO EN OTRAS MINAS DE LA REGION.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
 DISTRITO DE MEXICO No. 022, " JOSE MA. MORELOS "

DATOS CLIMATOLÓGICOS DE LA FINCA " JOSE MA. MORELOS "

E V A P O R A C I O N

AÑO:	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.
1985	111.3	129.7	181.3	193.0	174.0	150.0	171.5	178.3	146.4	124.1	107.9	116.1
1986	123.2	135.1	184.2	201.1	211.6	195.3	193.7	128.9	135.6	142.5	104.1	101.3
1987	128.5	147.2	142.3	190.5	217.3	163.5	187.5	126.0	141.2	128.6	117.5	109.3
1988	131.2	126.2	145.8	153.1	166.5	176.2	128.6	96.0	135.6	--	--	--
1989	--	--	194.3	205.5	213.9	182.9	157.4	179.8	158.4	200.1	102.5	--
1990	126.6	137.5	162.2	205.9	200.1							

P R E C I P I T A C I O N

1985	--	--	--	--	--	203.8	400.7	216.7	150.1	74.0	38.5	--
1986	--	--	--	--	49.5	80.5	182.9	220.4	310.5	122.0	43.2	26.1
1987		12.0	5.5			61.2	440.6	133.6	251.5	157.2	24.0	--
1988						131.5	226.7	850.2	380.4	--	--	--
1989						208.7	225.1	181.1	809.9	72.2	--	--
1990		0.1	--	--	7.6							

Campamento Jose Ma. Morelos, Mpio. de Lázaro Cárdenas,
 Mich., a 14 de junio de 1990.

91.- SISMICIDAD.

CONSIDERANDO LA REPUBLICA MEXICANA COMO UNA ZONA ALTAMENTE SISMICA, DEBIDO A QUE SU COSTA DEL PACIFICO, ESTA EN EL BORDE DE UNA ZONA DE SUEDUCCION, DONDE LA FLACA DE NORTEAMERICA CABALGA SOBRE LA FLACA DE COCOS.

EL CONCEPTO DE TECTONICA DE SUBDUCCION FUE INTRODUCIDO POR EL ALEMAN ALFRED WEGNER EN 1912 Y PRINCIPALMENTE POR LOS INVESTIGADORES ISACKS OLIVER Y SIKES QUE EN 1968 PUBLICARON SU ARTICULO "SISMOLOGY AND NEW GLOBAL TECTONICS", DONDE APARECEN POR VEZ PRIMERA LAS IDEAS RELATIVAS A LO QUE AHORA SE CONOCE COMO TECTONICA DE PLACAS O NUEVA TECTONICA GLOBAL; EN EL QUE SE INDICA QUE LA TIERRA TIENE UN CASQUETE EXTERNO RELATIVAMENTE RIGIDO DE UNOS 200 KMS. DE ESPESOR, DIVIDIDO EN VARIOS SEGMENTOS CON MOVIMIENTOS RELATIVOS ENTRE SI DEBIDO PROBABLEMENTE A LA TRANSFERENCIA CONVECTIVA DE CALOR HACIA LA SUPERFICIE DE LA TIERRA. UNO DE LOS MOVIMIENTOS TIPO ENTRE PLACAS VECINAS ES LA PENETRACION DE UNA DE ELLAS BAJO LA OTRA, FENOMENO AL QUE SE CONOCE COMO SUBDUCCION. EL MOVIMIENTO DE LAS PLACAS ES FUENTE DE ACUMULACION DE ENERGIA Y SE ESTABLECE QUE UN TEMBLOR ES UN FENOMENO EN EL QUE SE GENERAN FUERTES VIBRACIONES DEL TERRENO DEBIDO A LA LIBERACION EN UN CORTO PERIODO DE GRANDES CANTIDADES DE ENERGIA.

LA FRONTERA O CONTACTO ENTRE LAS PLACAS EN UNA ZONA DE SUBDUCCION ES UNA GIGANTESCA FALLA O SISTEMA DE FALLAS, DE ESTA FORMA, FRENTE A LAS COSTAS DE MICHOACAN Y GUERRERO SE ENCUENTRA EL CONTACTO ENTRE LAS PLACAS DE NORTEAMERICA Y DE COCOS, LO QUE ORIGINA LA PROFUNDIDAD OCEANICA CONOCIDA COMO TRINCHERA DE ACAPULCO.

SE RECONOCE EN LA ACTUALIDAD QUE EN LAS PLACAS EXISTEN SEGMENTOS LLAMADOS "BRECHAS" QUE TIENEN RELATIVA INDEPENDENCIA DE MOVIMIENTO. ENTRE LAS PLACAS DE NORTEAMERICA Y DE COCOS EXISTEN VARIAS DE ESTAS BRECHAS, ENTRE ELLAS ESTAN LAS DE JALISCO, MICHOACAN, GUERRERO, INATEPEC Y TEHUANTEPEC.

ES NECESARIO DISTINGUIR DOS CLASES DE MOVIMIENTOS EN LAS FRONTERAS DE SUBDUCCION: SISMOS ORDINARIOS Y SISMOS CARACTERISTICOS.

EN LA ZONA DE LA SUBDUCCION MEXICANA SE GENERAN SISMOS CARACTERISTICOS CON MAGNITUDES DEL ORDEN DE 7.8 A 8.2 EN LA ESCALA DE RICHTER Y CUYA LONGITUD DE RUPTURA TIENE CIERTA CORRELACION CON EL TAMAÑO DE LAS BRECHAS Y PUEDE ALCANZAR UNOS 200 KMS. POR OTRA PARTE LOS SISMOS ORDINARIOS SON MAS PEQUEÑOS Y MAS FRECUENTES PERO RARAMENTE PRODUCEN DAÑOS.

SUELEN TRANSCURRIR MUCHOS AÑOS ANTES DE QUE SE REPITA UN SISMO CARACTERISTICO EN UNA MISMA BRECHA. EN EL CASO DE MEXICO LOS PERIODOS DE RECURRENCIA SE HAN ESTIMADO ENTRE 32 Y 56 AÑOS.

EN SICARTSA, TOMANDO EN CONSIDERACION LAS CONDICIONES EN CUANTO A LA SISMICIDAD, SE ENCOMENDO AL INSTITUTO DE INGENIERIA DE LA UNAM, LA INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE CINCO ACELEROGRAFOS EN LA PLANTA SIDERURGICA. ESTOS ACELEROGRAFOS PUEDEN REGISTRAR UN SOLO TEMBLOR O UNA SECUENCIA DE TEMBLORES Y SACUDIDAS QUE DUREN HASTA 25 MINUTOS.

ASI MISMO SE HA DEFINIDO UN COEFICIENTE DE DISEÑO SISMICO ESTATICO DE 0.15 G.

EN LA FIGURA No. 5 PODEMOS OBSERVAR EL FENOMENO DE SUBDUCCION Y LAS CONSECUENCIAS.

EN LA FIGURA No. 6 SE MUESTRA UN PLANO DE LA REPUBLICA MEXICANA, INDICANDO LA FRECUENCIA DE LA SISMICIDAD.

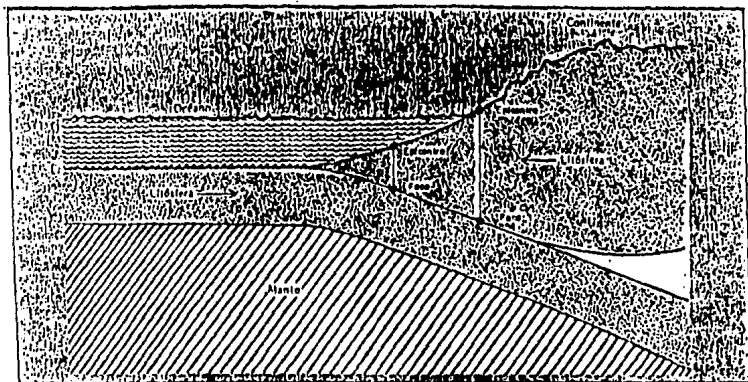


Fig. No. 5 FENOMENO DE SUBDUCCION.



Fig. No. 6

IV.- ESTUDIOS DE MECANICA DE ROCAS.

a).- ESTUDIOS REALIZADOS.

LA MECANICA DE ROCAS HA TENIDO SU APLICACION EN LAS MINAS DE SICARTSA, AL CONTRIBUIR EN LA DEFINICION DEL ANGULO DE TALUD EN LOS PROYECTOS DE EXPLOTACION A CIELO ABIERTO; ESTO SE LOGRA MEDIANTE LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS ENCAJONANTES, LA ELABORACION Y ANALISIS DE LOS REGISTROS GEOMECHANICOS DE LOS NUCLEOS DE LA ROCA OBTENIDOS POR PERFORACION CON DIAMANTE Y SE TOMAN LAS MUESTRAS CON LAS QUE SE EFECTUAN PRUEBAS DE LABORATORIO Y SE OBTIENEN PROPIEDADES COMO SON:

RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL.
RESISTENCIA A LA TENSION.
INDICE DE CARGA PUNTUAL.

EN LOS REGISTROS GEOMECHANICOS SE REPORTAN DATOS ADICIONALES DE UTILIDAD PARA EL CONOCIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO COMO SON:

TIPO DE ROCA.
RECUPERACION TOTAL.
INDICE DE CALIDAD EN LA ROCA (ROD).
ESPACIAMIENTO ENTRE FRACTURAS.
FAMILIAS DE FRACTURAS.
RUGOSIDAD DE LAS FRACTURAS.
ABERTURA DE LAS FRACTURAS.
RELLENO DE LAS FRACTURAS.
TIPO DE RELLENO.

EN LA TABLA No. 4 SE PRESENTA UN REGISTRO GEOMECHANICO TIPO SIMILAR A LOS EMPLEADOS EN LA PRACTICA.

TABLA No.4 - REGISTRO GEOMECANICO DEL BARRENO V-8
MINA "EL VOLCAN"

Recorrido	BARRENO	PROF1	PROF2	ROCTIP	RECTO1	RECSUL	R00	RESIST	ESPAZI	FAMS	RUGOS	ALTER	BELL	PUNTOS
1	V-8	0.00	4.00	HE	7	4	0	277	0.000	D-----	3	1	0	25
2	V-8	4.00	5.10	HE	18	18	0	1542	22.020	D-1-30	4	1	4	30
3	V-8	5.10	6.90	HE	72	66	22	1542	0.000	D-1-54	4	1	2	38
4	V-8	6.90	8.70	SX	94	82	36	277	0.000	D-1-72	3	1	1	37
5	V-8	8.70	10.30	MA	84	75	37	1542	60.040	D-1-24	4	1	3	41
6	V-2	10.30	12.95	SX	11	8	0	277	0.000	D-----	4	2	3	22
7	V-2	12.95	14.85	MA	87	87	63	1542	25.020	D-1-32	3	1	2	45
8	V-3	14.85	16.50	MA	36	30	9	1542	50.010	D-1-46	4	1	2	33
9	V-8	16.50	22.30	MA	65	64	49	1542	90.040	D-1-58	3	1	1	45
10	V-8	22.30	22.40	MA	99	99	0	1542	0.000	D-1-50	2	1	2	24
11	V-3	22.40	26.25	DI	23	21	0	843	0.000	D-1-56	4	1	1	27
12	V-3	26.25	28.95	MA	92	91	26	1542	30.060	D-1-49	3	1	2	43
13	V-8	28.95	30.45	MA	66	66	30	1542	20.020	D-1-36	3	0	4	35
14	V-8	30.45	32.55	MA	95	90	83	1542	40.020	D-1-50	3	1	3	50
15	V-8	32.55	35.90	SK	46	43	30	277	30.020	D-1-49	3	1	2	37
16	V-8	35.90	37.50	MA	68	62	50	1542	24.040	D-1-35	3	1	3	42
17	V-8	37.50	39.80	AP	52	48	0	208	0.000	D-1-59	4	1	0	35
18	V-8	39.80	40.85	MA	86	86	19	1542	28.020	D-1-22	3	1	4	32
19	V-3	40.85	46.35	MA	52	55	10	1542	60.020	D-1-64	3	1	1	37
20	V-8	46.35	50.05	MA	57	54	5	1542	0.000	D-1-40	3	1	0	33
21	V-8	50.05	51.70	MA	51	42	9	1542	65.020	D-1-63	3	1	2	29
22	V-8	51.70	52.40	MA	70	61	56	1542	20.010	D-1-72	3	1	0	44
23	V-8	52.40	53.50	AN	64	54	27	284	24.040	D-1-58	3	1	4	32
24	V-3	53.50	57.40	MA	54	51	14	1542	62.040	D-1-54	4	1	1	42
25	V-8	57.40	58.65	MA	84	72	40	1542	28.020	D-1-54	3	1	3	40
26	V-8	58.65	60.90	HF	57	53	18	430	90.040	D-1-30	3	1	1	37
27	V-8	60.90	62.40	HF	93	93	2	430	40.060	D-1-75	4	1	4	32
28	V-3	62.40	65.05	MA	64	64	30	1542	20.010	D-1-55	2	0	2	34
29	V-3	65.05	68.90	MA	47	47	26	1542	50.020	D-1-44	3	1	2	39
30	V-3	68.90	70.25	MA	88	88	66	1542	48.040	D-1-78	4	1	2	51
31	V-3	70.25	71.65	MA	93	89	57	1542	33.020	D-1-75	3	1	2	45
32	V-8	71.65	76.55	MA	53	52	11	1542	60.040	D-1-48	3	0	0	41
33	V-8	76.55	79.15	AN	65	60	6	843	0.000	D-1-65	4	1	4	27
34	V-3	79.15	82.05	MA	79	79	17	1542	80.020	D-1-60	3	1	3	31
35	V-8	82.05	83.10	AN	86	76	0	843	0.000	D-1-49	4	1	1	32
36	V-8	83.10	87.80	AN	47	42	0	284	0.000	D-1-44	3	1	4	18
37	V-8	87.80	91.65	AN	28	26	0	294	0.000	D-1-30	4	1	3	25
38	V-8	91.65	93.25	AN	94	91	41	1542	50.030	D-1-54	3	1	4	34
39	V-3	93.25	95.45	AN	91	89	77	1542	34.060	D-1-62	3	1	2	52
40	V-8	95.45	99.70	AN	77	74	46	1542	78.040	D-1-10	3	1	3	42

Record#	BARREN#	PROF1	PROF2	ROCTIP	RECTOT	RECSOL	RCD	RESIST	ESPACI	FAMS	RUGOS	ALTER	RELL	PUNTOS
41	U-8	98.70	101.40	AN	85	83	11	284	0.000	D-1-64	3	1	4	21
42	U-8	101.40	103.55	AN	93	98	23	284	0.000	D-1-53	3	1	2	27
43	U-8	103.55	105.90	AN	72	66	10	843	70.020	D-1-58	3	1	4	23
44	U-8	106.90	110.80	AN	72	69	20	284	0.000	D-1-63	4	1	2	33
45	U-8	110.80	112.25	AN	83	76	0	1542	0.000	D-1-47	3	1	3	25
46	U-8	112.25	113.30	AN	90	86	52	1542	28.040	D-1-62	3	1	4	39
47	U-8	113.30	113.95	AN	77	69	23	843	0.000	D-1-60	2	1	2	27
48	U-8	113.95	116.90	AN	88	88	53	1542	50.002	D-1-45	2	1	2	37
49	U-8	116.80	121.00	AN	39	39	34	1542	14.060	D-1-50	3	1	2	43
50	U-8	121.00	124.15	AN	95	95	73	1542	30.040	D-1-55	2	1	4	41
51	U-8	124.15	126.90	AN	98	98	45	1542	40.020	D-1-44	3	1	1	39
52	U-8	126.90	129.25	AN	80	80	21	843	50.030	D-1-70	3	1	4	30
53	U-8	129.25	132.85	AN	79	79	51	1542	39.060	D-1-74	3	1	1	50
54	U-8	132.85	134.05	AN	99	99	71	843	31.040	D-1-60	3	1	2	45
55	U-8	134.05	139.00	AN	81	81	53	1542	0.000	D-1-58	4	1	3	42
56	U-8	139.00	141.90	AN	52	52	26	1542	46.020	D-1-66	3	1	3	34
57	U-8	141.90	144.10	AN	95	95	45	1542	32.030	D-1-56	2	1	4	36
58	U-8	144.10	145.60	AN	99	99	43	1542	45.060	D-1-59	3	1	2	43

DONDE : NE - HEMATITA
AN - ANDESITA
SK - SKARN
AP - APLITA
MA - MAGNETITA
D-1-64 - FAMILIA Y SU ECHADO

ROCTIP - Roca Tipo
RECTOT - Recuperacion Total
RECSOL - Recuperacion Solida
RCD - Indice de Calidad
RESIST - Resistencia a la Comp.
ESPACI - Espaciamiento entre Familias
FAMS - Familias de fracturamiento
RUGOS - Rugosidad de las Familias
ALTER - Alteracion
RELL - Relleno

DI.- PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS.

PARA CONOCER EL COMPORTAMIENTO DE LAS ROCAS ANTE LA ACCION DE CARGAS ESTATICAS Y DINAMICAS ES NECESARIO IDENTIFICAR SUS PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS.

ENTRE LAS PROPIEDADES MAS IMPORTANTES DE LA ROCA INTACTA QUE SE DETERMINAN PARA LOS ESTUDIOS DE ESTABILIDAD EN SICARTSA COMO SON: SU PESO VOLUMETRICO, RESISTENCIA A LA COMPRESION, A LA TENSION, A LA FLEXION, AL CORTE Y A LA TORSION, SU ANGULO DE FRICCION INTERNA, LA COHESION, PERMEABILIDAD.

EL PESO VOLUMETRICO ES LA RELACION ENTRE EL PESO DE LA MUESTRA Y SU VOLUMEN.

LA RESISTENCIA A LAS DIFERENTES FUERZAS APLICADAS A LA ROCA O A UN MACIZO ROCOSO, SE OBTIENEN EN FUNCION DE LAS DISCONTINUIDADES QUE LA AFECTAN COMO SON: FISURAS, PLANOS DE DEBILIDAD, FRACTURAS, FALLAS, PLANOS DE ESTRATIFICACION, OQUEDADES Y EL GRADO DE ALTERACION.

EN LA TABLA No. 5 SE PRESENTAN LOS RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO OBTENIDOS DE MUESTRAS DE ROCAS TÍPICAS DEL ÁREA DE LA MINA "EL VOLCAN".

TABLA No. 5

MUESTRA.	LITOLOGÍA	PESO VOL. (KG/CM ³)	RESIS. A LA COMPRESION UNIAXIAL (KG/CM ²)	RESIS. A LA TENSION KG/CM ²	I _{s50} INDICE DE CARGA PUNTUAL
1	HEMATITA	4.26	903.20	151.7	101.30
2	FORFIDO DACITICO	2.00	533.90	70.20	54.20
3	APLITA	2.50	423.20	52.80	42.00
4	TOBA ANDESITICA	3.00	223.20	32.60	19.60
5	MAGNETITA	3.71	532.20	60.60	31.40
6	FORFIDO ANDESITICO	2.50	89.30	12.30	8.00
7	HEMATITA	4.26	863.20	93.50	87.50
8	FORFIDO ANDESITICO	2.50	192.70	32.20	41.00
9	SKARN SILICIFICADO	3.00	706.30	88.10	46.80
10	APLITA ALTERADA	2.50	23.00	5.60	3.00

c.- MACIZO ROCOSO:

NO SE REALIZA NINGUNA PRUEBA DE MECANICA DE ROCAS EN CAMPO, DEBIDO A QUE NO SE CUENTA CON LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA.

PARA DEFINIR LA CALIDAD DE UN MACIZO ROCOSO EMPLEAMOS LA CLASIFICACION GEOMECANICA COMPUESTA POR BIENIAWSKI (REFERENCIAS 17, 18, 19, 20, 22 Y 24) EL CUAL SE BASA EN LOS CINCO PARAMETROS SIGUIENTES:

- 1.- LA RESISTENCIA DE LA ROCA.
- 2.- LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS A TRAVES DEL ROO.
- 3.- LAS CONDICIONES HIDRAULICAS.
- 4.- EL ESPACIAMIENTO DE JUNTAS Y FRACTURAS.
- 5.- LAS CARACTERISTICAS DE LAS JUNTAS.

EL ANGULO DE FRICCION (ϕ) SE OBTIENE EN FORMA INDIRECTA MADIANTE EL ANALISIS DE ESTABILIDAD DE ZONAS DONDE HAN OCURRIDO FALLAS.

V.- ANALISIS DE ESTABILIDAD.

a).- CONSIDERACIONES GEOLOGICAS, GEOMETRICAS Y MECANICAS.

PARA INICIAR LA EXPLOTACION DE UN YACIMIENTO POR EL METODO DE MINADO A CIELO ABIERTO, UNA VEZ CONOCIDAS LAS RESERVAS Y LA GEOMETRIA DEL YACIMIENTO, SE ELABORA UN PROYECTO CON LA FINALIDAD DE EXTRAER AL MAXIMO LAS TONELADAS DE MINERAL AL MENOR COSTO, CON UN FACTOR DE SEGURIDAD ADECUADO PARA LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES FINALES, CONSIDERANDO QUE ESTAS SON OBRAS TEMPORALES O SEA, QUE EL TIEMPO DE OPERACION ES DE 5 A 7 AÑOS APROXIMADAMENTE.

EN LAS FIGURAS 7 Y 8 SE PRESENTA UN ESQUEMA IDEALIZADO DE LA EXCAVACION DE LA MINA "EL VOLCAN", EN ESTA MISMA FIGURA, SE MUESTRAN LAS ESTRUCTURAS GEOLOGICAS MAS RELEVANTES Y QUE SE INTERCEPTARAN DURANTE LA EXPLOTACION.

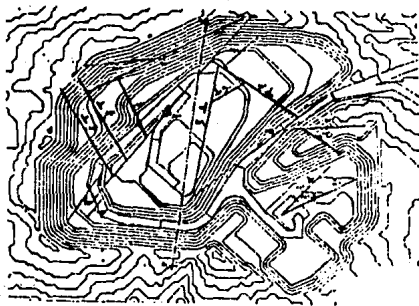
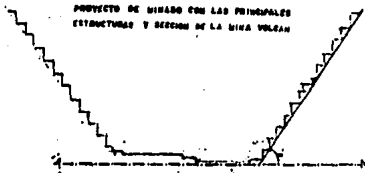


FIG. No. 7 8

PROYECTO DE MINADO CON LAS PRINCIPALES
ESTRUCTURAS Y SECCION DE LA MINA VOLCAN



EN LAS MINAS EXPLOTADAS POR LA SIDERURGICA LAZARO CARDENAS "LAS TRUCHAS", PARA DEFINIR EL ANGULO FINAL DE LOS TALUDES DESDE LA ELABORACION DEL PROYECTO SE UBICA ESTE TOPOGRAFICA Y GEOLOGICAMENTE, SITUANDOLO EN UN PLANO CON CURVAS DE NIVEL TOPOGRAFICO CON COORDENADAS; EN ESTE SE SOBREPONE LA GEOLOGIA, TOMANDO EN CUENTA TODOS LOS RASGOS ESTRUCTURALES OBSERVADOS MEDIANTE INTERPRETACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS Y LEVANTAMIENTOS GEOLOGICOS A DETALLE; SE PERFORA UNA SERIE DE BARRENOS CON RECUPERACION DE NUCLEOS, SE ANALIZAN TOMANDO EN CUENTA OBJETIVOS GEOLOGICOS DEFINIDOS, SE ELABORA EL REGISTRO GEOMECANICO DE ESTOS CON EL QUE SE OBTIENE EL INDICE DE CALIDAD Y EL % DE RECUPERACION DE LA ROCA; SE SELECCIONAN LAS MUESTRAS PARA PRUEBAS DE LABORATORIO Y SE DETERMINAN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE ESTAS, TAL COMO SE INDICO EN EL INCISO IV-6.

CON LOS DATOS RECOPIADOS DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL SITIO SE IDENTIFICAN LAS FAMILIAS DE FALLAS Y FRACTURAS DOMINANTES, DONDE SE DEFINE QUE TIPO DE FALLAS SON: RUMBO, ECHADO, CONTINUIDAD, RELLENO, TIPO DE RELLENO, PRESENCIA DE AGUA Y ALGUNOS OTROS DATOS QUE NOS AYUDEN A DEFINIR EL ANGULO FINAL DE LOS TALUDES DE LA EXCAVACION.

EN LA TABLA No. 6 SE PRESENTA UN REGISTRO TIPICO DE CAMPO DONDE SE ANOTAN TODAS LAS CARACTERISTICAS SEÑALADAS ANTERIORMENTE.

DISTANCIA TIPO	INDUNT	MUNERO	ECHARO	MUNRO	CONT	IND	ESPAZI	RUSOS	OSMUL	KELLTIP	KELLFES	KELLESP	KOCTIP	KOCRES	STRUCTU	ASUA	ALTER	COMENT
0.0 FA	1	1	69	25	10.0	0	0.0	4	2 NI	4.0	0.10 AN		573 RA	0			2	INICIA LEV.LINEA
2.0 FA	1	2	72	30	1.0	0	2.0	3	1 NI	4.0	0.05 AN		573 RA	0			1	FALLA IMPORTANTE
4.0 FA	1	4	49	59	4.0	0	3.0	4	2 AP	0.6	0.10 AN		573 RA	0			2	CONT.LEV.LINEA
7.0 D	0	3	40	310	5.0	0	1.0	3	1 NI	4.0	0.10 AN		573 RA	0			2	NO NAT
14.0 D	0	3	70	59	2.0	1	2.0	3	1 AR	0.6	0.05 AN		573 RA	0			2	CONT.LEV.LINEA
18.0 FA	1	2	60	60	5.0	1	4.0	3	1 AR	0.6	0.10 AN		573 RA	0			2	NO MUNO
20.0 D	1	2	50	310	2.0	1	4.0	4	1 AN	0.6	0.05 AN		573 RA	0			2	FRACT.FEC.
24.0 FA	1	3	55	80	1.0	1	0.5	2	1 AR	0.6	0.05 AN		573 RA	0			1	LEV. POR LINEA
30.0 D	0	4	69	10	2.0	1	1.5	3	1 MI	4.0	0.05 AN		573 RA	0			1	LEV. POR LINEA
37.0 FA	1	5	50	30	14.0	1	3.0	4	2 NI	4.0	0.10 AN		573 RA	0			2	FALLA IMPORTANTE
52.0 D	0	6	44	40	12.0	1	1.0	3	1 MI	4.0	0.05 AN		573 RA	0			2	CANT. LEV. LINEA
54.0 FA	1	3	38	310	13.0	1	2.0	3	1 AR	0.6	0.05 AN		573 RA	0			2	FALLA IMPORTANTE
62.0 FA	1	4	63	30	12.0	1	2.0	3	2 AR	0.6	0.10 AN		573 RA	0			1	CONT. LEV.
65.0 FA	1	4	58	20	10.0	1	2.0	3	2 AR	0.6	0.05 AN		573 RA	0			2	FALLA IMPORTANTE
69.0 D	0	3	45	40	4.0	1	3.0	3	1 MI	4.0	0.05 AN		573 RA	0			1	LEV. POR LINEA
80.0 FA	1	2	46	340	20.0	1	0.0	3	2 AR	0.6	0.10 AN		573 RA	0			2	CONT. LEV.
88.0 FA	1	2	68	20	15.0	1	3.0	3	1 AR	0.6	0.20 AN		573 RA	0			0	CONT.LEV.LINEA
94.0 FA	0	3	46	10	18.0	1	3.0	3	1 AR	0.6	0.10 AN		573 RA	0			2	CONT.LEV.LINEA
109.0 D	0	3	67	20	2.0	1	0.0	3	1 AR	0.6	0.05 AN		573 RA	0			1	CONT.LEV.LINEA
116.0 D	1	4	65	60	30.0	1	2.0	1	2 AR	0.6	0.20 AN		573 RA	0			2	CONT.LEV.LINEA
124.0 FA	1	3	56	290	15.0	1	1.0	3	2 AR	0.6	0.10 AN		573 RA	0			1	FALLA IMPORTANTE
130.0 D	0	4	44	85	20.0	1	2.0	3	1 AR	0.6	0.05 AN		573 RA	0			1	TERC.LEV.POR LINEA

Tabla No. 6

SIMBOLOGIA

EJEMPLO DE UN LEVANTAMIENTO GEOTECNICO EN LA MINA EL VOLCAN.

- F A — Fello
- D — Dique
- M i — Mitanite
- A R — Arcille
- A N — Andecite
- M A — Masiva

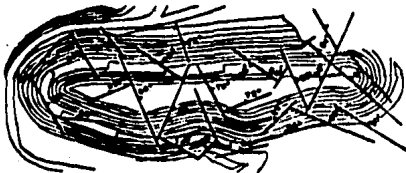
NOTA: La simbologia de esta tabla y de la tabla 4 es de acuerdo a las referencias 20, 22 y 24.

UNA VEZ AGRUPADAS LAS FAMILIAS DE FALLAS Y FRACTURAS SE UTILIZA LA ESTEREOGRAFIA PARA DETERMINAR LAS POSIBLES INTERSECCIONES, ENTRE LAS FALLAS Y EL TALUD, SE PROYECTA EN EL ESTEREOGRAMA EL ANGULO DE ESTE Y SE DETERMINA EL POTENCIAL DE FALLA QUE PUEDA OCASIONAR PROBLEMAS EN LA OPERACION DE LA MINA.

61.- RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ANALISIS EMPLEADOS.

A LA FECHA, SICARTSA HA EXPLOTADO SUS MINAS CON UN GRADO ACEPTABLE DE SEGURIDAD; EN LA MINA "FERROTEPEC" NO SE REALIZARON ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, SE EFECTUARON ALGUNOS ESTUDIOS RELACIONADOS CON LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS, SE APLICÓ LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL, PERO NO SE HIZO USO DE LA ESTEREOGRAFIA, SE REALIZARON LOS REGISTROS GEOMECANICOS DE LOS BARRENOS Y SE DEFINIO CON LA INFORMACION ANTERIOR UN ANGULO DE INCLINACION DE 52' DE LOS TALUDES FINALES.

QUIZAS POR LA FALTA DE APLICACION DE TECNICAS ADECUADAS, O DE COMPLEMENTACION CON ESTUDIOS GEOLOGICOS DEL SITIO, DURANTE LA EXPLOTACION DE ESTA MINA HA SIDO NECESARIO HACER MODIFICACIONES AL PROYECTO ORIGINAL DE EXPLOTACION, ESPECIFICAMENTE EN EL FLANCO SUR, YA QUE LA MINA "FERROTEPEC" TIENE FORMA ELIPTICA CON ORIENTACION EN SU EJE PRINCIPAL ESTE-OESTE. FIG. No. 9.



PRINCIPALES ESTRUCTURAS EN EL DISEÑO
"FERROTEPEC"

Fig. No. 9

LA ROCA QUE FORMA PARTE SUPERIOR DEL TALUD SUR ES UNA ROCA CALCAREA DE BAJA COMPACTACION, CON ESPESOR EN SU PARTE MAS EXPUESTA DE 80 MTS., AUNADO A LAS CARACTERISTICAS ANTERIORES DE LA ROCA, ESTAN LOS RASGOS ESTRUCTURALES, A TRAVES DE LOS CUALES, LOS TALUDES HAN PRESENTADO DESLIZAMIENTOS CONSIDERABLES COMO EL DE 1985, QUE OCASIONO MOVIMIENTOS DE 1'200,000 TONS. DE MATERIAL, COMO SE MENCIONO ANTERIORMENTE POR LO QUE HUBO NECESIDAD DE ABATIR EL ANGULO DEL TALUD EN LA PARTE SUPERIOR, AMPLIANDO LA SUPERFICIE DE UNA BERMA SITUADA AL PIE DEL PLANO DE FALLAS VER FIG. 10.A, CON LA FINALIDAD DE IMPEDIR QUE ALGUN DESLIZAMIENTO DE ROCAS, PUDIESE RETARDAR LOS PROGRAMAS DE EXPLOTACION COMO CONSECUENCIA DE LO ANTERIOR. FIG. No. 10.



Fig. No. 10 Deslizamiento producido por una cuña formada por la intersección de dos fallas en la MINA "FERROTEPEC"



VI.- METODOS DE CONTROL PARA LA ESTABILIDAD DE TALUDES.

LOS METODOS DE CONTROL PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE TALUDES, EN LAS MINAS DE SICARTEA SON:

- a).- APLICACION DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

- b).- ANALISIS DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE..

- c).- CONTROL DE LA FLUCTUACION DE NIVELES DEL AGUA SUBTERRANEA.

- d).- MONITOREO DE LAS VOLADURAS Y REVISION MEDIANTE ANALISIS DE ESTABILIDAD.

- e).- DETERMINACION DE LA INFLUENCIA DE LAS TEPETATERAS.

a1.- APLICACION DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL.

UNA DE LAS FORMAS DE PREVER PROBLEMAS POTENCIALES DE ESTABILIDAD DE LOS CORTES ES EFECTUANDO UN ANALISIS DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL DEL SITIO, LEVANTADA EN EL CAMPO DURANTE LOS AVANCES DE EXPLOTACION.

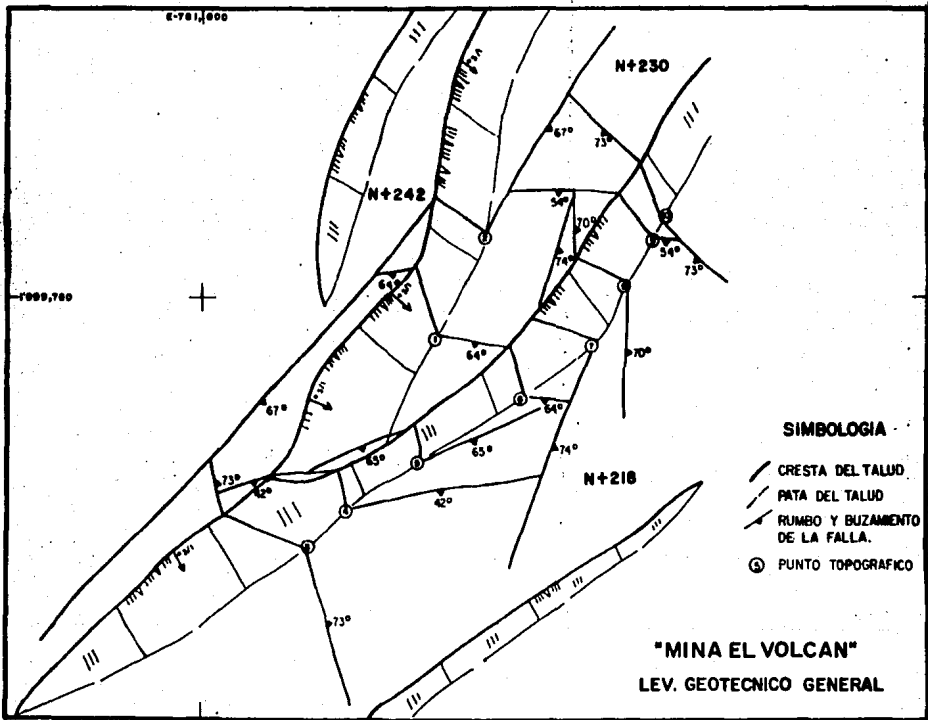
DENTRO DE LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL SE REALIZAN LOS SIGUIENTES LEVANTAMIENTOS Y ELABORACION DE PLANOS.

POR LINEA: SE LEVANTAN REGISTROS DE TODAS LA FALLAS, DIQUES Y FRACTURAS QUE SE INTERSECTAN SOBRE UNA LINEA DE MAPEO, ESTA LINEA OSCILA ENTRE 60 Y 80 MTS., DEPENDIENDO DE LA COMPLEJIDAD DE LAS ESTRUCTURAS.

POR VENTANA: SE LEVANTAN TODAS LAS ESTRUCTURAS CONTENIDAS EN UN AREA DEL TALUD ASI COMO SU PERSISTENCIA, LAS DIMENSIONES DE ESTA VENTANA TIENE UN AREA DE 50 X 12 MTS., Y SE REALIZAN EN EL TALUD DE UN BANCO DE EXPLOTACION.

GENERALES: ESTOS LEVANTAMIENTOS COMPRENDEN LAS ESTRUCTURAS DE MAYOR CONTINUIDAD CON SUS DATOS CARACTERISTICOS.

UN EJEMPLO DE ESTOS LEVANTAMIENTOS SE MUESTRA EN LA FIG. 11, DONDE PODEMOS APRECIAR LA CONTINUIDAD DE ALGUNAS DE LAS ESTRUCTURAS QUE AFECTAN A ESTA PORTE DE LA MINA "EL VOLCAN".

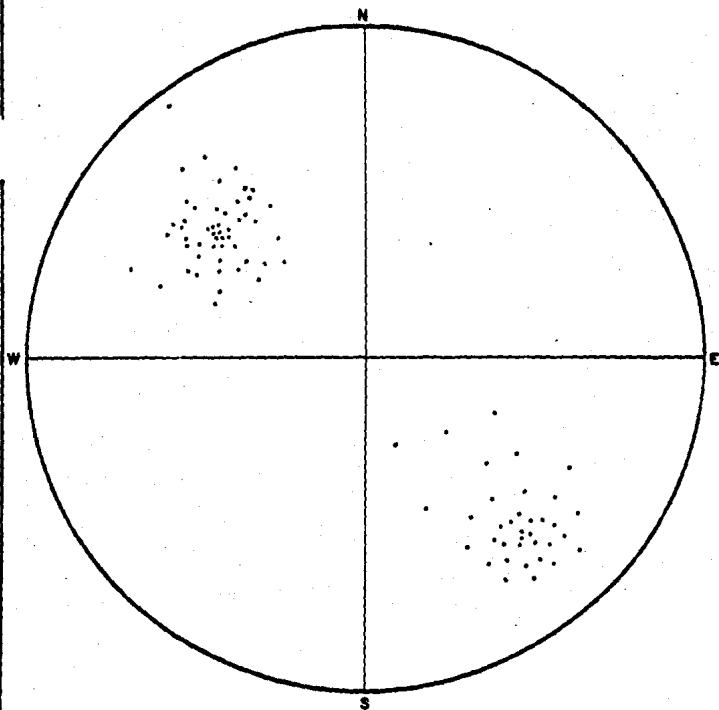


CON ESTOS LEVANTAMIENTOS SE HAN DEFINIDO EN LA MINA EL "VOLCAN" LAS SIGUIENTES FAMILIAS DE FALLAS; DE LOS CUALES LAS MAS IMPORTANTES SON LAS FAMILIAS B Y e.

FAMILIA a	CON RUMBO N50°E Y ECHADO DE 70° 60° AL NN.
FAMILIA B	CON RUMBO N40°E Y ECHADO ENTRE 50° Y 70° AL SE.
FAMILIA T	CON RUMBO N10°E Y ECHADO DE 35° SE.
FAMILIA S	CON RUMBO N35°W CON ECHADO 63° NE.
FAMILIA e	CON RUMBO N40°W Y ECHADO DE 60° SW.

ESTOS SISTEMAS DE FALLAS SE DEFINIERON UTILIZANDO LA TECNICA ESTEREOGRAFICA ESTADISTICA, IDENTIFICANDO LAS FAMILIAS MEDIANTE LA POBLACION DE POLOS DE DONDE SE FORMAN LAS CURVAS DE ISOVALORES PARA DISTINGUIR LA FAMILIA PREDOMINANTE; REPRESENTANDOLAS EN LA PROYECCION ESFERICA ESTEREOGRAFICA. EN LAS FIG. 12, 13 Y 14, SE PRESENTA LA UTILIZACION DE UN ESTEREOGRAMA Y LA DETERMINACION DE LAS FAMILIAS DE FRACTURAS PARA LA PARTE "SW" DE LA MINA "EL VOLCAN".

RED ESTEREOGRAFICA EN LA PARTE SUR-OESTE DE LA
MINA "VOLCAN". (Hojas 192, 194 y 208).



• Proyección de polos

112 Puntos.

Fig. No. 12

CURVAS DE ISOVALORES OBTENIDAS A TRAVES DE
LEVANTAMIENTOS ESTRUCTURALES EN LA MINA "VOLCAN"

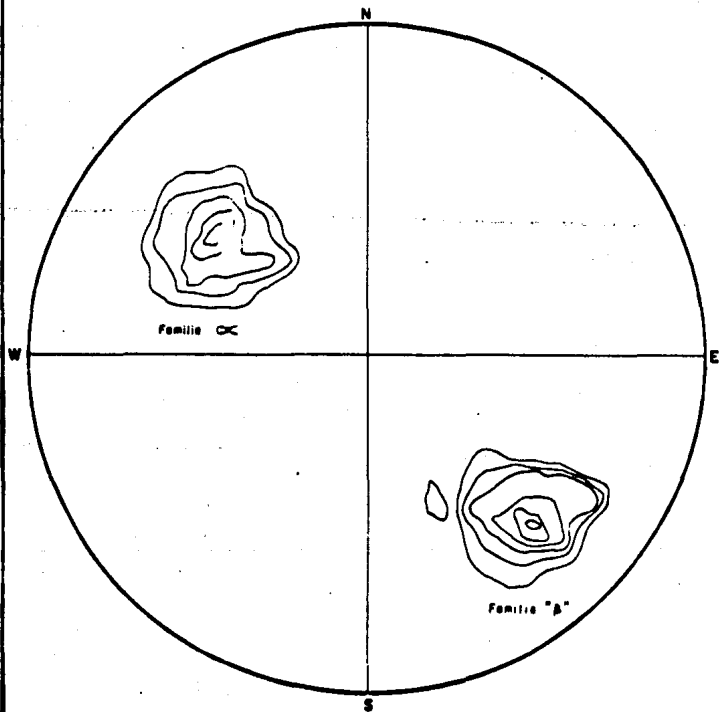


Fig. No. 13

**FAMILIAS DE FALLAS RESULTANTES DE LA REPRESENTACION
DE POBLACION DE POLOS.**

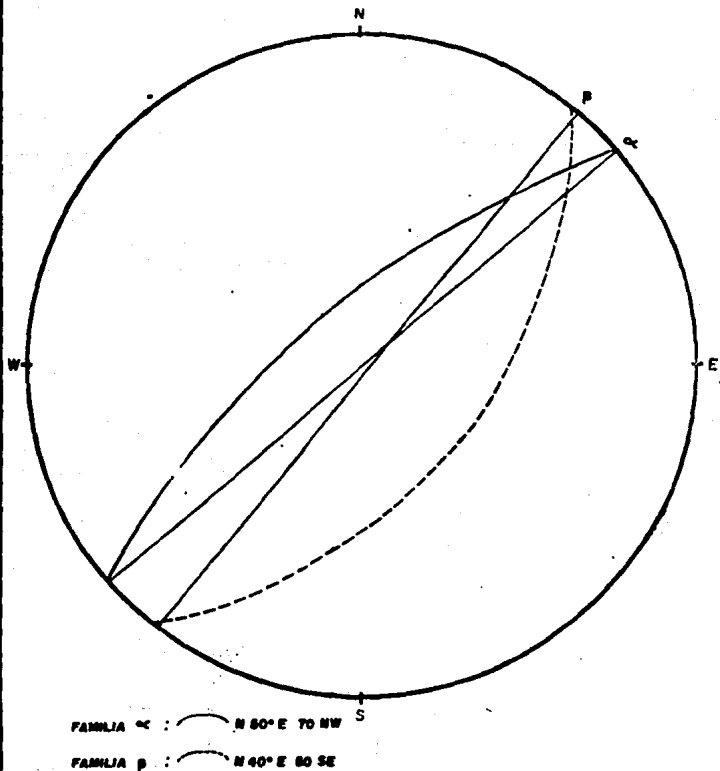
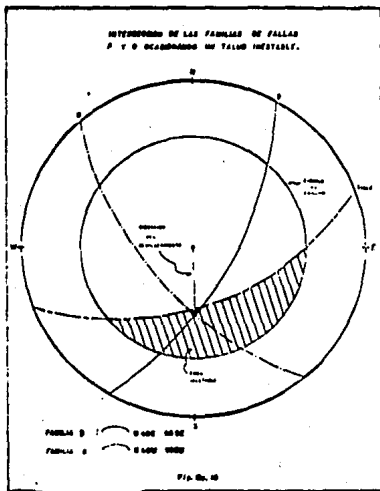


Fig. No. 16

UNA VEZ DETERMINADAS LAS INTERSECCIONES DE LAS FAMILIAS, SE PROYECTA EN EL MISMO ESTEREOGRAMA EL RUMBO Y ECHADO DE TALUD ANALIZADO, SI LAS INTERSECCIONES DE LAS FALLAS O FAMILIAS DE FALLAS QUEDAN DENTRO DEL AREA COMPRIMIDA ENTRE EL CIRCULO QUE REPRESENTA EL ANGULO DE FRICCION CARACTERISTICO DE LAS DISCONTINUIDADES Y LA RECTA QUE REPRESENTA EL TALUD, ESTA SERA UNA CUÑA ENTRE RECTAS O UNA FAMILIA CON RUMBO PARALELO AL TALUD CON POSIBILIDADES DE DESLIZARSE COMO LA QUE SE PRESENTA EN LA PARTE III DE LA MINA "EL VOLCAN", ENTRE LA FAMILIA BETA (3) Y LA FAMILIA TETA (4) DONDE EL TALUD TIENE UN RUMBO N 70° E Y 52° SE Y EL ANGULO DE FRICCION ESTIMADO ES DE 25°, TAL COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA No. 15.

ESTA REVISION SE REALIZA CONSIDERANDO LOS DIFERENTES RUMBOS QUE FORMAN EL TALUD DE LA MINA "EL VOLCAN", DURANTE SU PROCESO DE EXPLOTACION.

EN EL PLANO "MINA EL VOLCAN GEOLOGIA ESTRUCTURAL", ANEXO A ESTE TRABAJO SE PRESENTA EN DETALLE LA ZONIFICACION ESTRUCTURAL DE LA MINA INDICANDO LAS AREAS CON POSIBILIDADES DE DESLIZAMIENTO Y LA CONDICION DE MOVIMIENTO QUE OCURRIRIA INTERCEPTADA POR EL TALUD CORRESPONDIENTE, DURANTE LA EXTRACCION.



b). - ANALISIS DE ESTABILIDAD MEDIANTE EL METODO DE EQUILIBRIO LIMITE DE LAS ROCAS.

EL ANALISIS SE EFECTUA UTILIZANDO LA SIGUIENTE OPERACION. REF. 10, 11, 12, 13 Y 16.

$$F = \frac{CA + (W \cos \mu P - U - V \cdot \text{sen } \mu P) \tan \phi}{W \cdot \text{sen } \mu P + V \cdot \cos \mu P}$$

DONDE:

|F.S. FACTOR DE SEGURIDAD.

|A: AREA DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO.

|W: PESO DEL BLOQUE.

DATOS | μ P: ECHADO DE LA SUPERFICIE.

|U: PRESION DEL AGUA EN LA SUPERFICIE DE FALLA.

|V: PRESION DEL AGUA EN LA PARED POSTERIOR DEL BLOQUE.

PARAMETROS | ϕ : ANGULO DE FRICCION.

|C: COHESION.

LOS ANALISIS DE ESTABILIDAD DEBEN ADEMÁS INVOLUCRAR LAS FUERZAS DEBIDAS A VIBRACIONES DEL TERRENO PROVOCADAS POR VOLADURAS.

EN ESTE ESTUDIO PODEMOS REPRESENTAR EN UN SOLO ESTEREOGRAMA LAS FAMILIAS IDENTIFICADAS Y CON UN CIRCULO DE FRICCION QUE HA SIDO DETERMINADO POR ESTUDIOS ANTERIORES Y ANALISIS DIRECTOS EMPLEANDO LA LEY DE MOHR COULOMB. FIG. 16.

$J = C_i + T \tan \phi_i$ DONDE:

J = ESFUERZO CORTANTE.

T = ESFUERZO NORMAL.

ϕ_i = ANGULO DE FRICCION.

C_i = COHESION.

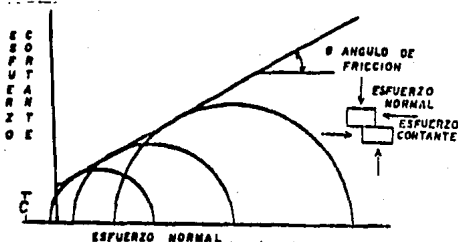
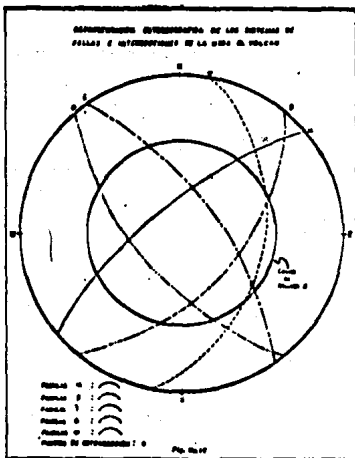


Fig. No. 16 CRITERIO DE MOHR COULOMB.

OBSERVAMOS QUE LAS CURVAS FORMADAS POR LAS FAMILIAS ALFA-DELTA, BETA-DELTA, ALFA-TETA Y BETA-TETA, PUEDEN OCASIONAR DESLIZAMIENTOS AL HACER VARIAR EL ANGULO DEL TALUD, CONSIDERANDO QUE EL ANGULO DE FRICCION VARIA DE 25° A 35° PARA SUPERFICIES TERSAS, PLANAS, PERO NO PULIDAS. FIG. No. 17.



ADENAS DEL ANALISIS ESTEREOGRAFICO DESARROLLAMOS EL ANALISIS DE EQUILIBRIO LIMITE, MEDIANTE LOS TRES ASPECTOS SIGUIENTES: LA GEOMETRIA DE LA CUA O BLOQUE, SOLICITACIONES EXTERNAS INCLUYENDO EL PESO PROPIO Y LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO DE LAS SUPERFICIES POTENCIALES DE FALLA.

LA FORMULA PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD ES LA SIGUIENTE:

$$F = \frac{C_i \times S + W \cos(\alpha + \phi) \times \tan \phi}{W \sin(\alpha + \phi)}$$

DONDE:

- C_i = COHESION.
- S = SUPERFICIE DE CONTACTO
- W = PESO DEL BLOQUE.
- α = ECHADO DE LA SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO.
- φ = ANGULO DE FRICCION.
- φ₀ = ANGULO PROVOCADO POR LA COMPONENTE HORIZONTAL DE LAS VIBRACIONES POR VOLADURA.

NO SE CONSIDERA EN EL ANALISIS EL ESFUERZO HIDROSTATICO SINO UNICAMENTE LA COMPONENTE HORIZONTAL DE LAS VIBRACIONES POR VOLADURAS.

PARA OBTENER EL ANGULO DE FRICCION Y LA COHESION EMPLEAMOS EL CRITERIO DE MOHR COULOMB RELACIONANDO EL ESFUERZO CORTANTE Y EL ESFUERZO NORMAL QUE OBTENEMOS CON BASE EN LAS FORMULAS DEFINIDAS POR NORBERT R. MORGENSTERN (THE INFLUENCE OF GROUNDWATER ON STABILITY)

$$S = \frac{W}{\delta} \sin \alpha \quad P = \frac{W}{\delta} \cos \alpha, \quad T = P \tan \phi \quad S = T$$

Si $S = T, \quad S = P \tan \phi$

DONDE:

- W = PESO DEL BLOQUE.
- S = ESFUERZO CORTANTE.
- P = ESFUERZO NORMAL.
- δ = AREA DE CONTACTO.
- α = INCLINACION DEL BLOQUE.
- ϕ = ANGULO DE FRICCION.

PARA OBTENER LA COMPONENTE HORIZONTAL COMO UN ANGULO EMPLEAMOS EL CRITERIO DE ALAN BAUER Y PETER N. CALDER "THE INFLUENCE AND EVALUATION OF BLASTING ON STABILITY". DONDE $W_a = W/\cos \theta$ Y $\theta = \tan^{-1} ah/g$, ah COMPONENTE HORIZONTAL.

APLICANDO ESTOS CONOCIMIENTOS A UN PROBLEMA PRACTICO CON LOS SIGUIENTES DATOS:

1.- ANGULO DE TALUD	= 52°
2.- EL ECHADO DE LA FALLA	= 32°
3.- EL ECHADO DE LA FAMILIA	= 63°
4.- ANCHO DEL BLOQUE	= 50 MTS.
5.- LARGO DE LA CUNA	= 80 MTS.
6.- PROFUNDIDAD DEL RESPALDO	= 30 MTS.
7.- PROFUNDIDAD DEL CORTE	= 36 MTS.
8.- VOLUMEN	= 66000 M.
9.- PRESION HIDROSTATICA	= NULA
10.- SUBPRESION	= NULA.
11.- ANGULO DE FRICCION	= 38°
12.- ANGULO DE LA COMPONENTE HORIZONTAL POR VOLADURA	= 14°
13.- PESO ESPECIFICO DE LA ROCA	= 2.60
14.- PESO DEL BLOQUE	= 171600 TON.
15.- AREA DEL CONTACTO DE FALLA	= 1075 M ²
16.- ANGULO DE INTERSECCION. -(α)	= 58°

APLICANDO EL FACTOR DE SEGURIDAD PARA UNA CURVA DONDE LA COHESION ES NULA Y QUE ESTEREOGRAFICAMENTE TIENE PROBLEMAS DE ESTABILIDAD.

$$F = \frac{W \cos \alpha \tan \phi}{W \sin \alpha}$$

$$F = \frac{(171600) \cos 58^\circ \tan 38}{171600 \sin 58}$$

$$F = \frac{(171600)(0.530)(0.781)}{(171600)(0.846)}$$

$$F = \frac{71030.386}{145316.5} = 0.488$$

AHORA SI CONSIDERAMOS PARA ESE MISMO TALUD INESTABLE EL EFECTO OCASIONADO POR LA COMPONENTE HORIZONTAL DE LAS VIBRACIONES POR VOLADURA.

$$F = \frac{W \cos(\alpha + \phi) \tan \phi}{W \sin(\alpha + \phi)} = \frac{171600 \cos 72^\circ \tan 35^\circ}{171600 \sin 72^\circ}$$

$$F = \frac{\cos 72^\circ \tan 35^\circ}{\sin 72^\circ} = \frac{(0.3090)(0.7813)}{(0.9511)}$$

$$F = \frac{0.2414}{0.9511} = 0.254$$

OTROS AUTORES COMO DAVID L. PENTS EN "METHODS OF ANALYSIS OF STABILITY OF ROCK SLOPES", CONSIDERAN EL EFECTO DE LAS VIBRACIONES DE LAS VOLADURAS COMO UN PORCENTAJE DE LA GRAVEDAD EN EL CALCULO DEL FACTOR DE SEGURIDAD DONDE:

LAS FUERZAS NORMALES T_n ESTAN DADAS POR LAS FUERZAS QUE ACTUAN NORMALES A LA DISCONTINUIDAD.

$$T_n = \frac{W \cos \alpha - W' \cos \alpha + Q \cos \alpha}{L}$$

LA RESISTENCIA AL CORTE PARA CONDICIONES LIMITADAS SE CALCULA POR:

$$EL = \frac{W \cos \alpha - W' \cos \alpha - Q \sin \alpha - u}{L}$$

ENTONCES EL FACTOR DE SEGURIDAD QUEDA:

$$F = \frac{EL \left(\frac{W \cos \alpha - WK \sin \alpha - Q \sin \alpha - u}{L} \right)^D}{(W \sin \alpha + WK \cos \alpha + Q \cos \alpha)}$$

PARA LO CUAL SI CONSIDERAMOS UNA FUNCION LINEAL:

$$D = 1 \quad Y \quad B = \tan \phi.$$

$$F = \frac{\tan \phi (W \cos \alpha - WK \sin \alpha - Q \sin \alpha - u)}{(W \sin \alpha + WK \cos \alpha + Q \cos \alpha)}$$

DONDE:

- ϕ = ANGULO DE FRICCIÓN.
- W = PESO DEL BLOQUE INESTABLE.
- α = EL ANGULO DE LA DISCONTINUIDAD.
- K = EL % DE GRAVEDAD POR LAS VIBRACIONES DE VOLADURAS O TEMPLORES.
- Q = LA PRESION DEL AGUA EN LA PARTE POSTERIOR DE LA DISCONTINUIDAD.
- U = LA PRESION DEL AGUA EN LA BASE DE LA DISCONTINUIDAD.

PERO CUANDO NO EXISTE PRESION DE AGUA LA FORMULA PARA CALCULAR EL FACTOR DE SEGURIDAD SE REDUCE A:

$$F = \frac{\tan \phi \cos \alpha - K \sin \alpha}{\sin \alpha + K \cos \alpha}$$

LO QUE DEMUESTRA LA NECESIDAD DE CUIDAR AL MAXIMO LAS VIBRACIONES CAUSADAS POR LAS VOLADURAS.

61.- CONTROL DE LA FLUCTUACIÓN DE LOS NIVELES DEL AGUA SUBTERRANEA.

OTRO FACTOR MUY IMPORTANTE EN LA CONSERVACION DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES ES EL MONITOREO DE LOS NIVELES DEL AGUA QUE FLUYE EN EL SUBSUELO YA QUE EN EL CICLO DEL AGUA, PARTE DE ESTA FLUYE POR LA SUPERFICIE, OTRA PARTE SE EVAPORA Y OTRA ES TRANSPIRADA POR LA VEGETACION, PERO UNA PARTE DEL AGUA PLUVIAL SE INFILTRA EN ESTE CASO, A TRAVES DE FALLAS Y FRACTURAS, HASTA LLEGAR AL NIVEL FREATICO, EL CUAL VARIA DE ACUERDO A LA TOPOGRAFIA DEL LUGAR.

PARA CONTROLAR EL FLUJO DEL AGUA EN LA MINA EL VOLCAN, TANTO PARA LA OPERACION COMO PARA EL CONTROL DE LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES SE HA PLANEADO LA ELABORACION DE SEIS POZOS DE MEDICION PIEZOMETRICOS CON UNA ALINEACION PREFERENCIAL CONSIDERANDO EL RUMBO DE LAS FALLAS Y FAMILIAS DE FRACTURAMIENTO PREDOMINANTES, CON LOS QUE SE REGISTRAN LA VARIACION DEL NIVEL FREATICO ESTACIONARIO, ASI MISMO SE ESTA APROVECHANDO LA BARRENACION DE DESARROLLO PARA LA CALIDAD DEL MINERAL, LLEVANDO UN REGISTRO DEL CONTENIDO DEL AGUA EN ESTOS BARRENOS Y DEFINIR LA DIRECCION DEL FLUJO DEL AGUA Y DETERMINAR UN SISTEMA PARA INTERCEPTARLA.

UNA VEZ IDENTIFICADA LA DIRECCION DEL FLUJO DE AGUA Y TENIENDO UN REGISTRO DE LA FLUCTUACION DE LOS NIVELES FREATICOS, SE EMPLEARAN LAS MISMAS TECNICAS USADAS EN LA MINA FERROTEPEC, DESARROLLANDO BARRENOS CON PERFORACION ASCENDENTE EN LOS TALUDES QUE PRESENTAN MAS PROBLEMAS DE FILTRACION HACIA EL TAJO, CON LO CUAL SE DISMINUIRA LA PRESION HIDROSTATICA ACTUANTE EN BLOQUES DE ROCA POTENCIALMENTE INESTABLES Y SE INCREMENTARA O CONSERVARA EL FACTOR DE SEGURIDAD.

AL NIVEL DE EXPLOTACION A QUE SE ENCUENTRA LA MINA EN LA ACTUALIDAD (NIVEL 1701), NO SE HAN PRESENTADO PROBLEMAS DEBIDOS A PRESIONES HIDROSTATICAS.

J).- MONITOREO DE LAS VOLADURAS Y REVISION MEDIANTE ANALISIS DE ESTABILIDAD.

PARA UN MINADO A CIELO ABIERTO, LAS VIBRACIONES CAUSADAS POR LAS VOLADURAS PARA TUMBE PUEDEN LLEGAR A SER PELIGROSAS AL PROVOCAR INESTABILIDAD EN LOS TALUDES.

PARA MINAS A CIELO ABIERTO, SE LLEVA UN CONTROL DE ESTAS VIBRACIONES HACIENDO VARIAR LAS CARGAS DE EXPLOSIVOS Y LOS TIEMPOS DE DETONACION.

LAS VIBRACIONES CAUSADAS POR LAS VOLADURAS, AUNQUE OCUPAN PRIORIDADES SECUNDARIAS, SU DESCUIDO O FALTA DE CONTROL PUEDE CAUSAR DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS Y PUEDE ALTERAR LA EXPLOTACION DE LA MINA; ES NECESARIO IMPLEMENTAR UN PATRON DE VOLADURA CON LA CANTIDAD DE MATERIAL Y FRAGMENTACION DESEADA DE LA ROCA SIN ALTERAR LA ESTABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS, CALCULANDO LA INTENSIDAD DE VIBRACIONES EN FUNCION DEL PESO DE LA CARGA DE EXPLOSIVO, DISTANCIA A LA DETONACION Y CARACTERISTICAS DEL TERRENO.

DIFERENTES AUTORES HAN REALIZADO ANALISIS ESTADISTICOS CON LA FINALIDAD DE ESTIMAR VALORES DE CARGAS CON RESPECTO A LA DISTANCIA, LOS CUALES SE HACEN FUNDAMENTALMENTE MIDIENDO LA VELOCIDAD MAXIMA DE LA PARTICULA AL PRODUCIRSE LA VOLADURA, QUE ES LA QUE MEJOR SE RELACIONA CON EL NIVEL DE DAÑOS CAUSADOS AL TERRENO.

PARA OBTENER LA VELOCIDAD DE PARTICULA SE CALCULA EN FUNCION DE LAS CARGAS DE EXPLOSIVO POR TIEMPO (W) USADAS Y LA DISTANCIA (D) EXPLOSION DETECTOR.

LA ECUACION QUE CORRELACIONA LO ANTERIOR ES:

$$V = K \left(\frac{d}{W} \right)^{-\beta} \quad (\text{REF. 6 Y 10}).$$

EN DONDE K, α , Y β SON CONSTANTES QUE DEPENDEN DE CADA SITIO, EN FUNCION DE LA GEOLOGIA (TIPO DE ROCA, FRACTURAMIENTO, SISTEMAS DE FALLAS, ETC.).

EN LAS SIGUIENTES PAGINAS SE PRESENTA, UN EJEMPLO DE UN REGISTRO DE UNA VOLADURA REALIZADA EN EL SITIO, DE LA MINA "EL VOLCAN".

ALGUNOS INVESTIGADORES HAN REALIZADO ESTUDIOS ESTADISTICOS EN NUMEROSAS VOLADURAS CON LA FINALIDAD DE ENCONTRAR LOS COEFICIENTES K, α Y β , QUE PUEDEN ESPERARSE EN DIFERENTES TIPOS DE ROCA Y DE ACUERDO A ESTOS, PARA EL CASO DE LAS MINAS DE SICARTSA DONDE LA DENSIDAD DE LA ROCA ES DE 2.8 A 4.2. Gr/Cm³. LOS VALORES PARA ESTOS COEFICIENTES PUEDEN SER:

FUENTE	K	α	β
HENDROM (1977)	321.33	0.50	1.50
DU PONT (1983)	160.00	0.80	1.60
DOWDING (1985)	250.67	0.48	1.4

EN EL CASO DE LA VOLADURA DE ESTE EJEMPLO REALIZADA EL DIA 28 DE SEPTIEMBRE DE 1991, Y APLICANDO LA FORMULA:

$$V = K \left(\frac{d}{W} \right)^{-\beta}$$

CON EL CRITERIO DE DU PONT Y UTILIZANDO LOS SIGUIENTES VALORES SE TIENE:

PESO DEL EXPLOSIVO 337.5 KG. _____ 743.40 LBS.

LA DISTANCIA EXPLOSION DETECTOR

230 MTS. _____ 754.6 PIES

$$W = \frac{337.5}{.454} = 743.40 \text{ LBS.}$$

$$d = \frac{230}{0.3048} = 754.6 \text{ Pies.}$$

$$V = K \left(\frac{d}{W} \right)^{-B} = 160 \left(\frac{230}{337.5} \right)^{-1.6} = 160 \left(\frac{754.6}{743.4} \right)^{-1.6}$$

$$V = 160 \left(\frac{754.6}{27.470} \right)^{-1.6} = 160 (27.47)^{-1.6} = 160 (0.004986) = 0.798 \text{ PUL/SEG.}$$

PARA ESTA ZONA EL LIMITE DE VELOCIDAD MAXIMA DE PARTICULA TOLERABLE ES DE 0.77 IN/SEG. A UNA DISTANCIA DE 100 METROS, CON UNA CARGA DE 400 KGS. DE EXPLOSIVO POR RETARDO.

ESTE VALOR SE OBTUVO A TRAVES DE ESTUDIOS REALIZADOS EN EL SITIO TOMANDO COMO BASE EL CRITERIO DE DOWDING REF. 16, 7 Y 10) TOMANDO EN CONSIDERACION LAS OBSERVACIONES DE LOS EFECTOS CAUSADOS POR LAS VOLADURAS MONITOREADAS.

DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS PARA EL EJEMPLO ESTUDIADO SE PUEDE OBSERVAR LA NECESIDAD DE CONTINUAR HACIENDO VARIAR LOS PARAMETROS DE LAS VOLADURAS PARA LOGRAR LA CONSERVACION DE LOS TALUDES HASTA ENCONTRAR LOS ADECUADOS PARA ESTE TIPO DE ROCA.

OTRO EJEMPLO SIMILAR AL ANTERIOR PERO, UTILIZANDO SOLAMENTE LOS PARAMETROS DEL MATERIAL UTILIZADO ES EL SIGUIENTE:

W = CARGA DE EXPLOSIVO POR TIEMPO DE RETARDO = 325 KG. =

$$\frac{325}{.454} = 715.86 \text{ LBS.}$$

$$D = \text{DISTANCIA EXPLOSION-PUNTO OBSERVADO} = 150 \text{ MTS.} = \frac{150}{0.3048} =$$

492.12 PIES.

$$V = K \left(\frac{D}{W} \right)^{-B} + 160 \left(\frac{492.12}{715.85} \right)^{-1.60} = 160 \left(\frac{492.12}{26.75} \right)^{-1.60} + 160$$

$$(18.39)^{-1.60} = 1.51 \text{ IN/SEG.}$$

AUNQUE NO SE NOTARON GRANDES VARIACIONES EN LOS TALUDES POR LOS EFECTOS DE LA VOLADURA REGISTRADA CON EL CRITERIO UTILIZADO SE DEDUCE QUE ES NECESARIO REDUCIR LAS CARGAS DE EXPLOSIVO POR EL TIEMPO DE RETARDO.

EN SICARTSA PARA EL CONTROL DE LAS VOLADURAS SE UTILIZA UN SISMOGRAFO EL CUAL SE INSTALA EN LAS AREAS QUE GEOLOGICAMENTE SE HAN DEFINIDO COMO MENOS ESTABLES POR LA COMPLEJIDAD DE LAS ESTRUCTURAS QUE LAS AFECTAN.

EL PROCEDIMIENTO ES EL SIGUIENTE:

INICIALMENTE SE DEFINE UN PLAN DE AVANCE SEMANAL EN EL, SE INCLUYE DE ACUERDO AL PROGRAMA ANUAL DE PRODUCCION, LAS VOLADURAS EN TEPETATE Y MINERAL, CONSIDERANDO LA CALIDAD DEL MINERAL EN FUNCION DE LAS EXIGENCIAS DEL PROCESO SIDERURGICO. AL PROGRAMAR LOS TUMBES DE LA SEMANA, SE ANEXA UNA DESCRIPCION DEL TIPO DE ROCA Y SE INDICAN LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES EN CADA UNA DE LAS VOLADURAS; SE ELABORA UN CROQUIS CONTENIENDO LAS CARACTERISTICAS DE ESTAS, COMO LAS CANTIDADES DE ALTO Y BAJO EXPLOSIVO, LOS RETARDOS UTILIZADOS, Y EL FACTOR DE CARGA, SE INSTALA EL SISMOGRAFO EN EL AREA CONVENIENTE Y LA VOLADURA ES REGISTRADA. FIG. 18 Y 19.

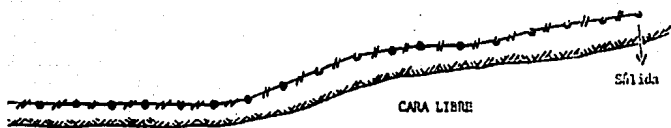
CON EL SISMOGRAFO SE REGISTRAN LOS SIGUIENTES DATOS: LA VELOCIDAD DE PARTICULA EN PULGADAS/SEG. LA FRECUENCIA EN HERTZ Y LA INTENSIDAD DEL SONIDO EN DESIBELES. LA FRECUENCIA Y LA VELOCIDAD DE PARTICULA SE REGISTRAN EN SENTIDO VERTICAL, TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL. UTILIZANDO LA GRAFICA DE DOWDING SE IDENTIFICA SI UNA VOLADURA ESTA DENTRO O FUERA DEL CRITERIO DEFINIDO PARA MINAS A CIELO ABIERTO (REF. 7) Y CON LA INFORMACION TECNICA DE LA VOLADURA SE INVESTIGA DE ACUERDO A LOS EFECTOS CAUSADOS POR ESTA, CUALES PARAMETROS SON FACTIBLES DE HACERSE VARIAR PARA LOGRAR EL CONTROL OPTIMO DE VIBRACIONES EN EL TERRENO PARA QUE NO AFECTE LA ESTABILIDAD.

EN LOS CROQUIS SIGUIENTES FIGS. 20 Y 21 SE MUESTRAN VARIAS ZONAS DE LA MINA DONDE SE INDICAN LOS AVANCES DE EXPLOTACION DE ACUERDO AL PROGRAMA SEMANAL, ELABORADO EN FUNCION DEL PLAN DE MINADO ANUAL. LA LOCALIZACION DEL SISMOGRAFO NO APARECE EN ESTOS CROQUIS YA QUE LAS AREAS CON PROBLEMAS DE POSIBLES INESTABILIDADES SE ENCUENTRAN FUERA DE ESTOS LIMITES.

SE ANEXA TAMBIEN UN REPORTE TIPICO DE VOLADURA Y EL REGISTRO SISMOGRAFICO DE ESTA, FIGS. 22 Y 23.

EN LA FIG. 24 SE MUESTRA LA GRAFICA UTILIZADA POR DOWDING (REF. 8 Y 7) DONDE SE REPORTAN LOS VALORES OBTENIDOS EN EL REGISTRO DE LA DETONACION Y SE COMPARAN CON LOS VALORES MAXIMOS PERMITIDOS.

CROQUIS DE CONEXION Y SALIDA
VOLADURA NO. 1



--// = 65 ms

FORMA DE CARGADO

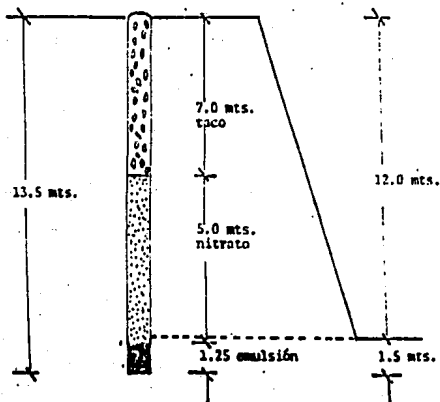


Fig. 10

DETALLES:

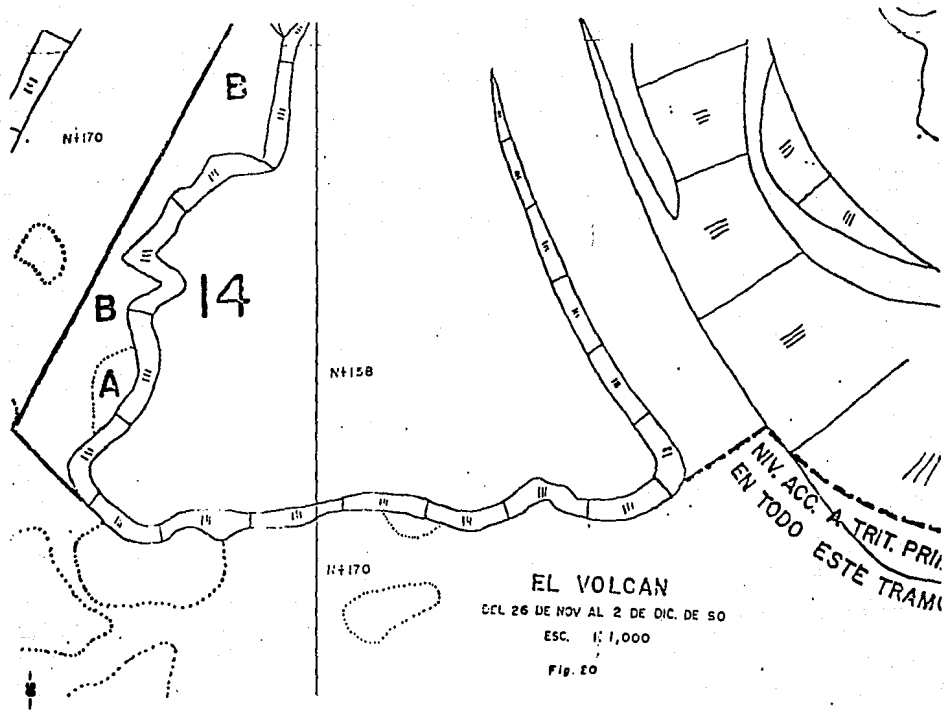
REPORTE DE VOLADURA

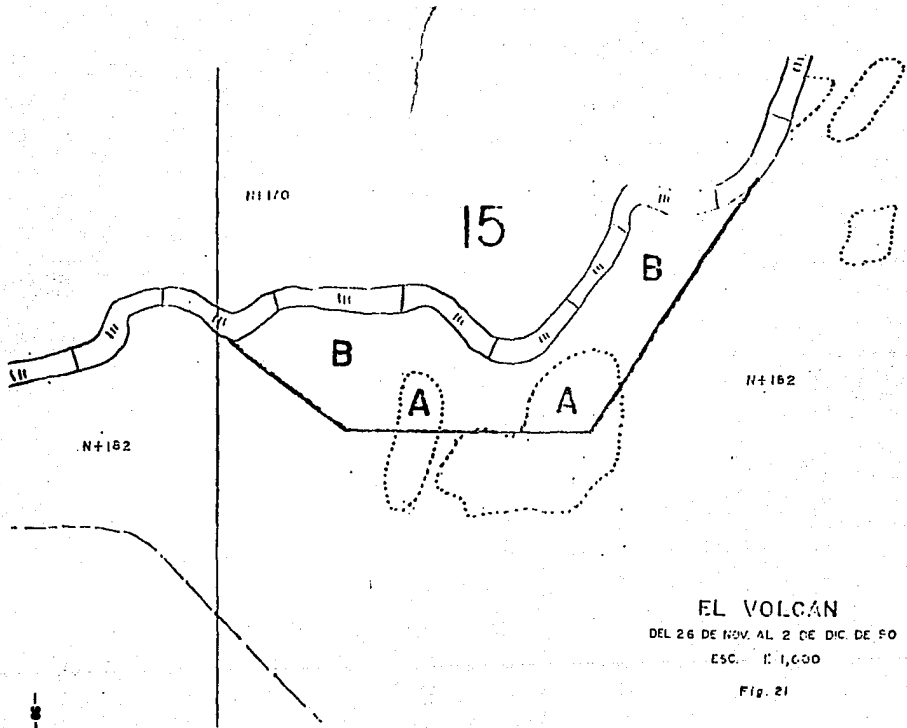
I.- DATOS :

Voladura no.	<u>1</u>	Bordo	: <u>0.0 Mts.</u>
Lugar	<u>VOLCAN</u>	Espaciamiento	: <u>7.20 Mts.</u>
Fecha	<u>20/09/90</u>	Carga de fondo	: <u>176 Kgs.</u>
Materia	<u>MINERAL</u>	Carga de columna	: <u>57 Kgs.</u>
Peso específico	: <u>4.2</u>	Carga Intermedia	: <u>---</u>
Diámetro de barrenación	: <u>9.7/A''</u>	Carga total/bno.	: <u>103 Kgs.</u>
Altura del banco	: <u>12 Mts.</u>	Taca	: <u>7.45 Mts.</u>
Prof. de barreno	: <u>13.60</u>	No. de barrenos	: <u>37</u>
Sub-Barrenación	: <u>1.50 Mts.</u>	No. de líneas	: <u>1</u>

II.- CALCULOS :

M ³ Tumbadas	(Bordo) {Espaciamiento} {Altura de Banco} {No. de Barrenos}	
	(7) { 8 } { 12.0 } { 37 }	= <u>24.864</u> M ³
Tons. Tumbadas	(M ³ Tumbadas) (Peso Especifico)	
	(24.864) (3.552)	= <u>88.317</u> tons.
Factor de Carga	(Carga total de explosivos) ÷ (Tons. Tumbadas)	
	(6750) ÷ (88.317)	= <u>0.0764</u> Kg/T
% Alto Explosivo	(Total alto explosivo) ÷ (Carga total)	
	(4650) ÷ (6750)	= <u>68.89</u> %
% Agente Explosivo	(Total agente explosivo) ÷ (Carga total)	
	(2100) ÷ (6750)	= <u>31.11</u> %





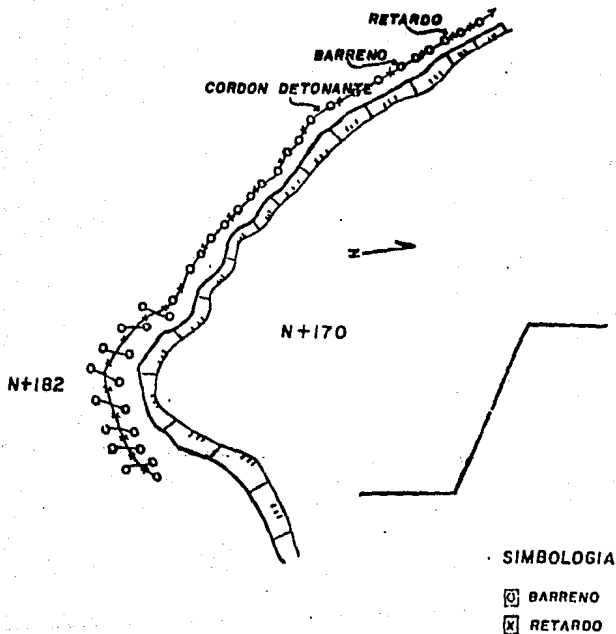
EL VOLCAN

DEL 26 DE NOV. AL 2 DE DIC. DE FO

ESC. 1:1,600

Fig. 21

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



MINA EL VOLCAN

FECHA: 28/09/90

Fig. 22

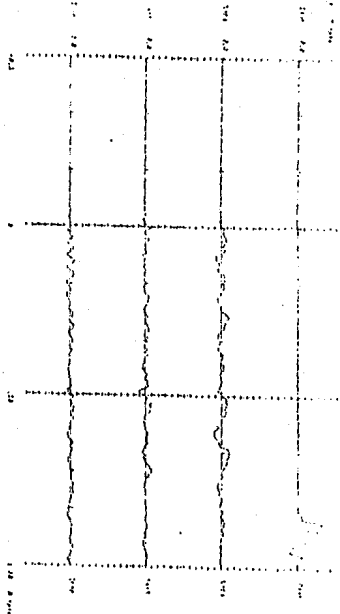
INSTANTEL
05-377

0000
 0000
 0000
 0000
 0000 VOLCAN
 0.00 in/s 13 mm/s
 000
 0.00 in/s 1.0 mm/s
 0000

Vert chan.
 0010000
 0000000 (m/dry)
 100 00
 002000 001

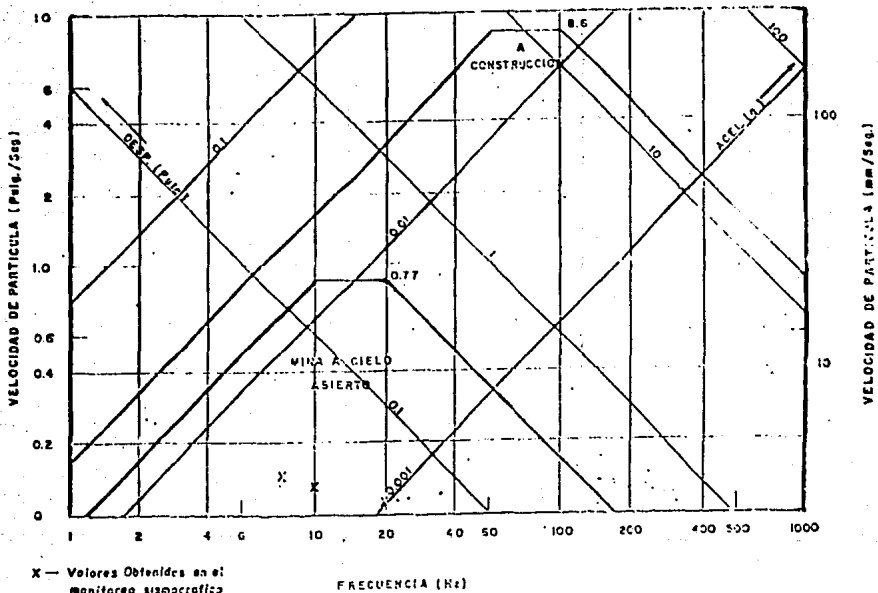
Trs: 000 in/s
 100 ms 20 hz
 Vert 000 in/s
 200 ms 10 hz
 Lns: 000 in/s
 200 ms 10 hz

000 in/s



Scale:
 X-axis 0.0002 sec/div
 Y-axis:
 0.00010 g/div
 0.0033 in/div

Fig. No. 23



e).- EFECTO DE LA CERCANIA DE LAS TEPETATERAS.

EN BICARTSA AL HACER UN DISEÑO DE EXPLOTACION CONSIDERANDO EL ANGULO MAXIMO PARA EXTRAER LA MAYOR CANTIDAD DE MINERAL AL MAS BAJO COSTO, TAMBIEN SE CONSIDERA LA UBICACION DE LAS TEPETATERAS, QUE ES EL LUGAR DONDE SE DEPOSITA EL MATERIAL ESTERIL, PARA ACORTAR LAS DISTANCIAS DE ACARREO PERO CUIDANDO LOS EFECTOS DE COMPRESION POR EL SOBREPESO PARA UN TALUD INESTABLE.

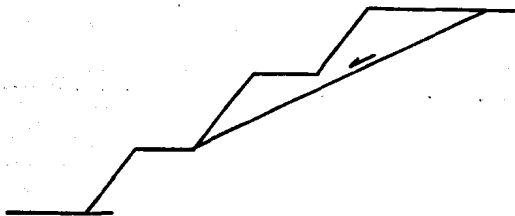


Fig. No. 25 Talud con posibilidad de deslizamiento

TOMANDO EN CUENTA EL ANGULO FINAL DEL TAJO Y LA ESTABILIDAD DE LOS TALUDES, SE HA HECHO UN ANALISIS DETALLADO DE LA GEOMETRIA (DE ESTE TAJO) PARA LOGRAR PUNTOS A NUESTRO FAVOR EN CUANTO A LA CONSERVACION DE LA ESTABILIDAD RESPECTO A LAS TEPETATERAS, LAS CUALES AL SER DISEÑADAS DEBEN CONTAR CON CONDICIONES FAVORABLES Y ENTRE ELLAS ESTA LA CERCANIA AL AREA DE EXTRACCION PERO SE REQUIERE TENER CUIDADO CON SU EFECTO DE COMPRESION.

LAS FIGURAS 25 Y 26 NOS DAN UNA IDEA DE LA REACCION DE UN TALUD CON PROBLEMAS DE ESTABILIDAD EN RELACION CON LAS TEPETATERAS.

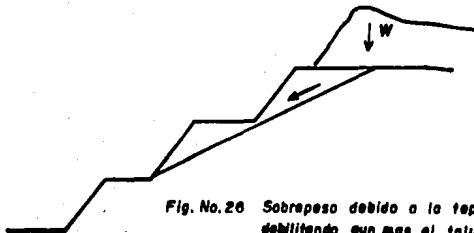


Fig. No. 26 Sobrepeso debido a la tepetatera debilitando aun mas el talud.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

HABIENDO CONSIDERADO LOS FACTORES MAS IMPORTANTES QUE INFLUYEN EN LA CONSERVACION DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES DE UNA MINA A TAJO ABIERTO Y CONOCIENDO LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ROCAS ENCAJONANTES EN EL AREA DE EXPLOTACION DE LA MINA "EL VOLCAN", SE CONCLUYE QUE:

DE ACUERDO A LOS DIFERENTES MONITOREOS DE VOLADURAS EFECTUADOS Y LOS RESULTADOS OBTENIDOS ES NECESARIO CONTINUAR APLICANDO LOS CONTROLES EMPLEADOS A LA FECHA, YA QUE PARA ALGUNOS TALUDES EN PARTICULAR, COMO ES EL DEL LADO "NW" DE ESTA MINA, DONDE SE HA RECOMENDADO ABATIR EL TALUD HASTA 40° AMPLIANDO LA CRESTA DE CADA BERMA, ASI COMO EL AREA DE LA ULTIMA DONDE CONCLUYE LA CUÑA FORMADA POR LOS SISTEMAS DE FALLAS 8 Y 9, CON LA FINALIDAD DE QUE NO RESULTE AFECTADA LA OPERACION DE LA MINA EN CASO DE OCURRIR UN COLAPSO, DEBEN EMPLEARSE TODOS LOS ARTIFICIOS CONSIDERADOS EN EXPLOSIVOS PARA DISMINUIR AL MAXIMO LAS VIBRACIONES.

LA INESTABILIDAD DE ESTE TALUD SE DEBE A LO ALTERADO DE LA ROCA POR SER LOS BANCOS INICIALES DEL PROYECTO, LO CUAL NO SUCEDERA EN BERMAS A PROFUNDIDAD, YA QUE LA ROCA AUNQUE ALTERADA ES MUY COMPACTA COMO LO REVELAN LOS RESULTADOS DE RGD REALIZADOS A LOS NUCLEOS RECUPERADOS POR LA BARRENACION CON DIAMANTE.

EN LA ACTUALIDAD SE ESTAN IMPLEMENTANDO PROGRAMAS DE COMPUTADORA QUE RELACIONAN TODA LA INFORMACION QUE SE OBTIENE EN CUANTO A LOS FACTORES QUE AFECTAN O PUEDEN AFECTAR A LA ESTABILIDAD Y AL PROCESO DE EXPLOTACION.

HASTA LA FECHA SE HA TRABAJADO CON LA GEOLOGIA ESTRUCTURAL UTILIZANDO EL METODO DE ESTEREOGRAFIA DE UNA FORMA MANUAL, DONDE DESPUES DE OBTENER LOS DATOS DE CAMPO SE TRABAJA EN GABINETE ELABORANDO LOS ESTEREOGRAMAS Y UBICANDO LOS DATOS PARA CONOCER LOS ANGULOS DE INTERSECCION ENTRE LAS FAMILIAS DE FALLAS PREDOMINANTES E IDENTIFICAR LA FORMACION DE CUÑAS AL RELACIONARLAS CON EL ANGULO DEL TALUD Y EL CIRCULO DE FRICCION.

AL VARIAR EL RUMBO DEL TALUD, LAS FAMILIAS DE FALLAS PRINCIPALES IDENTIFICADAS NOS OCASIONAN CUÑAS QUE PUEDEN TENER O NO DESLIZAMIENTO.

DE ACUERDO A LOS ESTUDIOS REALIZADOS, SE CONCLUYE QUE PARA LOGRAR UNA OPTIMA ESTABILIDAD EN LOS TALUDES ES NECESARIO EFECTUAR LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES:

PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE ESTABILIDAD EN LA MINA "EL VOLCAN", SE RECOMIENDA:

- a).- CONCLUIR EL LABORATORIO DE MECANICA DE ROCAS, PARA HACER PRUEBAS CONTINUAS A LAS PROPIEDADES FISICAS DE LAS ROCAS Y CONTAR CON UNA MAYOR CANTIDAD DE DATOS PARA OBTENER LOS PARAMETROS NECESARIOS PARA APLICAR EL FACTOR DE SEGURIDAD EN CADA UNA DE LAS AREAS DONDE EXISTAN CAMBIOS ESTRUCTURALES, O DIFERENTE TIPO DE ROCA, O EN EL RUMBO DE LOS TALUDES.
- b).- LLEVAR UN ESTRICTO CONTROL DE LOS CAMBIOS ESTRUCTURALES REALIZANDO LEVANTAMIENTOS GEOLOGICO-ESTRUCTURALES A DETALLE DE ACUERDO A LOS AVANCES DE EXPLOTACION.
- c).- TENER BIEN IDENTIFICADAS LAS FLUCTUACIONES DE LOS NIVELES FREATICOS PARA EL CONTROL DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA ESTABILIDAD, PARA ELLO, SE HAN DE REALIZAR LOS SEIS BARRENOS PROFUNDOS CON TUBERIA RANURADA Y PODER EFECTUAR LAS MEDICIONES PIEZOMETRICAS.
- d).- UTILIZAR LA INFORMACION TANTO DE MECANICA DE ROCAS COMO GEOLOGIA ESTRUCTURAL, HIDROLOGIA Y CONTROL DE VOLADURAS EN PROGRAMAS COMPUTACIONALES QUE NOS PROPORCIONEN INFORMACION MAS OPORTUNA.
- e).- CONTROLAR AL MAXIMO LAS VIBRACIONES DE LAS VOLADURAS, MONITOREANDOLAS CON SIGMOGRAFO Y DOSIFICANDO LAS CARGAS DE ACUERDO A LOS TIEMPOS MAS CONVENIENTES, LAS TECNICAS MAS DEPURADAS DE ACUERDO A LA BIBLIOGRAFIA EN LA MATERIA PARA LOGRAR EL MAYOR ANGULO AL MENOR RIESGO.

REFERENCIAS:

- 1.- INFORME SOBRE LOS YACIMIENTOS DE MARGO Y VOLCAN 1976, SIDERURGICA LAZARO CARDENAS LAS TRUCHAS, GERENCIA DE MATERIAS PRIMAS Y PLANEACION.
- 2.- EXPLOTACION DE MINERAL DE HIERRO: LUIS M. ARECOYO Y SAMUEL GUTIERREZ G. SICARTSA 1986.
- 3.- ESTUDIO GEOLOGICO MINERO DEL AREA VOLCAN, LAZARO CARDENAS, MICH., TRABAJO RECEPCIONAL: JORGE CALDERON N. 1935.
- 4.- DEPOSITOS DE OXIDOS DE HIERRO EN UNA SECUENCIA VULCANO SEDIMENTARIA YACIMIENTO EL VOLCAN: FRANCISCO ORTA E. SICARTSA 1984.
- 5.- GEOLOGIA: EMOUS, ALLISON. STANFFER. THIEL. MC. GRAW - HILL.
- 6.- USO DE EXPLOSIVOS EN MEXICO: ATLAS DE MEXICO S. A. DE C. V.
- 7.- ESTUDIO DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE LA MINA FERROTEPEC, MICH., GEOSERVICIOS, S. A. 1986.
- 8.- LA GEOLOGIA DE MINAS EN LA CALIDAD DEL HIERRO EN SICARTSA: RAUL ALVAREZ M. SICARTSA 1987.
- 9.- ESTUDIO GEOHIDROLOGICO DEL AREA DE FERROTEPEC: RAUL ALVAREZ M. SICARTSA 1985.
- 10.- MEDICION DE VIBRACIONES EN MINA FERROTEPEC: REPORTE TECNICO, ATLAS DE MEXICO, S. A. DE C.V. 1987.
- 11.- INFLUENCE OF EARTHQUAKES ON STABILITY BY ROBERT V. WHITMAN.
- 12.- STABILITY IN OPEN PIT MINING: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON STABILITY IN OPEN PIT MINING. EDITED BY C.O. BRAUNER AND V. MILLIGAN.
- 13.- THE INFLUENCE OF GRAUNDWATER ON STABILITY BY NORBERT R. MORGENSTERN.
- 14.- METHODS OF ANALYSIS STABILITY FOR ROCK SLOPES BY IT BARRON, D.G.F. HADLEY AND D.F. COATES.
- 15.- THE STABILIZATION OF SLOPES IN OPEN PIT MINING BY H.G. GOLDER.
- 16.- PIT LIMIT SLOPE DESING BEN L. SEEGMILLER AND DERMOT M. ROSS. BROWN. B.L. SEEGMILLER EDITOR 1974.

- 17.- CURSO DE MECANICA DE ROCAS APLICADA A LA MINERIA Y A LA CONSTRUCCION. DIVISION DE EDUCACION CONTINUA. FACULTAD DE INGENIERIA. UNAM 1985.
- 18.- ROCK SLOPE ENGINEERING; EVERT HOEK AND JOHN BRAY. THE INSTITUTION OF MINING AND METALLURGY. LONDON 1974.
- 19.- CURSO DE DETERMINACION DE PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE LA ROCA EN LABORATORIO Y CAMPO; SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA DE ROCAS A. C. Y CENTRO DE ACTUALIZACION PROFESIONAL DEL COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MEXICO, 1986.
- 20.- APUNTES DE GEOTECNIA IV DE; CARLOS DIAZ M. FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM 1987.
- 21.- YACIMIENTOS MINERALES; CHARLES F. PARK Jr. Y ROY A. MAC DIARMIN. 1981 OMEGA.
- 22.- EXCAVACIONES SUBTERRANEAS EN ROCA; E. HOEK; E.T. BROWN; Mc GRAW HILL, 1980.
- 23.- NORMAS DE INGENIERIA. CODIGO SISMICO 1975 SICARTSA.
- 24.- IRON ORE MINE AND CONCENTRATOR. OVERVIEW REPORT. McLeLLan. AGOSTO 1987.