

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
FACULTAD DE GEOLOGIA Y GEOFISICA

MUESTREO EN EL YACIMIENTO
SANTA LUCIA

AUTOR: CARLOS E. COPIÑO
TUTOR: LIC. EFREN DIAZ
CONSULTANTE: ING. ANTONIO RODRIGUEZ

INDICE

INTRODUCCION - - - - -	pag. " 1
PARTE GENERAL	
CAPITULO I- Generalidades sobre la región y áreas de los trabajos.	
1.1 Características geógrafa económica de la región - - - - -	" 3
CAPITULO II- Estudio de la estructura del yaci- miento Santa Lucía.	
2.1 Estructura geológica del yaci- miento - - - - -	" 8
2.2 Elementos principales de la es- trutura del yacimiento - - - - -	"10
2.3 Morfología de los cuerpos minera- les - - - - -	"12
2.4 Características de los cuerpos - minerales que forman el yacimien- to - - - - -	"13
2.5 Textura y Estructura. Tipos de- menas - - - - -	"16
2.6 Génesis del yacimiento - - - - -	"25
PARTE ESPECIAL	
CAPITULO III	
3.1 Tareas del muestreo - - - - -	"39
3.2 Tipos de muestreos - - - - -	"40

3.3 Métodos para la toma de muestra	pag " 48
3.4 Elaboración de las Muestras. Es quema de Richard Chechet - - -	" 54
3.5 Análisis de las muestras - - -	" 57
3.6 Planos y perfiles de Muestreo-	" 60
3.7 Determinación de los contenidos medios de los componentes - - -	" 62
CONCLUSIONES - - - - -	" 64
RECOMENDACIONES - - - - -	" 65
BIBLIOGRAFIA - - - - -	" 66
 ANEXOS GRAFICOS	
ANEXO 1 - Mapa de Ubicacion Geografica	
ANEXO 2 - Mapa Geológico	
ANEXO 2A- Columna Estratigráfica	
ANEXO 3 - Mapa Tectónico	
ANEXO 4 - Perfiles Geológicos	
" " 5 - " " " "	
" " 6 - " " " "	
" " 7 - " " " "	
ANEXO 8 - Plano de Horizonte	
ANEXO 9 - Perfil de Muestreo	

INTRODUCCION

El presente trabajo consiste en el estudio de todos los tipos de muestreos que se han realizado en el área del yacimiento de Santa Lucía, el cual se encuentra ubicado en la parte noroeste de la provincia de Pinar del Río.

Este trabajo fue realizado durante los meses de febrero a junio utilizando gran parte del tiempo en la recopilación de datos a cerca de dicho tema en los trabajos, informes y proyectos realizados en el área en cuestión.

Nuestro trabajo da comienzo con la parte general donde aparecen varios capítulos los cuales nos dan idea de las características generales del área que son:

Capítulo I

Generalidades sobre la región y áreas de los trabajos.

1.1 Características Geografo-Económica de la región.

Capítulo II

Estudio de la ~~estructura~~ del yacimiento Santa Lucía.

2.1 Estructura geológica del yacimiento.

2.2 Elementos principales de la estructura del yacimiento.

2.3 Morfología de los cuerpos minerales.

2.4 Características de los cuerpos minerales que forman el yacimiento.

2.5 Textura y Estructura de las menas. Tipos de menas.

2.6 Génesis del yacimiento.

La segunda parte del trabajo lo constituye la parte especial la cual nos explica con lujo de detalles:

Capítulo III

- 3.1 Tarea de ^{ues} muestreo.
- 3.2 Tipos de ^{ues} muestreos.
- 3.3 Métodos para la toma de muestras.
- 3.4 Elaboración de las muestras. Esquema de Richard Chet.
- 3.5 Análisis de las muestras.
- 3.6 Planos y perfiles de muestreo.
- 3.7 Determinación de los contenidos medios de los componentes.

Después de un análisis de cada punto nos dispusimos a sacar conclusiones las que creemos que están bien fundamentadas y recomendaciones para los trabajos futuros en las áreas que se siguen investigando.

DESARROLLO
PARTE GENERAL

CAPITULO I

Generalidades sobre la región y área de los trabajos.

1.1 Características Geografo-Económica de la región.

El yacimiento Santa Lucía está ubicado en la región--noroeste de la provincia de Pinar del Río, la cual -- está bañada por las aguas del Golfo de México, a tres kilómetros al noroeste se encuentra el puerto de Santa Lucía.

Administrativamente pertenece al municipio de Minas -- de Matahambre.

El área que ocupa el yacimiento está limitada por las coordenadas (según el sistema coordenado de Lambert) (anexo 1).

X : 195 200 - 196 000

Y : 315 200 - 316 100

El relieve al cual está asociado el yacimiento es generalmente suave y se encuentra en una pequeña cordillera que sirve de divisoria de las aguas que se extiende en dirección noreste suroeste presentando elevaciones bajas cuyas cotas absolutas varían de 20-135 metros.

En la vertiente norte del área se observan valles aplanados con dirección más o menos perpendiculares a--

las divisorias de las aguas, que sirve de desagüe a las aguas superficiales formando arroyos temporales en épocas de lluvia.

En la vertiente sur los valles son abruptos observándose muy bien los afloramientos de rocas.

La red fluvial es relativamente densa y poco caudalosa, como corriente de agua permanente sólo se observa en la parte central del yacimiento con un caudal de 2 a 3 l/seg, con iguales características existen en sus cercanías el río Nombre de Dios y Malas Aguas.

El clima de la región es tropical con humedad media de 80%. El promedio de las precipitaciones atmosféricas anuales es de 1400 mm destacándose dos periodos climáticos (noviembre - abril) y (mayo - octubre) invierno o seca y verano o lluvioso respectivamente.

En el tiempo de seca la humedad relativa es de 78% y la temperatura de 25° - 28° C. en el mes más caluroso (agosto). En el periodo de lluvia la humedad relativa es de 82% y la temperatura en el mes de enero es de 21° - 25° C. y puede bajar hasta 10° C.

Por encontrarse la región en la costa del Golfo de México y cercana a la región de formación de ciclones y huracanes, en el periodo ciclónico la economía agrícola se ve bastante afectada por los torrenciales aguaceros con las consecuencias de las inundaciones.

La vegetación en la región y área del yacimiento - -

(Santa Lucía) es exhuberante, está formada por pinos y palmas reales. En las partes más elevadas predominan los pinos; aunque también en las zonas con desarrollo de cuarcitas se presentan arbustos espinosos entrelazados por bejuco, que dificultan el movimiento y los trabajos de prospección geológica. En las laderas también se desarrolla esta vegetación, pero en la mayoría de ellas el campesinado siembra tabaco y frutos menores.

En el área del yacimiento existe una red de caminos y terraplén que se enlazan en cualquier parte del yacimiento.

El pueblo de Santa Lucía se entrelaza con otras poblaciones mediante carreteras (Puerto Esperanza, Matahambre y otras). (anexo 1).

El yacimiento se encuentra en un área económicamente favorable tanto desde el punto de vista agrícola como industrial (extractivo y de beneficio).

En las áreas aledañas se desarrolla el cultivo del tabaco y en menor escala la ganadería.

A 3 Kilómetros y hacia el noreste del yacimiento Santa Lucía está el poblado del mismo nombre en el cual se encuentra la planta de sulfometales "Patricio Lumumba" la cual procesa mediante el método pirometalúrgico. Esta planta hace unos años atrás procesaba la materia prima del yacimiento "Julio Antonio Mella" —

(pirítico). Pero en la actualidad por problemas de agotamiento de las reservas están procesando la materia prima del yacimiento Santa Lucía, la que presenta un elevado concentrado de azufre, muy importante para la obtención de ácido sulfúrico.

En dirección suroeste y a 7 kilómetros del yacimiento se encuentra el poblado de Minas de Matahambre y el yacimiento en explotación "Capitán Alberto Fernández" (anexo 1). En un área aledaña a la mina se encuentra la planta de beneficio la cual procesa la mena calcopirítica del yacimiento de donde se obtiene concentrado de cobre.

La planta de beneficio y el puerto de Santa Lucía están enlazados por un funicular el cual permite el transporte del concentrado de cobre. Este funicular pasa exactamente por la parte central de nuestro yacimiento, cerca de éste y paralelo a él pasa la línea de alta tensión (11000 volt.) que une a Santa Lucía con Matahambre.

Al sur de Matahambre y por la región de Pons se encuentra en explotación el yacimiento de fosforita "La Pimienta" con su planta de beneficio mineral. Aledaña al yacimiento se encuentra el Establecimiento Minas el cual realiza el trabajo de búsqueda, exploración de yacimientos minerales y levantamiento geológico 1 : 50000 en el noroeste de Pinar del Río.

Hacia el sureste 2 kilómetros del yacimiento Santa -
Lucía se encuentra el yacimiento polimetálico de Cas-
tellano, en el cual recientemente culminaron los tra-
bajos de exploración.

Además se observan las manifestaciones minerales de -
Nieves y Loma Mineral, así como las manifestaciones -
Baritina, Malas Aguas y otras. (anexo 1).

Por tanto podemos plantear que la región es eminente-
mente rica en recursos minerales y con grandes pers-
pectivas para el desarrollo industrial.

Se desarrolla la industria extractiva y de beneficio-
siendo ésta la ocupación por excelencia de la pobla-
ción de Santa Lucía y Minas de Matahambre.

CAPITULO II

Estudio de la estructura del yacimiento Santa Lucía.

2.1 Estructura geológica del yacimiento.

El yacimiento Santa Lucía se encuentra ubicado en el campo mineral Santa Lucía - Castellanos que pertenece a la parte norte de la zona tectónico facial de Guaniguanico. (anexo 3).

Está situado en la secuencia superior de la formación San Cayetano (J1 - 2). Las tocas en el yacimiento así como en el campo mineral donde se encuentra ubicado presenta un rumbo en dirección noreste (45° - 60°) el buzamiento es monoclinal noroeste con inclinación 40° - 80° (anexo 2). Aquí aparecen rocas complicadas con dislocaciones tectónicas tanto plicativas como disyuntivas.

En base a los datos de la exploración detallada del yacimiento fueron detectados y divididos en 3 horizontes (Lizaro García 1977).

- Inframineral o Subyacente
- Meníferos o de Roca Encajante
- Supramineral

Horizonte Inframineral o Subyacente

Presenta areniscas y aleurokitas rítmicamente interesratificadas con intercalaciones de esquistos carbonosos de poca potencia. Las areniscas más abundantes - presentan granulometría de fina a media. El buzamien

to de las rocas es suave.

Horizonte Menífero o de Roca Encajante.

Compuesto por esquistos arcillosos carbonosos que presentan intercalaciones de lentes pequeños de calizas y dolomitas, en ocasiones areniscas.

Dicho horizonte está bien delimitado pues sus contactos se pueden observar tanto en la parte superior como inferior, la potencia varía entre 10 y 100 metros con visible acúmulo en flanco noreste.

Horizonte Supramineral.

Compuesto por areniscas y aleurolitas interestratificadas con intercalaciones de esquistos (no uniforme) Las rocas están aquí más deformadas que en los horizontes anteriores, pues presentan mayor plegamiento, su rumbo y buzamiento varía en ocasiones alcanzando buzamiento de 70° . El corte de las rocas del yacimiento Santa Lucía comprueba la repetida interestratificación de areniscas aleurolitas y esquistos con intercalaciones a veces de calizas y de dolomitas, predominando las areniscas y aleurolitas.

El carácter de la estratificación es variado y hay veces que se presentan capas potentes que se alternan con otras de potencia del orden de milímetros.

La composición granulométrica sufre cambios graduales y bruscos observados transversalmente al rumbo de las rocas.

Tanto en el yacimiento como en el campo minero Santa Lucía - Castellano se observa que los ritmos de interestratificación más desarrollados son los de aleurolitas y areniscas.

2.2 Elementos principales de la estructura del yacimiento

El yacimiento Santa Lucía está asociado al paquete superior de la formación San Cayetano (Jurásico inferior y medio). Estructuralmente está ubicado en el flanco noroeste de una estructura anticlinoria en dirección noreste suroeste.

En el yacimiento al igual que en el campo minero Santa Lucía - Castellano el rumbo general de las rocas tiene dirección noroeste ($45^{\circ} - 60^{\circ}$) con buzamiento monoclinar ($40^{\circ} - 80^{\circ}$) hacia el noroeste. (anexo 2) Las rocas se encuentran complicadas por dislocaciones tectónicas tanto disyuntivas como plicativas. Las dislocaciones disyuntivas se desarrollan en fracturas transversales y sublatitudinales, formando bloques tectónicos. Estas fracturas en ocasiones son subconcordantes con la estratificación, en algunos casos corta a ésta con ángulos abruptos de hasta 80° . Frecuentemente aparecen pequeñas fallas estratigráficas. En el plano geológico, corte geológico transversales, longitudinales y planos geológicos de nivel se observa el buzamiento monoclinar de las rocas con una serie de deformaciones locales (anexo 4).

La estructura plicativa mayor del área es el pliegue-sinclinal transversal la que se ve expresada por el claro cambio de elementos en el plano.

Los afloramientos de los depósitos minerales del yacimiento están asociados al ala noreste de este pliegue. El plegamiento pequeño tiene desarrollo bastante amplio y se manifiesta en pequeños pliegues en declive, de diferente amplitud que cambian sus elementos según el rumbo y buzamiento de las rocas. La desviación — tanto azimutales y zenitales de la zona de perforación demuestra la pequeña magnitud de estos pliegues. El elemento estructural común para la mayor parte del yacimiento es el cambio del ángulo de buzamiento de las capas.

El cuerpo mineral principal del yacimiento Santa Lucía imita totalmente las pequeñas complicaciones estructurales de las rocas encajantes.

Entre las dislocaciones disyuntivas se observan fallas tanto longitudinales como transversales siendo las más desarrolladas las fallas de rumbo longitudinales. (anexo 3), entre éstas en el área del yacimiento se destacan dos zonas de brechamiento acompañadas de mineralización piríticas, a veces barito — polimetálica. El área del yacimiento está dividida por estas fallas en 3 bloques: Noreste, Central y Suroeste. Cada bloque aparece algo elevado respecto al bloque que le si

gue. Los afloramientos del cuerpo mineral especialmente están asociados al bloque central.

Se observa bastante bien las asociaciones de las dislocaciones disyuntivas a los sectores de más intensa flexiones de la estructura plicativa demostrando esta su correlación.

Las dislocaciones más tempranas son las subconcordantes con el rumbo de las rocas y las transversales son las más tardías.

El gran desarrollo del agrietamiento de las rocas se confirma también por la presencia de las vetillas de relleno en las rocas y menas encajantes.

2.3 Morfología de los cuerpos minerales.

La particularidad característica del yacimiento Santa Lucía es la asociación clara de las menas de plomo y zinc a un horizonte estratigráfico único, una sucesión de esquistos arcillosos carbonosos con intercalaciones de calizas y dolomitas.

El yacimiento consiste en 7 cuerpos minerales según (Lázaro García) sin embargo el valor industrial de estos es muy diferente.

La morfología de éstos cuerpos minerales es muy característica para cuerpos de yacimientos cuyas estructuras son concordantes con capas estratificadas (anexo 5), pues las formas de los cuerpos del yacimiento Santa Lucía es de capa concordante con la roca de c

ja que en ocasiones presenta ensanchamiento y estrangulaciones que coinciden en ocasiones con zonas de desarrollo de pliegues.

2.4 Características de los cuerpos minerales que forman el yacimiento.

La posición de los cuerpos minerales en el yacimiento están asociados a un horizonte único de esquistos carbonosos, el cual pertenece al paquete superior de la formación San Cayetano (Jurásico inferior y medio). El yacimiento está formado por 7 cuerpos minerales, - sólo el cuerpo mineral No. 1 representa el 94.6% de las reservas total del yacimiento, al cuerpo No. 5 - corresponde el 5.2% de la reserva y el 0.2% está distribuida entre los cuerpos restantes (anexo 4 - 5). Como podemos observar la importancia industrial del yacimiento se encuentra en los primeros cuerpos.

Cuerpo No. 1

Tiene forma de lente alargado concordante en el horizonte de esquistos; se encuentra más cercano al paquete supramineral en el flanco noreste que es el resto del yacimiento.

Tiene una longitud de 1065 metros según el rumbo. La parte que aflora del cuerpo se puede seguir desde el perfil 14 hasta el 21A.

La potencia máxima alcanzada es de 56 metros en el perfil 17 pozo 123, la potencia mínima es de 2 metros

pozo 86 y la potencia media es de 19.9 metros.

La potencia del cuerpo mineral es variable observándose se estrangulamientos y ensanchamientos.

El cuerpo mineral ocupa determinada posición dentro del paquete de esquistos en el flanco noreste, está prácticamente en contacto con las rocas del paquete subpramineral mientras que a partir del perfil 17 aumenta la potencia de los esquistos supramineral.

El buzamiento del cuerpo mineral por el realce es abrupto mientras que por el buzamiento es suave.

Los contactos del cuerpo mineral con la roca encajante son nítidos precisos, bruscos y a saltos, cuantitativamente los análisis químicos han demostrado que el contenido de plomo y zinc es de 10 a 20 veces superior dentro del contorno mineral que fuera de éste.

En las áreas de afloramiento del cuerpo mineral aparece el sombrero de hierro (menas oxidadas) en potencia que varía de 15 hasta 30 metros con una potencia promedio de 23 metros. Las cotas absolutas de los límites inferiores y superiores de la zona de oxidación son de 75 y 118 metros respectivamente.

Cuerpo No. 2

Este cuerpo fue interceptado por el pozo 56 en el perfil de exploración No. 2 , arriba del cuerpo principal. Es un cuerpo ciego, la vena de este cuerpo es análoga a la del cuerpo principal. La potencia es de

3 metros su extensión por el rumbo y buzamiento no sobrepasa 50 - 80 metros.

Cuerpo No. 3

Fue interceptado en los pozos 89 y 74 en el perfil 10. Posee una potencia de 6.05 y 1 metro respectivamente en los pozos 89 y 74.

La longitud es de 100 metros por el rumbo y 165 metro por el buzamiento, en los perfiles adyacentes no se cortó.

Por sus características tecturales, estructurales y mineralógicas es análoga al cuerpo principal.

Cuerpo No. 4

Fue interceptado por el pozo 71 en el perfil No. 14, más arriba del cuerpo mineral principal, en un segundo horizonte de esquistos.

La potencia del cuerpo es de 9.9 metros, la longitud por el buzamiento no se determinó; por el rumbo no sobrepasa los 100 - 150 metros. Los componentes útiles son: zinc (6,09%), plomo (2,87%), azufre (20,86)

Cuerpo No. 5

Es el segundo cuerpo en importancia industrial, es un cuerpo ciego en forma de capa concordante con las rocas encajantes.

Se cortó en el perfil 22 pozo 113 y en el perfil 24 por los pozos 92 y 99 con potencia de 4,8 - 0,85 metros y 22,65 metros respectivamente.

Por sus características texturales, estructurales, -- composición química etc la mena de este cuerpo difiere a las de los cuerpos (1, 2, 3, 4).

Durante los trabajos de exploración detallada del yacimiento en el perfil 19 fue cortado por los pozos -- 128 y 129 este mismo tipo de mena con las características señaladas.

Su potencia es variable y lo hace de 6,8 - 22 metros -- su longitud por el rumbo es de 250 metros y por el buzamiento es de 200 metros.

Cuerpo No. 6

Fue localizado por los pozos 99 y 50 de los perfiles -- 24 y 28. Este cuerpo no está delimitado por el rumbo ni por el buzamiento y tiene una posición secante a -- la roca encajante.

Cuerpo No. 7

Fue cortado a través del socavón en el perfil 18, los pozos en el perfil no lo interceptaron al igual que -- en los perfiles adyacentes. Es ciego con potencia de 3,15 metros. Su longitud por el rumbo no sobrepasa -- los 50 metros.

La mena es parcialmente recristalizada y diseminada -- barito - polimetálica.

2.5 Textura y Estructura. Tipos de Menas.

Para el yacimiento Santa Lucía son característicos ti -- pos de textura y estructura diferentes según el estu-

dio realizado por María L. Leyva (1979).

Textura

Está determinada por las formas, dimensiones y correlación espacial de los agregados minerales. Son las características macroscópicas de las rocas.

En nuestro yacimiento (Santa Lucía) la textura característica es la bandeada desde fina hasta gruesa, apareciendo también dentro de éstas variedad 2 subtipos.

- Bandeada Masiva
- Bandeada Diseminada

Estructura

Esta viene determinada mediante la forma, dimensiones y carácter de crecimiento de los granos minerales, -- son características pequeñas de las rocas.

En el yacimiento existen de muchos tipos:

- 1.- Emulsionada
- 2.- Hipidiomórfica granular
- 3.- Alotriomórfica granular
- 4.- Radiada
- 5.- Subgráfica
- 6.- Colomórfica
- 7.- Ribetes marginales
- 8.- Cataclásticas
- 9.- Otras estructuras
 - a) Relictica

b) Cementada

c) Esquelética

De todas éstas estructuras las más comunes para las masas del yacimiento son:

1.- Emulsionadas

Consiste en separaciones de granos subredondeados y aciculares muy pequeños de un mineral en la masa fundamental de otro mineral. Aparecen en el yacimiento segregaciones emulsionadas de calcopirita y pirrotina que se encuentran en los agregados y granos de esfalerita.

2.- Hipidiomórfica granular

Granos de minerales que tienen formas cristalográficas parcialmente desarrolladas. Aparece formando parte de los agregados de pirita masiva.

3.- Alotriomórfica granular

En esta los granos de minerales no poseen formas cristalográficas bien definidas. Aparece formando parte de los agregados de pirita masiva.

4.- Colomórfica

Constituida por una granulometría más fina que criptocristalina. Va a surgir durante el proceso de descristalización de los agregados colomórficos. Aparece en una variedad de pirita bordeando a la esfalerita. La posee además la hematita de la zona de oxidación.

Tipos de Menas

En el yacimiento Santa Lucía por su importancia industrial, composición mineralógica, particularidades estructurales e indicios genéticos existen dos tipos -- principales de menas:

- 1.- Menas primarias
- 2.- Menas oxidadas

Estas a su vez se van a dividir en 4 subtipos fundamentales según el estudio de María L. Leyva la cual -- se detuvo en el análisis minerográfico del yacimiento -- Santa Lucía.

- 1.- Menas primarias
 - A- Menas pirito - polimetálicas
 - B- Menas barito - polimetálicas
 - C- Menas piríticas
- 2.- Menas oxidadas
 - A- Menas oxidadas de hierro y plomo

1.- Menas primarias

Estas componen la totalidad casi de las reservas del yacimiento, tanto por su volumen como por su importancia industrial. Estas menas están formadas por sulfuros de plomo, zinc, hierro y como -- acompañante la barita y la plata.

A- Menas pirito - polimetálicas

Estas menas van a constituir el valor industrial principal del yacimiento y por lo tan-

to la fuente por excelencia de minerales útiles (pirita, esfalerita y galena).

Estas menas se van a distinguir por su composición mineral sencilla, presencia de sulfuro de hierro, zinc y plomo los que forman -- parte de los minerales útiles antes mencionados.

En este tipo de mena predomina la pirita la- que presenta las siguientes variedades:

Pirita globular sementada por material arcilloso y agregados de esfalerita hasta pirita en forma de agregados masivos, pasando por -- variedades de granulometría fina, muy fina y la pirita colorífica.

Los minerales polimetálicos son la esfalerita y la galena los que forman granos y agregados de formas irregulares.

Los minerales metálicos se relacionan con -- los no metálicos fundamentalmente cuarzo y -- carbonato (siderita y calcita) así como -- clorita, hidromica, algunas sericitas y sustancias carbonosas, aparecen en cantidades -- subordinadas marcasita y melnikovita así como pirrotina y calcopirita, en los agregados masivos de pirita aparecen raras inclusiones de hematita y barita rellenando las cavida--

des y poros.

Este tipo de mena está caracterizado por una granulometría fina predominando la variedad muy fina.

Para este tipo de mena se distingue dos subtipos fundamentales:

- Mena pirítica - polimetálica masiva
- Mena pirítica - polimetálica diseminada

Esta división viene dada por la mayor o menor concentración de sulfuros, esencialmente pirita.

Las menas serán masivas cuando el contenido de azufre sea mayor del 20% y serán consideradas como diseminadas cuando dicho contenido sea menor que el 20% (esto en forma convencional). Esta división es la que generalmente se realiza utilizando los datos obtenidos durante la realización de los análisis químicos.

Este tipo de menas es característico para la mayor parte de los cuerpos minerales que componen el yacimiento y fundamentalmente para el cuerpo mineral principal o No. 1 .

B- Menas barito - polimetálicas

Este tipo de mena se presenta en diferentes cuerpos minerales del yacimiento. Se distin

que y distribuye irregularmente, su carácter está determinado, subordinado a la distribución del tipo de mena pirita - polimetálica, pues su contenido es mucho menor.

La composición de este tipo de mena es la más sencilla en comparación con el resto de las existentes en el yacimiento, está compuesta por sulfuros de plomo, zinc y en menor cantidad de sulfuro de hierro. El mineral no metálico está constituido por barita que es el no metálico más importante.

Dentro de este tipo de mena se incluyen aquellas que posean un contenido de sulfato de bario superior al 8%.

Según los datos de los análisis químicos el contenido de sulfato de bario en el yacimiento alcanza hasta un 43%.

Este tipo de mena presenta una característica muy significativa según los datos de los análisis químicos y ésta viene dada debido a que cuando aumenta el contenido de sulfato de bario en las muestras disminuye el contenido de azufre, para estas menas es característica la estructura granular de media a gruesa.

La pirita aparece en forma de acumulación de

granos, los agregados de esfalerita tienen formas alargadas y subredondeadas con segregaciones de calcopirita y pirrotina. En algunos casos estos agregados de esfalerita aparecen formando parte de relleno de grietas en ocasiones paragenética con la galena. La galena aparece en agregados de bordes irregulares.

Este tipo de mena de acuerdo a las particularidades texturo - estructurales y a la composición mineral se dividen en dos subtipos:

- Mena barito - polimetálica - venífera.
- Mena barito - polimetálica - diseminada.

Este tipo de mena es fundamental para el cuerpo mineral No. 5 del yacimiento

C- Menas piríticas.

La distribución de este tipo de mena es irregular en el yacimiento, siendo su contenido en los cuerpos bajos, pero los que presentan menos interés que los anteriores.

Su composición es casi monomineral, bisulfuro de hierro (pirita) cuyo contenido varía de 10 - 80%. La pirita tiene una granulometría de media a fina.

La galena y la esfalerita (minerales de plomo y zinc) están casi ausentes y muy raras-

veces se encuentra calcopirita.

Como minerales no metálicos se encuentran, - el cuarzo, carbonato y en ocasiones se presenta la barita.

Por sus características texturales se observan 3 subtipos de menas.

- Mena pirítica masiva.
- Mena pirítica diseminada.
- Mena pirítica diseminada venífera.

Siendo el tipo más común la pirita diseminada que puede contener hasta un 50% de pirita. Este tipo de mena se localiza en las partes centrales del yacimiento (fundamentalmente en el techo y flanco del cuerpo mineral principal).

2.- Menas oxidadas

A- Menas oxidadas de hierro y plomo.

Esta se va a desarrollar en la zona de oxidación de las menas primarias.

Morfológicamente constituyen un sombrero de hierro remanente con pequeñas dislocaciones. En la zona de oxidación debido a las diferentes capacidades de migración de los componentes útiles se realiza un cambio profundo de las menas sulfuradas, que causan la formación de la clara zonalidad vertical del sombrero.

ro de hierro.

La parte superior de la zona de 2 a 3 metros consiste principalmente en minerales de composición gohetito - hidrohematítica. La parte media de 7 metros de potencia consiste en la formación gohetito - hidrohematítica compacta con presencia de serucita y ocre ferruginoso. La parte inferior del sombrero de hierro de unos 3 metros consiste en la formación ocre - arcillosa con contenido aumentado de plomo y plata.

Se reporta también la presencia de plumbojarosita y cobelina así como plata nativa (Yurparlov 1972).

La textura de estas menas es porosa y la estructura fundamental colorórfica, reportada de acuerdo a las particularidades texturo - estructurales.

Este tipo de menas se presenta en el cuerpo principal No. 1 el cual aflora a la superficie.

2.6 Génesis del yacimiento

En el yacimiento (Santa Lucía) al cual estamos realizando nuestro estudio, aparecen texturas y estructuras que son características para varios tipos genéticos de yacimiento, por lo que se hace muy difícil la-

zación no tiene relación con la roca encajante - en tiempo, pues ésta debido al origen que ellos determinaron son mucho más viejas que las soluciones mineralizantes que fueron las que dieron lugar a que se formara el depósito mineral.

2do. Grupo

A. Lisitsin plantea este origen relacionado con las soluciones que provienen de los cuerpos de granitoídes que al suponer se encuentran en las profundidades, mientras que los restantes geólogos investigadores de la Academia de Ciencias de Cuba plantean que la mineralización y la formación del depósito mineral estuvo relacionado estrechamente con la actividad volcánica del Cretácico.

Dentro de los geólogos de este grupo hay algunos como V. Chelariago y N. Zubko expresan su idea como origen vadoso hidrotermal.

3er. Grupo

Dentro de este grupo se encuentra el investigador O. Yurpalov plantea que las menas tienen un origen poligenético formado como resultado de 3 etapas.

1- Exhalatoria - Sedimentaria

En esta se forma el volumen fundamental de las menas piríticas de plomo y zinc finamente ban

determinación con certeza del origen de dicho yacimiento.

Las numerosas ideas planteadas por los diferentes geólogos que han estudiado esta área son:

- 1- A. Lisitsin, N. Laverov, Bahroweskaya y otros defendieron su criterio de un origen hidrotermal metasomático de las renas del yacimiento.
- 2- A. Lisitsin, A. Malinovski, R. Cabrera y G. Carasoan plantean un origen hidrotermal.
- 3- O. Yurpalov (1972), S. Antonnev, A. Norman (1974), A. Zhidkov, V. Ovsianiskov, J. del Pino (1975), L. García (1977), E. Díaz, V. Demidov (1978), V. Litkin (1979) plantean un origen en varias etapas sedimentarias hidrotermal o puramente hidrotermal.
- 4- Lázaro García y otros (1982) plantean un origen estratiforme sedimentario.

Ahora pasaremos a explicar cada uno de ellos y al final daremos nuestra opinión.

1er. Grupo.

Este primer grupo de geólogos que plantean un origen hidrotermal metasomático, dicen que las soluciones minerales ascendieron por las zonas de rupturas, afectando a su vez a las rocas sedimentarias que se encontraban sometidas a un débil metamorfismo regional, planteando que la minerali

deadas.

2- Hidrotermal

En este se forman las menas baríticas de plomo y zinc, menas piríticas y una etapa de mineralización polimetálica.

3- Hipergenética

Se desarrolla en la zona de oxidación la queda como resultado la formación del sombrero de hierro.

También S. Antonnev, A. Norman refieren las menas a un origen poligenético producto de 3 etapas.

1- Hidrotermal Sedimentaria

Formación de las menas piríticas de plomo y zinc.

2- Hidrotermal

Formación de las menas baríticas de plomo y zinc.

3- Hipergenética

Desarrollo de la zona de oxidación y la formación del sombrero de hierro.

También A. Zhidkov, V. Ovsianikov y J. del Pino exponen sus ideas a cerca del origen orgánico de la mineralización del yacimiento, para ello se basan en considerar que las formaciones de sedimentos carbonatados - arcillosos - carbonosos se

transforman en roca pirítica y para esto se efectuó en 3 etapas.

1- Sedimentación

Durante esta etapa se produjo la acumulación de los limos carbonosos - carbonatados que presentan restos de organismos vegetales y animales, y la descomposición temprana de esta materia orgánica.

2- Diagénesis

En esta continúan las reacciones electro-químicas que empezaron en la etapa anterior, a qué tiene lugar la mayor actividad en la interrelación de los iones de azufre con los metales dando lugar a la formación de los sulfuros de hierro, zinc, plomo, cobre y la formación así de otros compuestos.

3- Catagénesis y metamorfismo

Esta etapa se manifiesta según sus defensores en la recristalización de los minerales metálicos y no metálicos así como también la reubicación parcial de la materia mineral a través de las soluciones hidrotermática.

E. Díaz, V. Demidov exponen sus ideas basados en el estudio de las particularidades de las menas - (Trabajo de Candidatura de E. Díaz) planteando un origen de las menas en 3 etapas.

1- Sedimentaria Hidrotermal

Se encuentra relacionada con esta etapa la ma su fundamental de la mena pirito polimetálica produciéndose simultaneamente la formación de la roca encajante.

2- Hidrotermal Metasomática

Esta etapa presenta un carácter supuesto y se va a manifestar después de concluir la etapa fundamental de mineralización y después de ha ber ocurrido algunas transformaciones diagenéticas de la mineralización sulfurosa.

3- Metamórfica

Se va a relacionar esta etapa con las alteraciones que ha sufrido la mineralización mecánica, ocurridas posterior a las 2 etapas anteriores. Es característica la reagrupación es pacial de las sustancias meníferas, con las alteraciones de la forma primaria de deposicii ón de los sulfuros.

V. Litkin plantea un origen sedimentario - hidrotermal, llega a la conclusión de que el origen de la mineralización fueron las soluciones hidrotermales que más tarde fueron a depositar los elementos químicos en una cuenca donde existían las condiciones favorables y por lo cual el medio de la fijación es sedimentario.

4to. Grupo

Lázaro García en el trabajo de exploración detallada del yacimiento Santa Lucía (1977 - 1979) respectivamente y otros geólogos en el proyecto de exploración de 1982 plantean que este yacimiento y su mineralización tienen un origen estratiforme sedimentario.

Las consideraciones que a continuación se señalan están basadas en la composición sustancial de la mena, características texturales y estructurales particularidades principales de la constitución geológica de el yacimiento y campo minero Santa Lucía - Castellano, asociación de los cuerpos minerales a un horizonte estratigráfico único, así como las particularidades de la cuenca de sedimentación y características litológicas, petrográficas de las rocas que lo componen.

Las rocas sedimentarias del campo minero están relacionadas con 2 facies marítimas. El cambio de estas facies estuvo condicionado por cambios geotectónicos (movimientos oscilatorios) que producen cambios de las condiciones paleontológicas de la región.

Las rocas de los paquetes infra y supramineral formados por areniscas, aleurolitas e intercalaciones de esquistos con material carbonatado (ca

liza, dolomita y calcita) tienen características de formaciones submarinas litorales.

La profundidad pequeña de la cuenca de sedimentación está dada por las intercalaciones de calizas arcillosas detriticas y aleurolíticas, así como la presencia de braqueopodos y en ocasiones microfauas que según el criterio de Furrázola y otros paleontólogos son características para poca profundidad (20 - 25 metros) y moderadamente salinas.

En el paquete encajante del cuerpo mineral (esquistos arcillo - carbonoso) es característico el contenido calcareo y de forma indirecta pueden indicar condiciones de salinidad moderada.

La coloración de gris oscuro a negro de las rocas del paquete encajante, la presencia del material carbonoso y pirita globular finamente dispersa, demuestra que las transformaciones epigenética y diagenéticas de las rocas del paquete encajante se realizaron en una cuenca estancada-tranquila.

Algunos cambios epigenéticos y diagenéticos revelados en la región y en el yacimiento son, recristalización, segregación y transformación del cemento sílice carbonatado arcilloso y sustitución del material fragmentario de la aleurolita,

recristalización de la caliza y cierta recristalización de los sulfuros. Todos los cambios revelados tienen carácter antiguo que surgen en el proceso de singénesis y diagénesis de las rocas sedimentarias.

La conservación en todo el corte de la textura - estratificada bandeada (con micropliegues tectónicos y de desplazamiento submarino) dispersión fina de los sulfuros y sustancias carbonosas en el paquete encajante, la conservación de los minerales arcillosos, la ausencia de minerales metamórficos y la presencia de bitúmenes en la mena arcillo - carbonatada atestiguan un metamorfismo débil en las rocas del tipo Dinamometamorfismo.

La formación de las menas del yacimiento se caracterizan por el carácter intermitente (pulsativo), rítmico y cíclico.

El bandeamiento típico de la mena en el yacimiento Santa Lucía, el cual refleja la acumulación - rítmica de los sedimentos que se repiten en el - corte debido a cambios paleogeográficos y condiciones físico químicas, hicieron posible la deposición periódicas de lodos metalíferos y sedimentos terrígenos en la cuenca de sedimentación.

En el área del campo minero y fuera de éste ob-

servamos una estrecha asociación de las menas de plomo y zinc a un horizonte único (esquistos -- carbonosos con intercalaciones de calizas y dolomitas) en los paquetes superior, medio e inferior de la formación San Cayetano (J¹. 2. 2).

En el yacimiento hay ausencia completa de alteraciones hidrotermales en los contactos de los -- cuerpos minerales con la roca encajante y sí la presencia de material orgánico.

Los contactos de los cuerpos minerales con la roca encajante son nítidos y precisos, bruscos y a saltos, cuantitativamente los análisis químicos demuestran que los contenidos de plomo, zinc, azufre son de 10 - 20 veces mayor dentro del contorno que fuera de éste.

Los cuerpos minerales tienen forma de capas y la distribución de los componentes útiles plomo -- zinc etc. no dependen de las estructuras plicativas. Además no existe vínculo entre la mineralización plomo - zincosa y las estructuras disyuntivas.

Las características de las menas del yacimiento -- la asociación de minerales (galena y esfalerita) en la acumulación carbonatada (caliza y dolomita), el amplio desarrollo de la pirita globular la débil manifestación de la sustitución metaso-

nática de minerales no metálicos por minerales metálicos y el entrecrecimiento de ambos tipos de minerales.

La formación de vetillas de calcita y cuarzo corresponden a la misma composición química de las rocas encajantes, éstas se encuentran en grietas por lo que pudiera pensarse que éstas fueron las vías de ascenso de las soluciones hidrotermales con la carga metalífera, pero de ser así estas soluciones deberían descargarse en el paquete inframineral formado fundamentalmente por areniscas que por sus características físico química son propicias, o en el contacto entre las areniscas y los esquistos ya que estos últimos servirían de pantalla a dichas soluciones, sin embargo la edad de esta vetilla es más tardía.

De acuerdo a la forma de los cuerpos minerales y su concordancia con las rocas encajantes, sencillez en la composición mineral, desarrollo de las texturas estratificadas y bandeadas de las rocas y Arenas del yacimiento, presencia en sulfuros y rocas encajantes de bitumen, amplio desarrollo de la pirita globular y la presencia de a zufre biogénico y por todos los factores antes señalados consideraron que la mineralización po-

limetálica plumbo - zincosa en el campo mineral-
Santa Lucía - Castellanos en particular son del-
tipo conocido Estratiforme Sedimentario.

La formación ocurrió en 3 etapas.

1- Sedimentaria

En ésta se forma la masa fundamental de la me-
na pirito - polimetálica con la singénesis y-
diagénesis de los lodos metalíferos y sedimen-
tos terrigenos.

2- Hipergénica

En esta etapa hubo una parte hidrotermal de -
la función cuarzo barítica y parte de la re--
cristalización parcial de la mena con aporte-
de pirita con diseminación de galena y esfale-
rita.

3- Hipergénica

Corresponde a la oxidación de la mena primari-
a dando lugar a la formación de los sombreros
de hierro con la concentración de óxidos de -
plomo y plata.

Hasta aquí hemos explicado todas las ideas planteadas
por los geólogos que han estudiado el origen del yaci-
miento Santa Lucía lo cual aún es tema de discusión.
Nosotros teniendo en cuenta ésta diversidad hemos es-
cogido los criterios que a nuestro entender están me-
jor fundamentados.

El mecanismo de formación lo explicamos de la siguiente forma.

A nuestra consideración el yacimiento se formó debido a 3 etapas. Primeramente la etapa sedimentaria y posteriormente una etapa hidrotermal y la metamórfica.

La estratificación clara de los cuerpos minerales y el preciso control litológico de la mineralización (rocas carbonatadas, carbonos - arcillosas) abundancia de sustancia orgánica en los sedimentos mineralizados y encajantes, composición rítmica de las capillas de la mena, la zona de rocas y minerales en pliegues coinciden con los máximos contenidos de los elementos metálicos y a su vez con las potencias mayores del depósito. Esto evidencia la formación de los minerales y sedimentos en el fondo de una cuenca marina con un régimen de estancamiento y restablecimiento.

Además de esto la presencia de la pirita globular en el yacimiento atestigua que el medio en que se formó dicho depósito tenía característica reductora, que la cuenca era cerrada de poca profundidad y existían las condiciones de temperatura, presión para la formación de este tipo de yacimiento pirita polimetálico.

Los sulfuros se forman gracias a la actividad de las bacterias reductoras de sulfatos en las fracciones finas del material depositado.

En el transcurso del cambio constructivo de los orga-

nismos, en el exterior de los sedimentos almacena -- gran cantidad de sulfuro de hidrógeno bacterial. Como resultado de la reacción de interacción del sulfuro de hidrógeno, fundamentalmente con las uniones carbonatadas de plomo, zinc y hierro en el estadio de -- diagénesis se formaron los sulfuros de estos metales. Las huellas de la actividad viviente de las bacterias reductoras de sulfatos están representadas por las -- formaciones globulares de bisulfuro de hierro, lo que no es más que la fosificación de la acumulación de microorganismos que habitaron en un tiempo en las fracciones finas de una cuenca antigua del Jurásico Superior.

Además de todo esto no descartamos la posibilidad de que en etapas posteriores la formación del yacimiento haya sido afectada por diferentes procesos fundamentalmente hidrotermales y en menor escala los procesos metamórficos.

Esto lo planteamos porque en la zona han sido detectadas áreas donde las rocas presentan desarrollo de alteraciones hidrotermales como son: vetas de cuarzo, barita, presencia de calcita etc. las cuales pueden coincidir con las vías de ascenso de las soluciones hidrotermales, que aportaron minerales que pasaron a formar parte de las zonas mineralizadas.

PARTE ESPECIAL

CAPITULO III

3.1 Tareas del muestreo

El muestreo constituye una actividad sumamente importante, en el yacimiento Santa Lucía su objetivo fundamental es el estudio de la calidad de la materia prima mineral, la cual determina el valor industrial del yacimiento y las posibilidades de su uso en la industria.

Además de esto nos permite realizar muchas actividades más, nos ayuda a la limitación y determinación de las formas de los cuerpos minerales, los cuales tienen gran importancia para el cálculo de reserva explotables del yacimiento.

Los parámetros de la calidad en el yacimiento Santa Lucía son variados y específicos:

- Composición química
- Composición mineralógica
- Textura y Estructura
- Propiedades físicas
- Propiedades tecnológicas

Los objetos de muestreo son variados:

- Tipos naturales de menas
- Variedades industriales de menas
- Bloques de reservas

- Cuerpos minerales
- Rocas encajantes
- Pozos de perforación
- Pozos eriollos
- Trincheras
- Socavón

3.2 Tipos de muestreos

En el yacimiento Santa Lucía realizamos diferentes tipos de muestreos en base a los parámetros que queríamos calcular.

- Muestreo Químico
- Muestreo Tecnológico
- Muestreo Mineralógico
- Muestreo Geoquímico
- Muestreo Técnico
- Muestreo Químico

En el yacimiento pirita - polimetálico de Santa Lucía los elementos principales que se determinan son: Pb, Zn, S y BaSO₄ así como análisis químicos para el Au y Ag. Determinándose que los contenidos promedios para todo el yacimiento de estos elementos son:

Zn - 6,02%	Pb - 1,95%
S - 24,5%	BaSO ₄ - 1,75%
Ag - 63,6 g/tn	

Mediante los análisis se determinan la composición

química de las menas y rocas encajantes, también - la concentración de los componentes útiles, acompañantes y nocivos. Mediante estos análisis y su resultado se construyen gráficos los que nos brindan las variabilidades de la composición química en el espacio.

Este tipo de muestreo resulta imprescindible para - la mayoría de los yacimientos o menas y mediante los resultados se contornean los cuerpos minerales con gran exactitud y se calculan el número de reservas disponibles con gran precisión.

- Muestreo Tecnológico

Este se hace con el fin de lograr un esquema racional y compararlo con los existentes, permite establecer los índices tecnológicos de las menas del yacimiento Santa Lucía, dicho resultado se utiliza para estimar el cálculo de reservas y para la evaluación geológico económica.

Para el yacimiento Santa Lucía hasta el momento no ha sido elaborado el esquema de enriquecimiento - de las menas tanto de oxidación como las sulfurosas masivas finamente dispersas.

Durante la exploración orientativa fueron tomadas 6 muestras de los pozos con peso de 10,2 hasta 240 kilogramo. El estudio de estas se realizó en diferentes países (Rumania, URSS, Cuba).

El enriquecimiento se hizo por tipos de esquemas diferentes por el método de exploración. Los resultados no fueron satisfactorios debido a la baja extracción de los componentes minerales.

En el estudio de la exploración detallada del flanco noreste fue tomada una muestra tecnológica industrial con un peso de 1094,7 tn, ésta se tomó de dos cámaras hechas a ambos lados del socavón por el rumbo del cuerpo mineral. Esta muestra fue enviada a la planta Sulfometales para la obtención de azufre por los esquemas tecnológicos existentes y los intentos de extraer Pb y Zn no dieron resultados.

En el período de la exploración actual se trata de elegir el esquema de enriquecimiento de cada tipo de mena oxidada y primaria, y dividir las menas en tipos tecnológicos para esto hay que tomar grandes y pequeñas muestras tecnológicas de laboratorio. Debido al nivel de estudio actual se toman 3 muestras de laboratorios de las menas oxidadas, de las menas galenito - esfaleríticas y de las menas barito - galenito - esfaleríticas.

Las menas oxidadas actualmente han sido explotadas casi hasta la mitad, pero se están almacenando en las cercanías de la carretera aledañas a la cantera.

dad de la materia prima mineral, los trabajos del-
muestreo mineralógico que se han realizado y prin-
cipalmente los que se están realizando preveen lo-
siguiente:

- 1- Diagnóstico de los minerales de las menas y de las rocas encajantes cercanas a éstas con la utilización de los métodos diagnósticos modernos microscópico, análisis de rayos X, análisis té-
nicos, método de inmersión etc. Se presta qui-
gran atención a la hora de diagnosticar los mi-
nerales arcillosos.
- 2- Det erminación cuantitativa de los contenidos -
minerales en la composición, tanto los componen-
tes útiles, nocivos, así como los componentes -
arcillosos y sustancias carbonosas.
- 3- Estudio de las características estructuro - tex-
turales de los minerales que ejercen influencia
sobre el índice de molinabilidad de las menas.
- 4- División sobre la base de las características -
estructuro - texturales de los minerales y o -
tros criterios de las asociaciones minerales --
que componen las menas.
- 5- Separación de los tipos tecnológicos de menas.
- 6- Distribución de las asociaciones minerales, ti-
pos industriales y clases tecnológicas de menas
dentro de los límites del yacimiento e incluso-

Cuando se concluya los trabajos de la exploración más de las 2/3 partes de las reservas de las menas oxidadas serán explotadas.

Las muestras tecnológicas de pequeño volumen se utilizan en la exploración del yacimiento Santa Lucía para estudiar los tipos industriales de menas, su distribución espacial, sus relaciones cuantitativas, el estudio de su enriquecimiento, propiedades físico-mecánicas y la composición sustancial del yacimiento.

Estas muestras se toman por toda la potencia descrita del pozo después de recibir los resultados de los análisis químicos básicos y dividir visualmente las variedades de menas. Si el pozo a tomar intercepta distintas variedades de menas las que sean del mismo tipo se unen en una sola muestra.

El número de estas muestras se hará en dependencia del número de pozos a muestrear.

Además con estas muestras es necesario estudiar el fenómeno de auto-combustión y oxidación del mineral que es muy característico en el yacimiento Santa Lucía.

- Muestreo Mineralógico

Considerando las características de las menas pirito - polimetálicas del yacimiento Santa Lucía y las exigencias industriales con respecto a la cali

dentro de los límites de algunos cuerpos minerales.

7- Determinación de los elementos acompañantes en las impurezas de las menas.

8- Confección del balance de distribución de los elementos principales y acompañantes para cada mineral, clase y tipo de mena.

9- Cambios hidrotermales en las rocas, mineralización en las rocas encajantes y su interrelación con las menas.

10-Zonabilidad dentro de los límites del yacimiento. Además de todo esto, los análisis mineralógicos — que se realizan nos indican la temperatura de recristalización y homogenización de las inclusiones líquido — gaseosas de muchos minerales y nos dan idea a cerca de la génesis del yacimiento.

Todo esto lo resolvemos muestreando a una escala 1 : 1000 acompañado de una buena documentación de socavones, trincheras y testigos de los pozos.

Este muestreo consiste en tomar la muestra mineral perpendicular al rumbo de los cuerpos minerales, — aquí el muestreo se realiza por el reconocimiento y documentación de todos los intervalos minerales y sectores con indicios de mineralizaciones.

Este muestreo se hizo sólo en algunos perfiles del yacimiento, dentro de los límites del bloque de —

cálculo B, pero no más de 100 metros, y fuera del límite de los cuerpos cada 200 - 400 metros en los perfiles perforados con más detalles y gran profundidad.

Se tomaron las muestras de diferentes tipos de mineralización para la preparación de las secciones pulidas, delgadas y fragmentos de mineral para el resto de las investigaciones.

Durante el muestreo mineralógico del yacimiento se hizo necesario tomar material rocoso para el estudio de los cambios hidrotermales en la roca de caja. Debe tenerse en cuenta que el alejamiento máximo de los cuerpos que se muestrean es de 50 - 70 metros, con intervalos de toma de muestra cada 3 - 5 metros, en las cercanías de los cuerpos la toma de muestra se hace con paso de 1 metro y en las inmediaciones las muestras se toman cada 10 - 20 centímetros. Esto se hace con el objetivo de determinar exactamente hasta donde llegan los valores elevados de los componentes útiles y no equivocarnos pues se daba el caso que los límites del cuerpo estaban mal señalados y existían partes del subsuelo enriquecido que no entraban dentro de la reserva y éstas se perdían provocando esto que el número de las reservas existentes eran menor que las reales del yacimiento.

- Muestreo Geoquímico

El objetivo de este muestreo en el yacimiento Santa Lucía en la actualidad es:

- 1- Descubrir la posible existencia de mineralización y a la vez continuar el rumbo de los cuerpos minerales ya descubiertos, el comportamiento de los elementos indicadores así como las características generales de las aureolas de dispersión.
- 2- Revisar y continuar las aureolas descubiertas - según O. Yurpalov debido a que hay dudas en la veracidad de éstas.
- 3- Teniendo en cuenta el valor de las aureolas locales de diferentes composición, se requiere el estudio de la mineralización barito - polimetálica en todas las intercepciones conocidas.

El muestreo químico de las muestras primarias se selecciona del testigo del pozo y de laboreos menores por el método de surco.

Estas muestras se toman en la roca madre no afectada por los procesos de intemperismo. Se toman de 10 a 15 fragmentos y se unen con una muestra de 250 - 300 gramos con un intervalo de 5 metros, desde la boca hasta el fondo del pozo.

Las zonas de contacto de diferentes rocas, cambios hidrotermales, rocas alteradas, zonas con minerali

zación se muestrean a intervalos no mayor de 1 metro entre muestra y muestra.

Estas muestras son sometidas a análisis espectrales y se determinan como elementos más importantes: Sb, Ba, Cd, Cu, Zn, Ga, Ge, In, Mo, Pb, Ta, As, y como menos importantes: Be, Bi, Cs, Co, Cr, W, Se, P, Hf, La, Li, Y, Zr, Ni, Nb, Te, Ti, V, Vb, Sr, - Mn.

Las muestras geoquímicas para análisis espectrales de 35 elementos son tomadas de los testigos de los pozos de exploración y de la cantera.

Las muestras de las rocas encajantes, serán sometidas a análisis espectrales de 18 elementos.

Para la determinación del contenido de Au, se hace por el método espectrométrico y las muestras se toman de las rocas encajantes donde existan esquistos argilíticos carbonosos.

- Muestreo Técnico

En el yacimiento Santa Lucía el muestreo técnico lo realizamos solamente con el objetivo de estudiar las propiedades físico-mecánicas de las menas y rocas encajantes; lo cual es de gran importancia en el momento de elegir el sistema de explotación a emplear para arrancar la masa mineral.

3.3 Métodos para la toma de muestras

El muestreo del yacimiento Santa Lucía lo realizamos-

por diferentes métodos.

- Muestreo por el método de surco
- Muestreo por el método de testigo de perforación
- Muestreo por el método de puntos
- Muestreo por el método de raspado
- Muestreo por el método fragmentario
- Muestreo por el método de surco

Este es el método que más se utiliza en la cantera. Los surcos se van a realizar según la dirección de máxima variabilidad de la mineralización.

En este muestreo se toman las muestras en surcos - que se realizan en las trincheras, pozos criollos - y en la cantera (anexo 8).

El esquema del método de surco en la cantera es el siguiente.

Las menas oxidadas que yacen horizontalmente sobre las menas primarias, se muestrean por una red cuadrada de 12,5 x 12,5, por el borde suroeste de la cantera y por toda la potencia vertical.

Los surcos se hacen verticalmente con unas dimensiones de 5 centímetros de ancho, por 3 centímetro de profundidad y una longitud de 2 metros.

Las menas primarias se muestrean igualmente en una red de 12,5 x 12,5, por el rumbo, por toda la potencia horizontal y por el pozo perpendicular al rumbo .

El muestreo de surco nos sirve y es de gran importancia en la cantera para la comprobación de los datos de perforación, para esto se prevee el muestreo de surcos de las huellas de los pozos que caen en la cantera activa. Se tiene en cuenta que el eje de los pozos de la exploración orientativa y además los perforados para la exploración detallada del flanco noreste, después de ser descubiertos el eje de éstos por el avance de la cantera, se escavan pozos criollos a lo largo de dicho eje el cual se muestreará con muestras de surcos.

Se determinan no más de 5 pozos con una cantidad aproximada de 70 muestras.

La cantidad de muestras de surcos en las trincheras, pozos criollos y de la superficie de la cantera no pasen de 50 pues el cuerpo mineral se hunde al suroeste y sale de nuevo en los perfiles 16, 15 y 14 donde la potencia horizontal disminuye bruscamente.

La toma de muestra se realiza de la siguiente forma. (anexo 8).

Primeramente se debe tener en cuenta que ésta debe ser tomada por un personal calificado, principalmente ingenieros geólogos que son los responsables de estas operaciones.

La técnica empleada puede ser variada, pero hay --

una muy productiva en dependencia donde se vaya a tomar la muestra, esto puede hacerse de la siguiente forma.

Si se va a muestrear la cantera (piso), se utilizan máquinas como la motoniveladora con la cuchilla y la buldoza con los dientes del rustor, esto hace más productivo el muestreo.

Cuando se muestrea en otra parte se van a utilizar instrumentos como la piqueta, picos y palas etc.

Hay que tener en cuenta, la limpieza de la parte superior del surco para que no se contamine la muestra a tomar.

Después de sacada la muestra se echa en sacos de tela o de nylon con la documentación requerida y se envían al laboratorio.

- Muestreo por el método de testigo de perforación

Con este muestreo abarcamos todos los intervalos minerales que cortan los pozos de exploración y de mapeo del yacimiento Santa Lucía.

Por la alta complicación de la composición textural, la complejidad de la determinación de las distintas variedades de menas de este yacimiento, es necesario que esta muestra se tomen por el ingeniero que dirige la actividad pues es él el que domina que partes del testigo es la que va ha ser sometido al muestreo.

El testigo para la toma de muestra se divide en -- secciones con una longitud de 1 - 1,5 metros, cuando se muestrea la roca estéril su longitud no pasa de 1 metro. En los contactos minerales se toman -- no menos de 2 muestras. (anexo 9).

El testigo de cada muestra se corta por el eje en 2 mitades, calculando que la cantidad de vetillas y nidos con mineralización sean iguales para cada una de las mitades. Una mitad se envía al laboratorio y la otra se parafina y se guarda con un acta donde conste el número de pedazos del testigo. Sin considerar que los cuerpos minerales contrastan en los contactos con las rocas encajantes, una serie de muestras sin mineral contaminadas visualmente resultaron mineralizadas después del análisis y los pozos que contenían estas muestras se -- quedaron sin muestrear en el contorno del estéril y la mineralización, es por esto que se hace necesario tomar muestras de la parte superior e inferior de la zona mineral con una longitud hasta de 5 metros.

- Muestreo por el método de raspado

Este método se utiliza en la toma de muestra de aquellos cuerpos minerales que posee poca potencia (cuerpos No. 3, 4, 7) en el yacimiento o aquellos cuerpos que presenten una mineralización muy

heterogeneamente distribuida.

La toma de muestra se hace por el raspado de la superficie después de quitada la capa que la recubre para que la muestra sea representativa se toma con mucho cuidado de la superficie teniendo en cuenta mantener siempre la misma profundidad en la operación. Las muestras por este método se utilizan -- además para realizar los análisis químicos de las muestras tecnológicas que presenten un peso de 30-40 toneladas.

- Muestreo por el método de puntos

En el yacimiento Santa Lucía este método se utiliza tanto para las muestras de la vena primaria como para el material de la parte oxidada.

Por este método se toma la muestra geoquímica de las rocas encajantes en los pozos, trincheras y pozos criollos. Este muestreo se va a realizar después de la descripción por capas y la división de todas las variedades litológicas del corte del pozo.

De cada capa, tipo de roca por separado se toma una muestra. Estas muestras se toman distribuidas uniformemente de fragmentos con dimensiones iguales.

El peso de los fragmentos de cada muestra no debe ser menor de 200 gramos ni mayor que 300 gramos. -

La longitud de las muestras nunca es mayor de 5 metros. Estas muestras deben triturarse sin reducción del peso inicial por el método de cuarteo.

La representatividad de las muestras es directamente proporcional con la cantidad de fragmentos que la componen.

- Muestreo por el método fragmentario

Por este método se toman las muestras de los fragmentos que se obtienen principalmente a la hora de realizar pozos criollos y trincheras.

Estos fragmentos se utilizan en la determinación del peso volumétrico de las menas oxidadas y menas primarias, además estas muestras fragmentarias también sirven para la determinación de la humedad.

Las muestras se toman, se empaquetan en una vasija cerrada y se envían al laboratorio.

Debe tenerse en cuenta tomar no menos de 30 muestras para la mena oxidada y para la mena primaria.

3.4 Elaboración de las muestras. Esquema de Richard Chéchet.

Los minerales del yacimiento tienen contenidos irregulares de Pb, y Zn (coeficiente de variación del Pb = 59,5 y del Zn = 44,5) y regular de S (coeficiente de variación S = 29,5).

Una gran parte del mineral tiene una textura de grano fino lo que es favorable para la disminución del peso

mínimo representativo.

Considerando todo esto las muestras que se envían al laboratorio se preparan por la fórmula de Richard Chet:

$$Q = Kd^2$$

Q = Peso mínimo representativo de la muestra en kilogramos permitido en cada estadio de preparación.

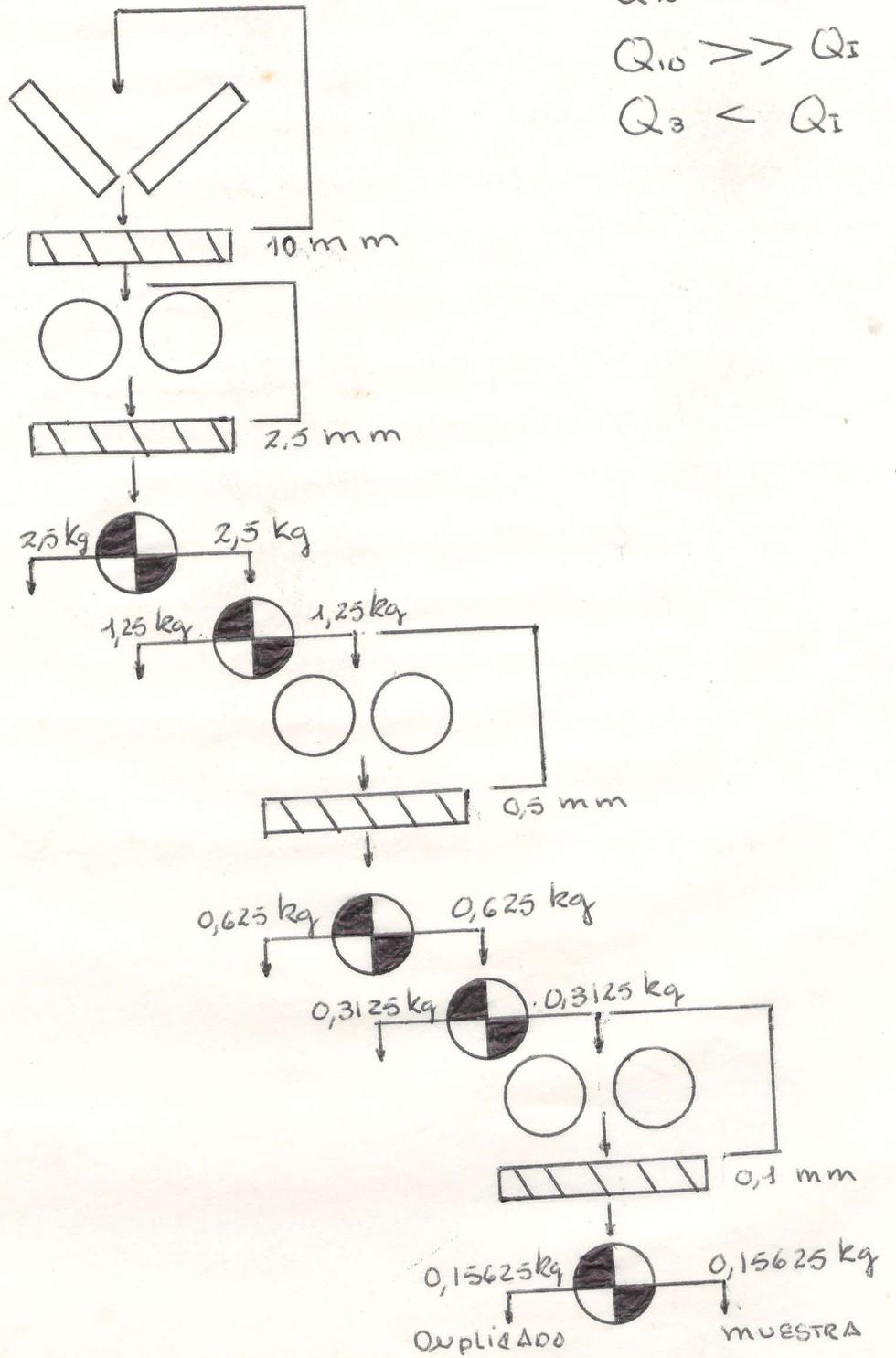
K = Coeficiente de irregularidades en la distribución de los componentes útiles.

d^2 = Diámetro máximo de las fracciones en milímetros - en cada estadio de preparación.

Teniendo en cuenta que se acepta como K = 0,2 y para el diámetro final de las partículas, dimensiones iguales a 0,1 milímetro y el peso final para la realización de los análisis Q = 0,2 kilogramos realizamos el siguiente esquema:

$Q_I = 5 \text{ kg}$
 $k = 0,2$

$Q_{40} \gg Q_I$
 $Q_{10} \gg Q_I$
 $Q_3 < Q_I$



3.5 Análisis de las muestras

Como hemos dicho el muestreo constituye una de las tareas más importantes, pues su exactitud, precisión y metodológica del muestreo de los cuerpos minerales dependen los valores que se van a obtener de las muestras mediante los diferentes análisis a que son sometidas.

A las muestras tomadas del yacimiento se les realizan los siguientes análisis que vamos a enumerar a continuación.

- Análisis Químicos
- Análisis Espectrales
- Análisis de Faces
- Análisis Mineralógicos
- Análisis Físico - Mecánico
- Análisis Químicos

El análisis químico de los componentes principales Pb, Zn, S, BaSO_4 se le realiza a todas las muestras tomadas del cuerpo mineral a través de pozos y labores mineros.

Para el mineral de la zona de oxidación se le realiza análisis complementario diagnóstico para el Au y Ag.

Las muestras en grupos se analizan químicamente para elementos como Pb, Zn, S, total S, sulfuros y dentro de ellos el azufre pirítico, barita, talio-

arsénico, antimonio, cadmio. El Au y Ag se analizan mediante análisis domésticos.

- Análisis Espectrales

Existen dos tipos de análisis espectrales, el análisis espectral reducido y el espectral completo.

El análisis espectral reducido se le realiza a todas las muestras geoquímicas con el fin de determinarles los siguientes elementos: (18 elementos)
As, Sb, Ba, Bi, Cd, Co, Cu, W, Zn, Sn, P, Ga, Ge, Ni, Mo, Ag, Pb, V.

El análisis espectral completo se le realiza a las muestras con el fin de determinar 35 elementos.

As, Sn, Mn, Sb, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, W, Zn, Sc, P, Ga, Ge, Hf, Yb, La, Li, Y, Zr, Mo, Ni, Nb, Ag, Au, Pb, Ta, Te, Ti, V, Yb.

Por medio de los análisis espectrales son estudiados los contenidos de los elementos satélites y acompañantes.

Las muestras en las cuales los contenidos de acompañantes útiles representan interés práctico se envían de forma complementaria para realizarles análisis químicos en muestras de grupo.

Para realizar el estudio de los elementos acompañantes se tiene en cuenta:

- a) Análisis Espectral Completo y su Selección.
- b) Análisis Químicos de las muestras que presen--

tan interés práctico.

- c) De terminación de la composición mineral, relación del enriquecimiento, contenido y calidad de las menas en los concentrados.
- d) Confeción de los balances de distribución en los productos de la fundición metalúrgica y -- evaluación de la rentabilidad de extracción de los componentes acompañantes según datos de -- las muestras semi - industriales.

- Análisis de Facas

Estos análisis se realizan en las muestras de grupos dirigidos, tanto para los análisis tecnológicos de pequeño volumen como para el mineralógico. -- Estos se realizan al mismo tiempo.

Se hace conjuntamente con la determinación mineralógica, para la división de los minerales por su -- composición material.

Se determina el estado de face de las combinaciones de azufre, plomo y zinc.

- Análisis Mineralógico

Las investigaciones mineralógicas se realizan por los métodos modernos de diagnóstico:

- Descripción de secciones pulidas.
- Descripción de secciones delgadas.
- Análisis térmicos.
- Análisis micro-espectral con laser.

- Análisis espectral cuantitativo.
- Análisis dosimástico para el oro y la plata.

Los resultados de los análisis tienen gran importancia, hay veces que los resultados esperados no son según nuestro criterio veraces y entonces se realizan los mismos trabajos con muestras de control para revisar la efectividad de los trabajos de laboratorio.

De estos resultados se pueden determinar la variabilidad de las diferentes variables aleatorias, las que son muy importantes en la Evaluación Geológico - Económica, Cálculo de Reserva etc.

El estudio de los diferentes valores de las variables aleatorias producto de los resultados de los análisis realizados es de suma importancia pues en base a ellos se determinan valores medios, desviación standar, dispersión, coeficiente de variación etc. que puede determinar a qué tipo de ley de distribución está relacionada la mineralización del yacimiento.

3.6 Planos y perfiles de muestreo

Para una mejor documentación de las muestras que se toman en el yacimiento Santa Lucía, se realizan planos y perfiles de muestreo (anexo 8 - 9).

Estos se van haciendo por partes del yacimiento, en ellos se ubican los puntos a los cuales se le ha he-

cho la toma de muestras, esto es una cosa muy ventajosa pues una vez tomada la muestra en la cantera o en los pozos de perforación y después de ser mandada al laboratorio para que se le realicen los análisis correspondientes los resultados de dichos análisis son recogidos en manuales. Una vez realizados los planos del muestreo se ubican los contenidos de cada uno en los perfiles de éstos planos y se realizan mapas de horizontes en base a cada uno de los contenidos de los elementos importantes. En la cantera se realiza esto principalmente para el zinc, azufre, plomo y sulfato de bario. Estos mapas nos indican las áreas de mayor concentración y nos ayuda a una mejor utilización de la materia prima de la mena (anexo 8). También hay que tener en cuenta que las concentraciones de estos elementos no es uniforme en todo el yacimiento como se ve en el plano del horizonte 73, para el azufre, esto permite que se pueda utilizar los contenidos mínimos y los contenidos máximo por encima de lo normal pues se pueden unir la mena más enriquecida con la más pobre provocando que las reservas del yacimiento aumenten.

Esto se debe a que en el yacimiento el contenido promedio para el elemento azufre es de 24,5 y existen lugares que los valores de los resultados de los análisis nos dan por encima de 30 y aún más, y otros luga-

res los valores son menores. Si logramos una explotación racional de la mena teniendo los planos de muestreo nos conllevaría a alargar el plazo de existencia de la mina.

Los perfiles de muestreo son de gran importancia también, estos nos ubican en profundidad al yacimiento mineral además que nos dicen el grado de variabilidad de los elementos útiles, esto nos da la forma que presenta el cuerpo mineral lo que ayuda a la hora de determinar la forma del cuerpo.

De aquí se desprende la importancia que tiene para nosotros la confección de planos y perfiles de muestreos, pues sabiendo trabajar con ellos damos un gran aporte a la economía ya que logramos que las reservas sean mayores y que éstas no se pierdan a la par que alargamos el período de producción de la mina.

3.7 Determinación de los contenidos medios de los componentes.

Para la determinación de los contenidos medios de los elementos del yacimiento Santa Lucía tuvimos en cuenta la Estadística Matemática.

- Valor Medio

Este parámetro es la medida de tendencia central, es el valor alrededor del cual va a concentrarse todos los posibles valores de una variable aleatoria. La media es muy utilizada y se calcula en --

base a las siguientes formulas:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X \quad (\text{Para datos no agrupados})$$

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n_i \cdot x_i \quad (\text{Para datos agrupados en clases})$$

n - Números de puntos muestrales

i - Iésimo punto

x_i - Valor del punto medio

\bar{X} - Media

n_i - Número de muestras en el iésimo intervalo.

Para realizar este cálculo en el laboratorio son recogidos los resultados de los análisis en manuales los cuales nos indican el valor para cada una de las muestras.

Después se realizan análisis para cada uno de los componentes pudiéndose llegar a conclusiones que determinan como varían cada uno de los elementos en los límites del yacimiento.

CONCLUSIONES

En nuestro trabajo después de analizar cada uno de los puntos, hemos llegado a las siguientes conclusiones.

- 1.- El yacimiento Santa Lucía está constituido por 7 cuerpos minerales, los cuales presentan diferencias notables por su valor industrial, estando las mayores reservas en el cuerpo No. 1.
- 2.- En el yacimiento existen 2 tipos fundamentales de menas: menas primarias y menas secundarias u oxidadas que a su vez se dividen en:
 - Menas Pirito-Polimetálicas
 - Menas Barito-Polimetálicas
 - Piríticas
 - Menas oxidadas de Fe y Pb
- 3.- La génesis del yacimiento ha sido interpretado de diferentes maneras por los investigadores que han estudiado dicha área, no existiendo una hipótesis definitiva al respecto.
- 4.- La realización de los muestreos químicos y mineralógicos entre otros, nos ayuda a la determinación exacta de la forma de los cuerpos minerales, así como la del cálculo de las reservas disponibles para la futura extracción.
- 5.- El muestreo por el método de Surco es muy útil para realizar dicha actividad, pues con este tipo logramos determinar cada uno de los parámetros necesarios.
- 6.- Llegamos a la conclusión que las menas del yacimiento según las características diseminadas de las menas y el grano fino, dificulta la elaboración tecnológica de las menas, lo cual hasta el presente no ha podido resolverse satisfactoriamente.
- 7.- El método de muestreo más óptimo en el yacimiento Santa Lucía es el método de Surco, debido a las características de las menas.

RECOMENDACIONES

En base a las anteriores conclusiones recomendamos:

- 1.- Realizarle muestreo químico y mineralógico a todas las áreas que son sometidas a nuevas investigaciones.
- 2.- Recomendamos que los resultados de estos análisis de los muestreos lleguen lo más rápido posible a las manos del investigador.
- 3.- Recomendamos que se utilice a la hora de muestrear el método de Surco, pues es muy productivo y cumple los objetivos planteados.
- 4.- Recomendamos la realización rápida del muestreo tecnológico con buenos resultados, pues aún no está elaborado el esquema de enriquecimiento y no se ha podido realizar la Evaluación-Geológica-Económica.
- 5.- Recomendamos se estudie la posibilidad de la aplicación de muestreo geofísico (método gamma-gamma) el cual puede resolver satisfactoriamente las tareas del muestreo de forma más económica y rápida, entonces los demás muestreos (método de Surco) serviría para la comprobación de los datos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Cherepanov V. M. Cuellar. Trabajos de búsqueda y levantamiento a Escala 1:50000, realizado en la parte noroeste de la provincia de Pinar del Río en 1968 - - 1972 (archivos EGPR).
- 2.- García L. Rodríguez J. Proyecto para la realización de la exploración detallada del flanco noroeste del yacimiento Santa Lucía en 1977 (archivos EGPR).
- 3.- Leyva M. L. Estudio mineragráfico de las menas del yacimiento Santa Lucía. Trabajo de Diploma 1979.
- 4.- Murpalov O. Informe con cálculos de reserva de la mena plomo-zinc del yacimiento Santa Lucía, según los trabajos de exploración geológica 1969-1972 (archivo EGPR).
- 5.- Zhidkov A. Jalturin N. L. Mineralización estratiforme pirito-polimetálica. Revista La Minería en Cuba No. 3 1976.
- 6.- Murray R. Spiegel. Teoría y problemas de estadística
- 7.- Ferreiro M. Aguado N. Trabajo de Diploma 1980. "Estudio Preliminar de la variabilidad del yacimiento - Santa Lucía".
- 8.- García L. Otros. Proyecto para la realización de la exploración del flanco noreste del yacimiento Santa Lucía 1982 (archivos EGPR)
- 9.- Cofiño C. Notas de clases.