

14.0 PROCESO DE MINERAL Y PRUEBAS METALÚRGICAS

No existe proceso metalúrgico utilizado actualmente en esta explotación, la única clasificación realizada es por medio de la selección de piezas de mineral a mano una vez que el mineral está en la superficie.

Históricamente Minera Autlán concentró exitosamente el mineral de Mn utilizando una planta de medio pesado, se puede encontrar una descripción del proceso metalúrgico en la tesis de Galván G. Lizardo (1960).

15.0 ESTIMACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES

15.1 ANÁLISIS DE DATOS

Se tomaron 271 muestras a lo largo de la zona mineralizada y analizadas por Mn (%), el espesor (m) de la muestra corresponde al espesor del manto. La tabla 15.1.1 muestra las estadísticas básicas.

La distribución de frecuencia se acerca a una distribución normal (figura 15.1.2) y muestra que no hay evidencia bimodal; también se observa que no existe relación entre la ley de Mn y su espesor.

Tabla 15.1.1 Estadísticas básicas de la ley de manganeso y espesor

	Mn %	Espesor m
Número de muestras	271	271
Valor Mínimo	6.90	0.23
Valor Máximo	54.00	1.90
Media	39.76	0.89
Mediana	41.30	0.86
Media Geométrica	38.82	0.84
Varianza	55.12	0.09
Desviación Estándar	7.42	0.29
Coficiente de Variación	0.1867	0.33

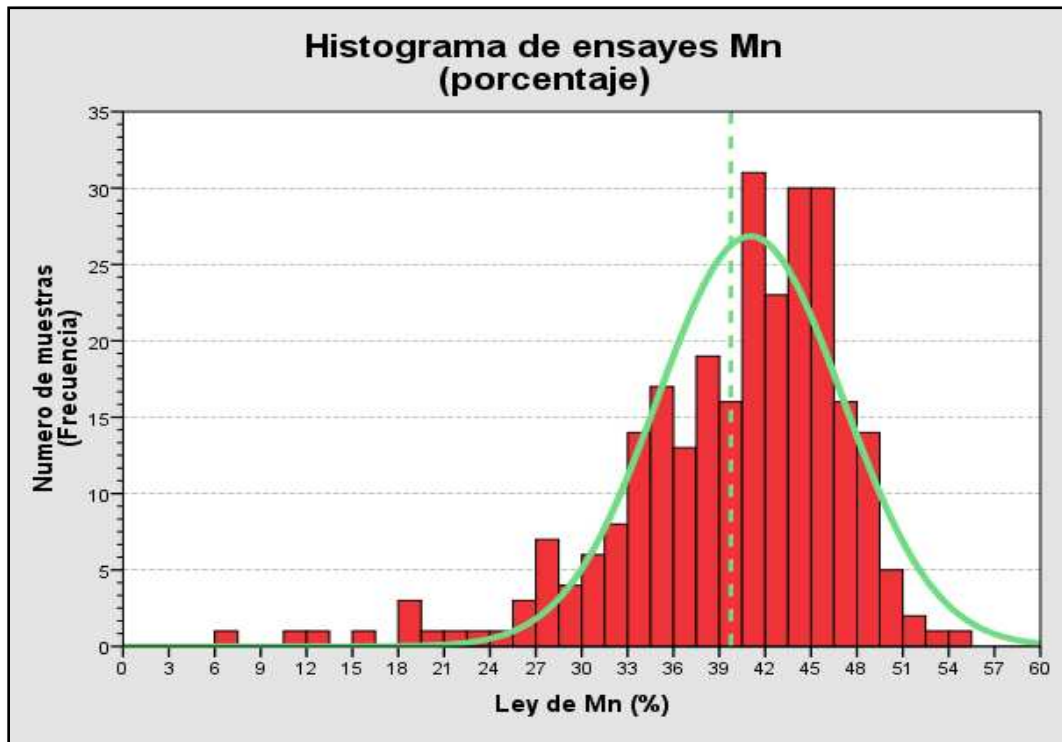


Figura 15.1.1 Frecuencia de distribución Mn (%)

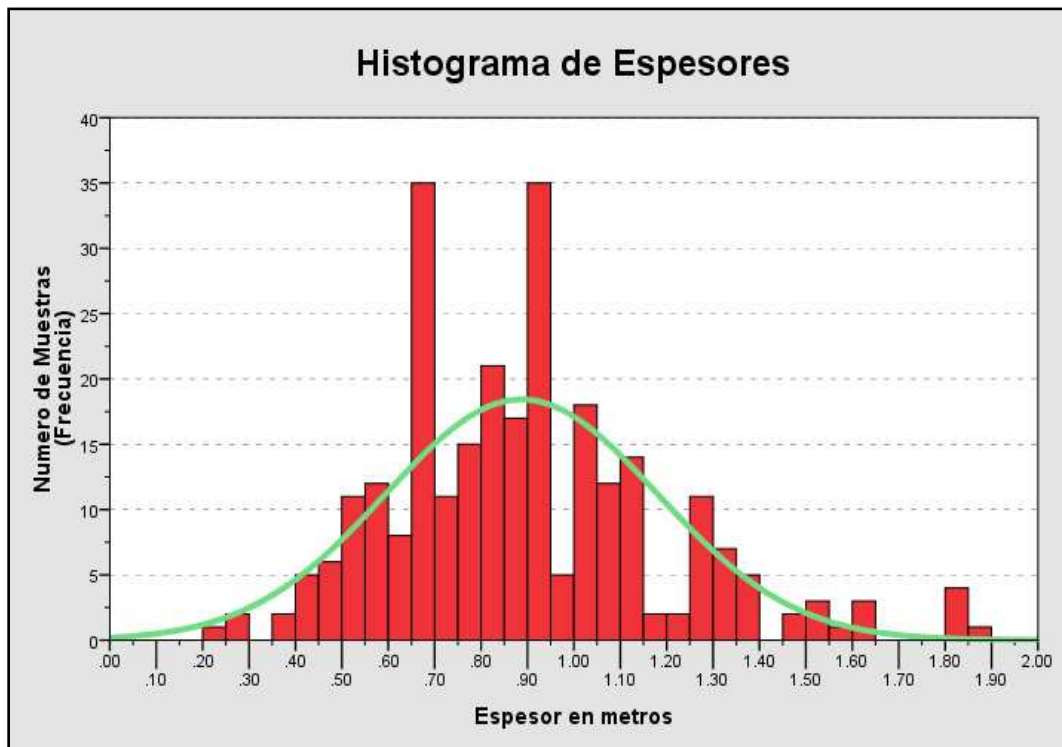


Figura 15.1.2 Frecuencia de distribución espesor (m)

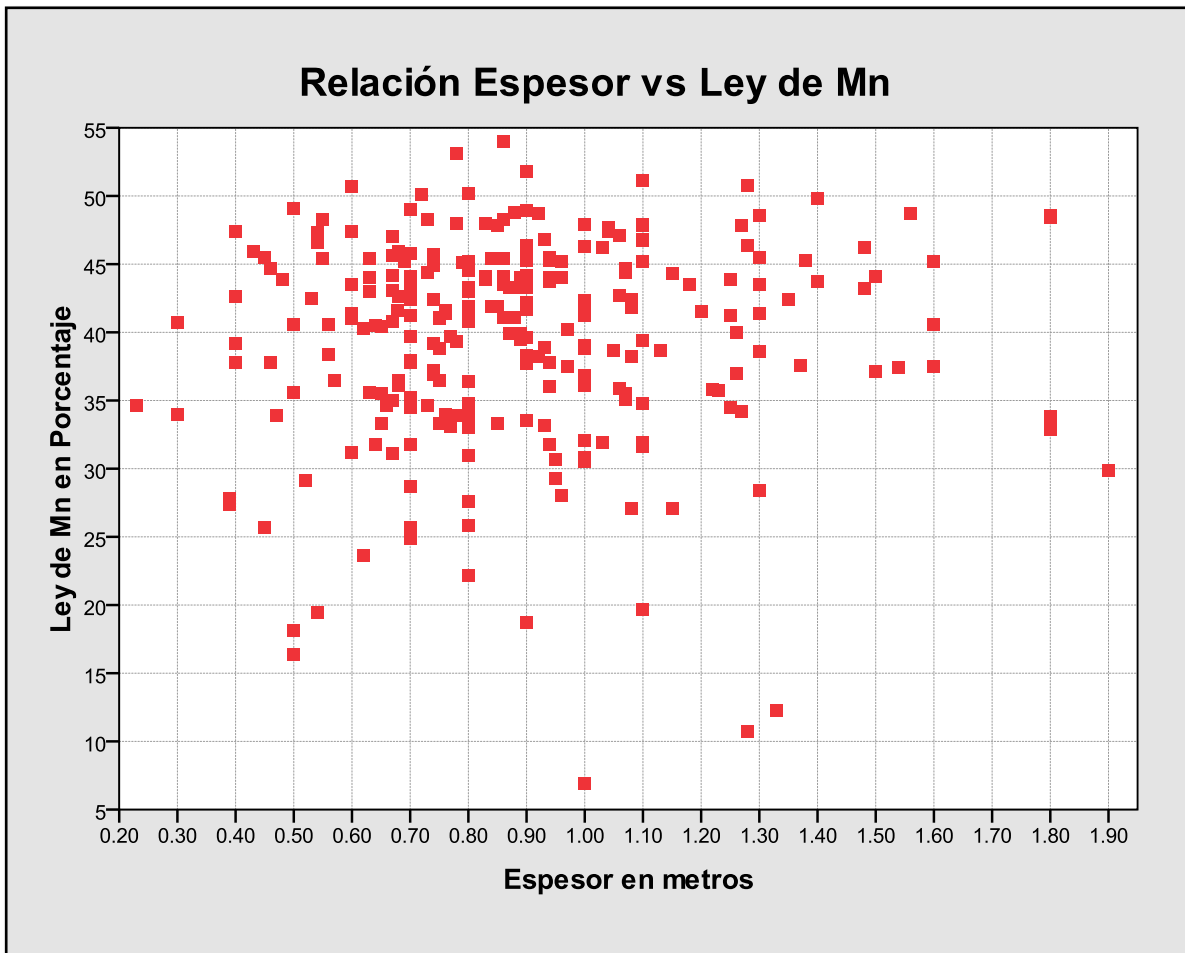


Figura 15.1.3 No hay relación existente entre ley de Mn y espesor

Después de analizar la distribución de ley y espesores de los datos, no fue necesario utilizar ningún tipo de recorte o trato especial a las muestras altas. La figura 15.1.4 demuestra que no existe relación entre el espesor del manto y su ley de Mn.

Un total de 51 muestras representativas fueron analizadas por otras sustancias, no se logró identificar ningún tipo de distribución espacial con respecto a estos elementos. La tabla 15.1.5 muestra las estadísticas básicas de los ensayos de estas muestras. El objetivo de estos análisis fue para conocer los demás elementos presentes en el material con fines comerciales, pues el contenido de estos elementos es factor importante para los diferentes procesos industriales.

Tabla 15.1.2 Estadísticas de otras sustancias

	Al ₂ O ₃ %	BaO % **	CaO %	Cr ₂ O ₃ % **	Fe ₂ O ₃ %	K ₂ O % **	MgO %	MnO %	Na ₂ O %	P ₂ O ₅ %	SiO ₂ %	SrO %	TiO ₃ %	LOI % *
Numero de muestras	51	42	51	4	51	46	51	51	51	50	51	51	51	51
Valor mínimo	0.07	0.01	1.19	0.01	0.27	0.01	0.13	24.90	0.01	0.02	4.28	0.01	0.01	2.19
Valor máximo	3.19	3.48	25.50	0.01	24.30	1.40	3.21	66.10	0.62	0.12	34.10	0.11	0.14	19.70
Media (promedio)	1.06	0.05	11.53	0.01	2.52	0.28	0.79	49.22	0.15	0.07	13.44	0.03	0.06	11.29
Mediana	0.86	0.21	10.65	0.01	0.82	0.16	0.58	49.90	0.11	0.07	11.85	0.02	0.05	10.90
Media geométrica	0.85	0.15	10.29	0.01	1.14	0.16	0.58	48.33	0.11	0.06	12.20	0.23	0.05	10.18
Varianza	0.50	0.60	28.54	0.00	20.47	0.08	0.45	76.77	0.01	0.00	40.17	0.00	0.00	21.12
Desviación estándar	0.71	0.77	5.34	0.00	4.52	0.29	0.67	8.76	0.12	0.03	6.34	0.02	0.03	4.60
Coefficiente de variación	0.67	1.56	0.46	0.00	1.80	1.04	0.84	0.18	0.80	0.41	0.47	0.66	0.55	0.41

* LOI Lost of ignition,

pérdida por ignición

** algunas muestras por debajo del límite de detección

Un total de 6 muestras fueron ensayadas por plasma para todos los elementos traza, no se obtuvieron resultados significativos.

15.2 DENSIDAD

Se analizaron 31 muestras por gravedad específica; dos de ellas fueron tomadas para confirmar la gravedad específica del material estéril.

Existe una relación directa entre la ley de Mn% y la gravedad específica. Para la evaluación de recursos en esta tesis, se modelaron los valores en una función lineal por el método de mínimos cuadrados, la figura 15.2.1 muestra la gráfica de los valores modelados y la fórmula para determinar la Gravedad Específica calculada es la siguiente:

$$GE = 0.02979231 (Mn\%) + 2.46566857$$

No se logró identificar un zoneamiento o cierta distribución de la variable de gravedad específica en el área de estudio. El Apéndice III contiene los datos de gravedad específica.

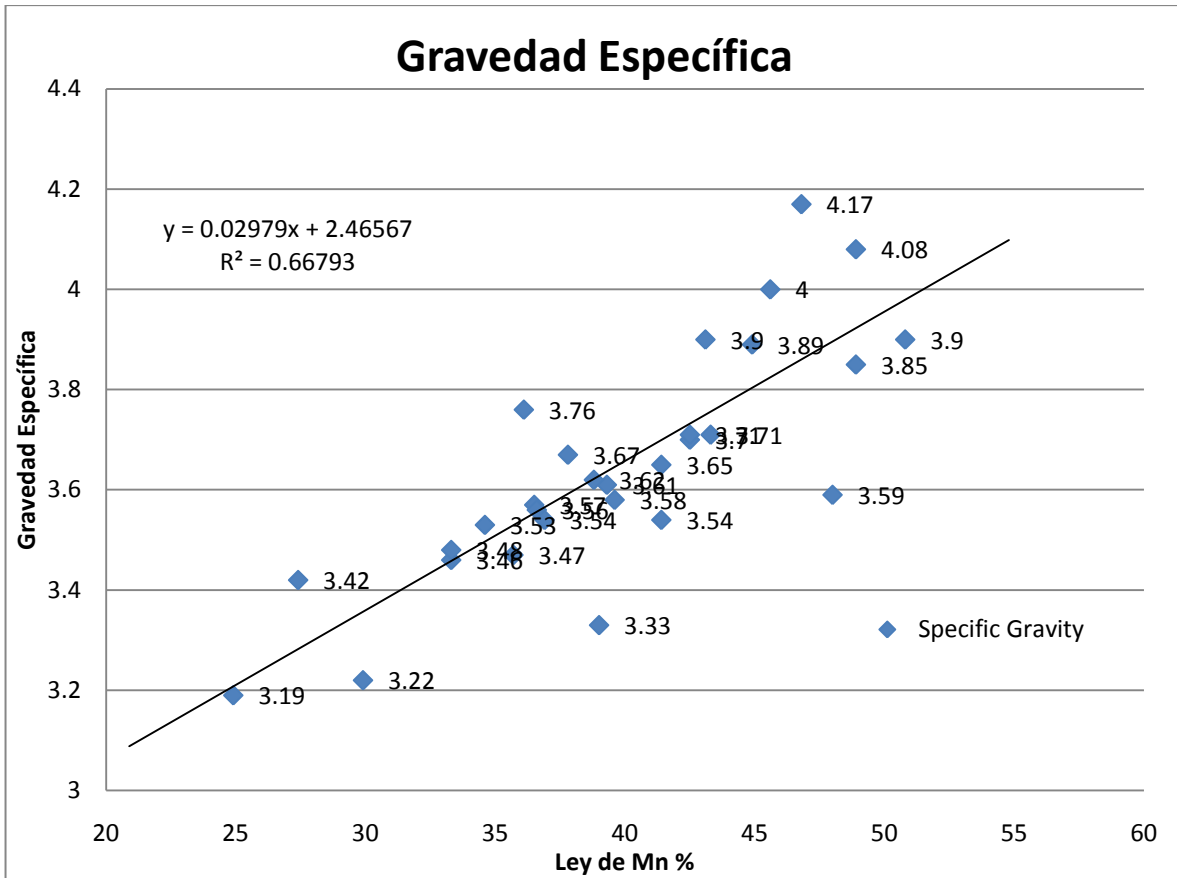


Figura 15.2.1 Relación de Gravedad Específica contra ley de Mn %.

15.3 MODELO DEL DEPÓSITO

El área evaluada es un cuerpo tabular cercano a la horizontal en forma de “Manto”; el espesor tiene un rango desde los 0.23 m hasta los 0.89 m.

Se creó un modelo topográfico en 3D, y todas las líneas de muestreo fueron descritas en su espesor y sus ensayos.

Las figuras 15.3.1, 15.3.2, 15.3.3 y 15.3.4 muestran imágenes del modelo en tres dimensiones; de color café se muestran las obras subterráneas, mientras que los datos de colores muestran los diferentes datos de los ensayos y espesores de las muestras.

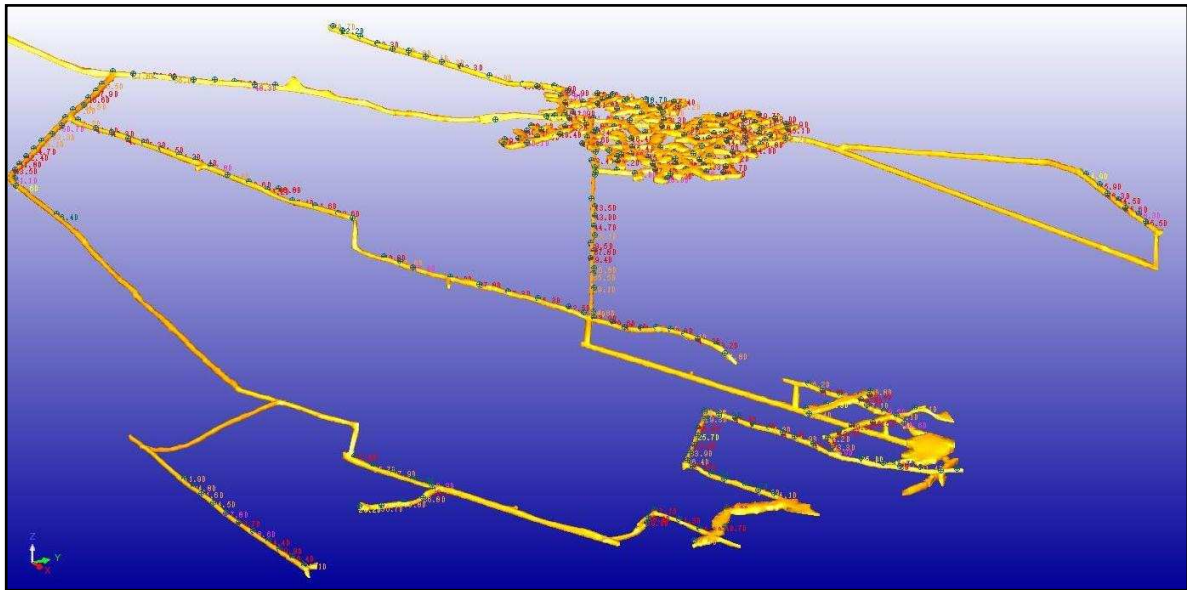


Figura 15.3.1 Vista en perspectiva del modelo topográfico y muestreo 3D

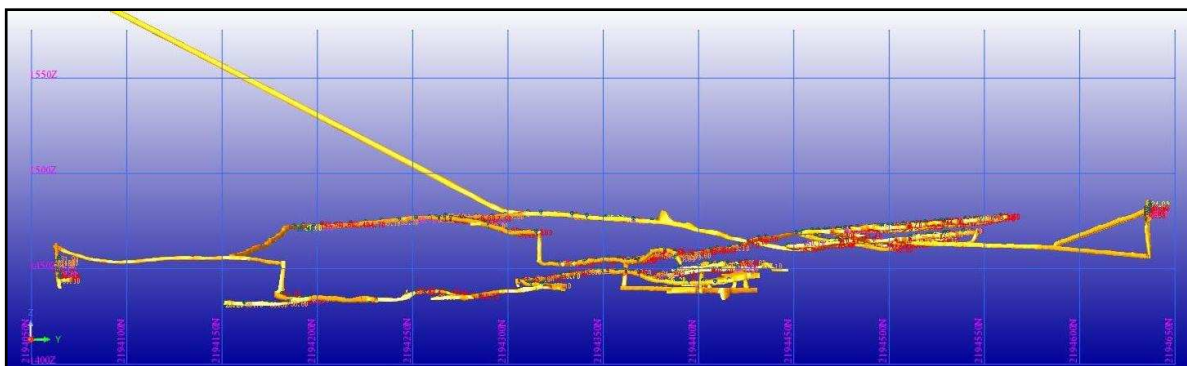


Figura 15.3.2 Vista ortogonal viendo al W, modelo topográfico y muestreo 3D

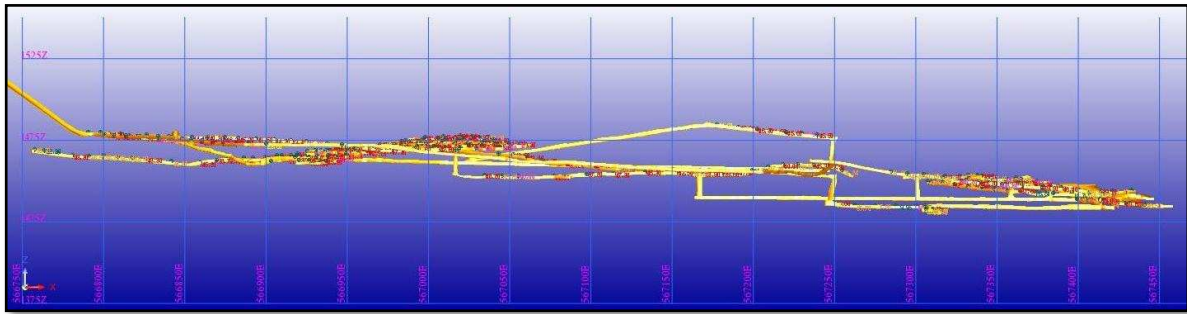


Figura 15.3.3 Vista ortogonal viendo al norte, modelo topográfico y muestreo 3D

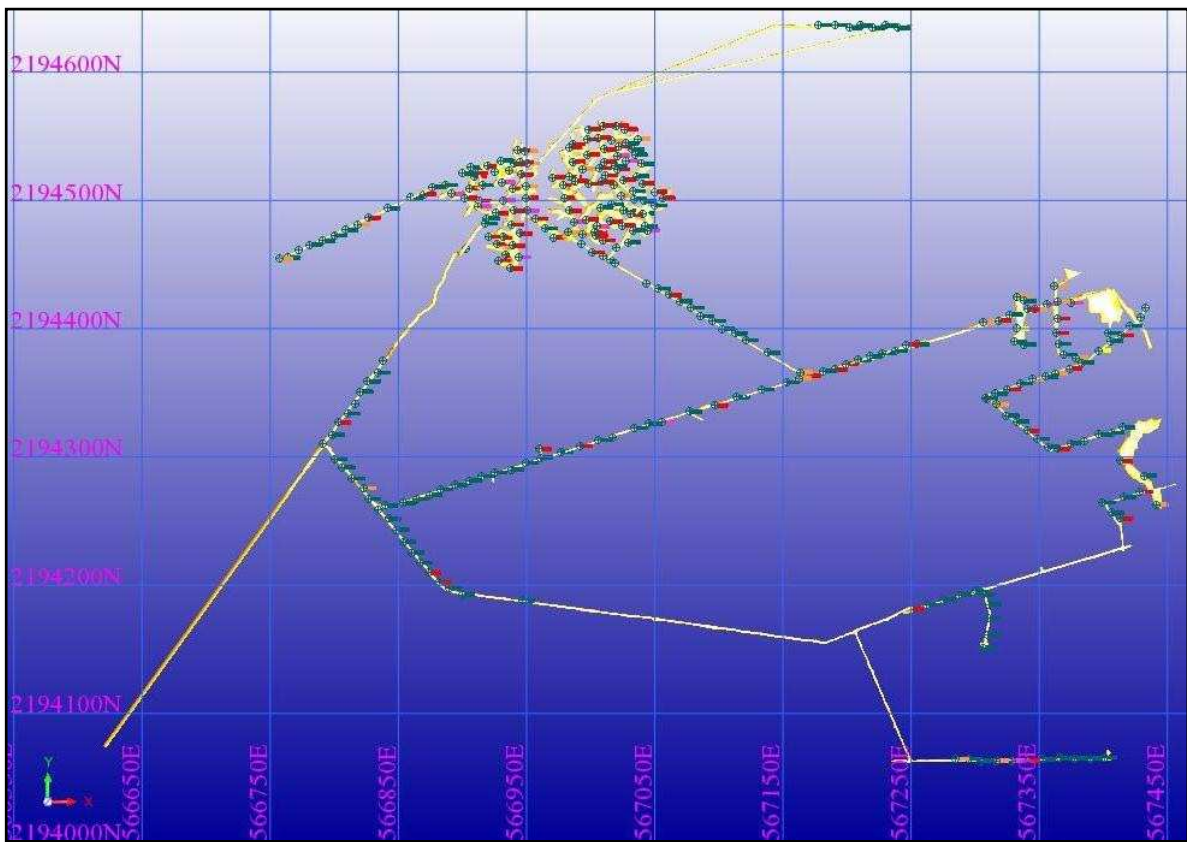


Figura 15.3.4 Vista ortogonal en planta, modelo topográfico y muestreo 3D

Se identificaron estructuras de falla utilizando imagen de satélite y topografía superficial (INEGI), estas estructuras fueron confirmadas dentro de la mina y fueron integradas al modelo para definir los bloques de recursos. Estas fallas originaron un desplazamiento vertical pero su componente horizontal es mucho más importante a través del cuerpo mineral. El mapeo de estas fallas se muestra en la figura 15.3.5.

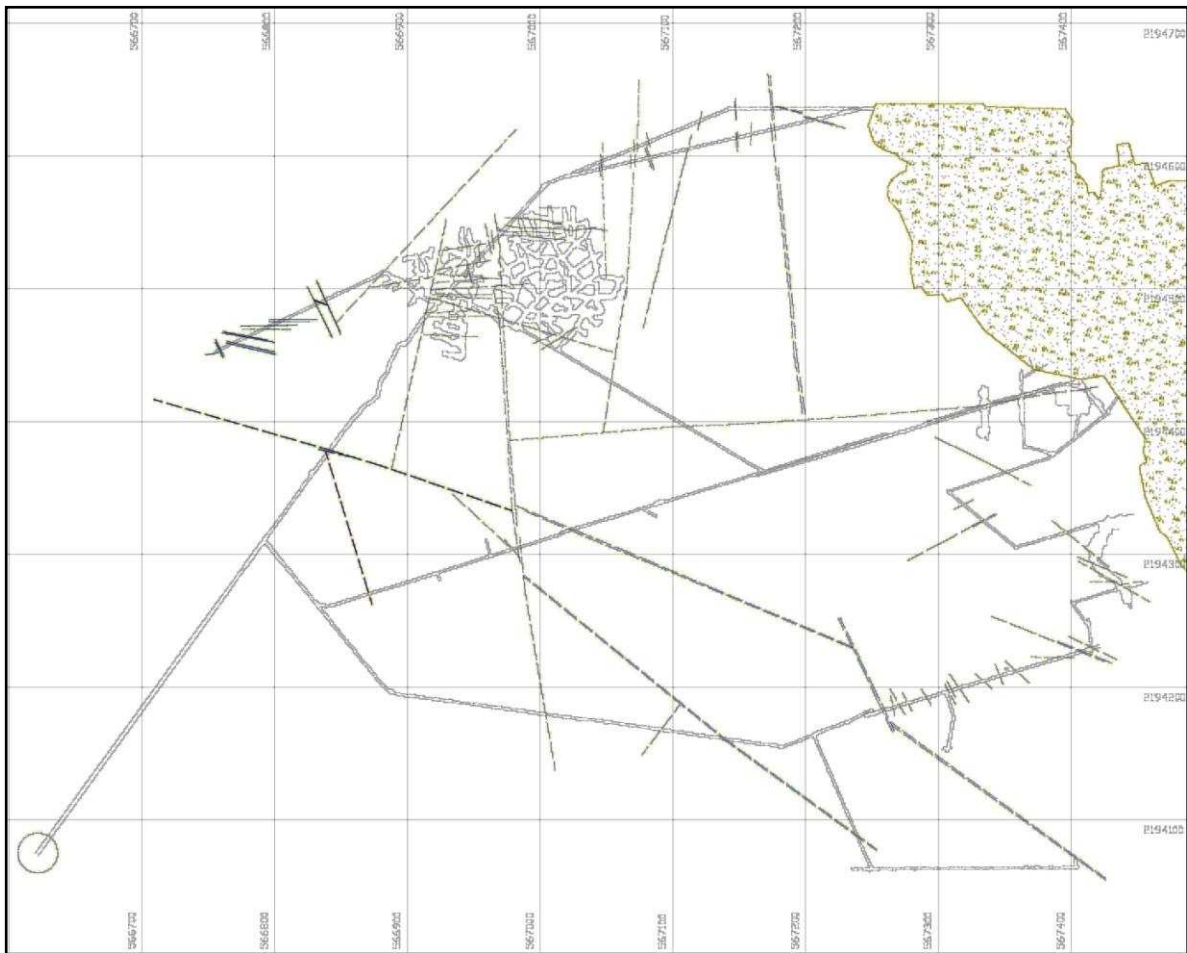


Figura 15.3.5 Fallas estructurales subterráneas mapeadas.

15.4 ANALISIS DE VARIOGRAMAS.

Para clasificar recursos minerales es aceptado utilizar los variogramas, porque los variogramas permiten caracterizar la dependencia espacial de las variables en áreas definidas, obteniendo como resultado la influencia de las variables a diferentes distancias.

Para esta tesis, se modelaron semivariogramas relativos de pares de muestras utilizando las variables de espesor y ley de Mn% para poder determinar el rango de influencia.

La Tabla 15.4.1 muestra los parámetros de estos variogramas.

Tabla 15.4.1 Parámetros de semivariogramas.

	Mn	Espesor
Efecto Pepita	32.65	0.01
Sill	21.00	0.07
Varianza	55.72	0.09
Desviación Stándar	7.46	0.29
Rango	105	105
Modelo	Exponencial	Esférico

La figura 15.4.2 muestra el variograma para el Mn mientras que la figura 15.4.3 muestra el variograma del espesor. La línea de color negro muestra el variograma experimental calculado directamente de los datos con espaciamentos a cada 15 metros para la ley de Mn y a cada 10 metros para los espesores. Los números de color negro indican la cantidad de pares de datos utilizados para el cálculo del variograma experimental. La línea roja muestra el modelo de variograma utilizado, para el manganeso se utilizó un modelo exponencial, mientras que para el espesor se utilizó un modelo esférico. La línea verde muestra un horizonte constante que es el mismo valor de la varianza estadística. El punto azul claro indica la posición del rango.

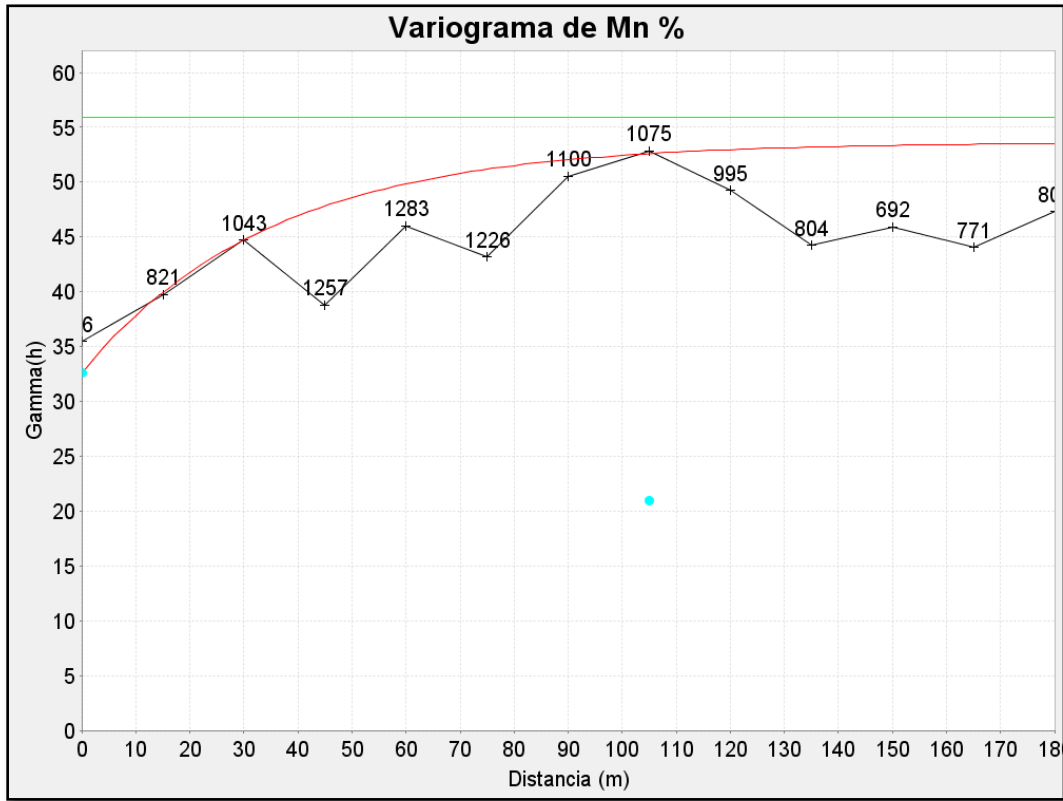


Figura 15.4.2 Semivariograma para Mn%

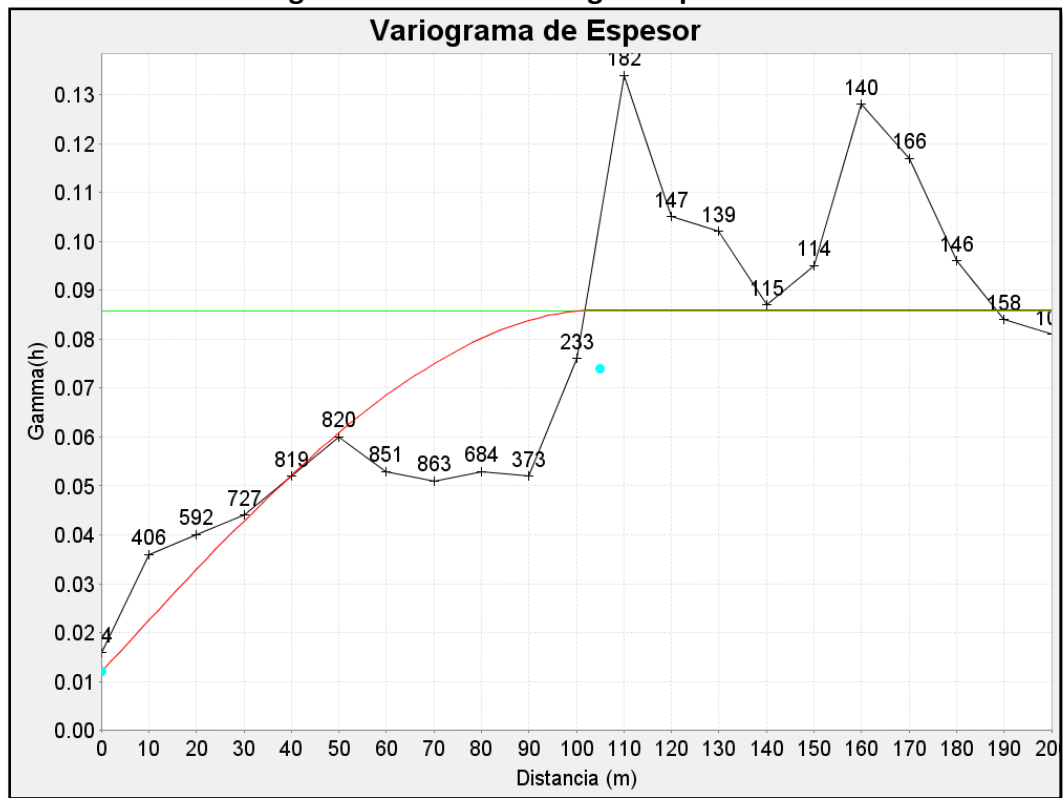


Figura 15.4.3 Semivariograma para el Espesor (m)

Se realizaron mapas de variogramas para diferentes direcciones, en los cuales no se logró identificar ninguna tendencia de continuidad hacia alguna dirección.

Después de analizar las gráficas de los variogramas, la concordancia de lo observado en el terreno con respecto a las características geológicas y estructurales, se decidió utilizar un rango de 30 m para los recursos medidos pues se consideró que esta distancia **“confirma tanto la continuidad geológica y la continuidad en ley”**; un rango de 80 m para recursos indicados pues esta distancia se puede **“asumir razonablemente la continuidad geológica y en ley.”** y un rango de 105 m para recursos inferidos pues con esta distancia puede ser **“razonablemente asumida, pero no verificada la ley y continuidad geológica.”**

Durante la revisión de este trabajo para efectos de la tesis, se observó que en el análisis original de variogramas no se había realizado ningún tipo de recorte de muestras, por lo que se volvió a analizar el espesor recortando las muestras que habían sido tomadas cercanas a fallas que no son representativas del manto mineralizado. Después de éste análisis se obtuvieron los datos de la tabla 15.4.2 y la gráfica de la figura 15.4.4

Tabla 15.4.2 Parámetros de semivariograma de espesor con muestras recortadas en fallas.

	Espesor
Efecto Pepita	0.03
Sill	0.056
Varianza	0.09
Desviación Stándar	0.29
Rango	210
Modelo	Esférico

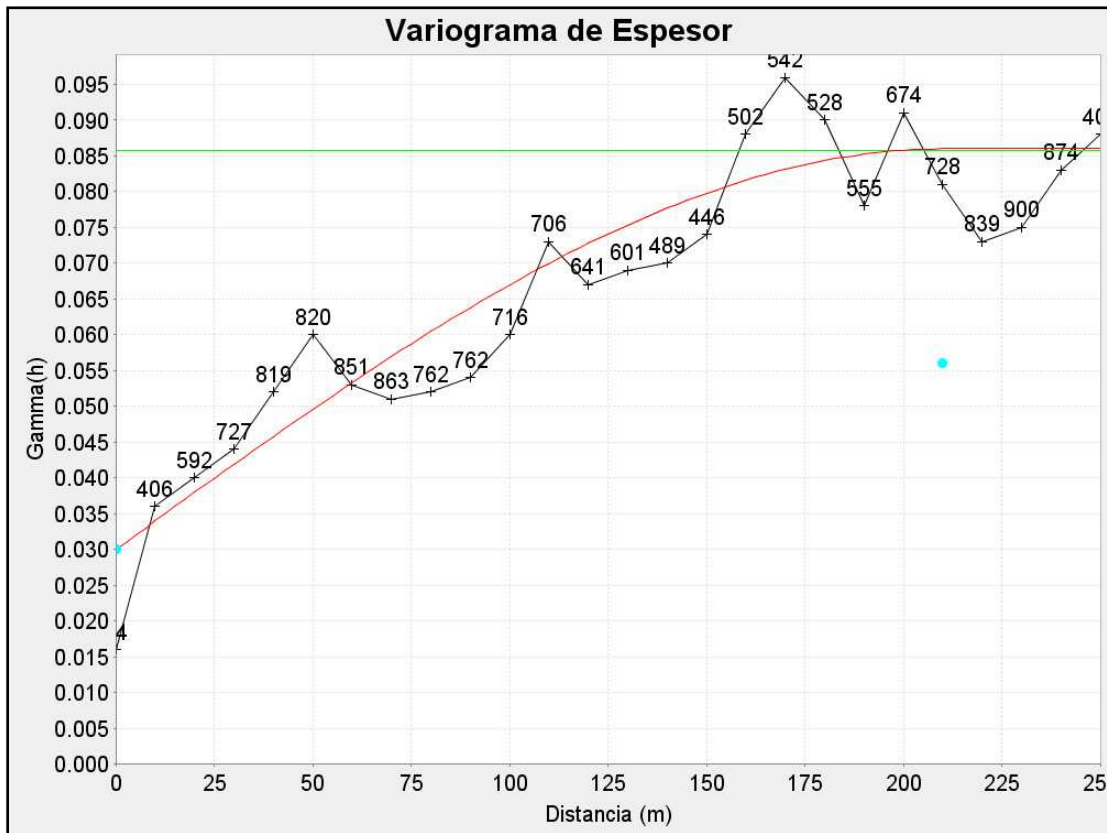


Figura 15.4.4 Semivariograma omnidireccional para el espesor (m) con muestras de fallas recortadas.

Al analizar el variograma de la figura 15.4.4 se observó que el rango es mayor a lo utilizado anteriormente, lo cual implica mayor certidumbre en la estimación de los recursos calculados antes de la revisión, por lo que se decidió no hacer ningún cambio.

15.5 MODELO DE BLOQUES.

Los bloques de recursos se definieron utilizando las estructuras de fallas mapeadas en el campo y los rangos de 30m para recursos medidos, 80m para recursos indicados y 150m para recursos inferidos, esto basado en las observaciones de campo y apoyados por el análisis de variogramas.

En la industria minera como regla de dedo, es común utilizar el rango de medio variograma como recursos medidos, el rango completo del variograma como recursos indicados y uno y medio rango de variograma de recursos indicados, sin embargo por observaciones en campo y distancias de localización de fallas se decidió tomar conservadoramente los rangos definidos en el párrafo anterior.

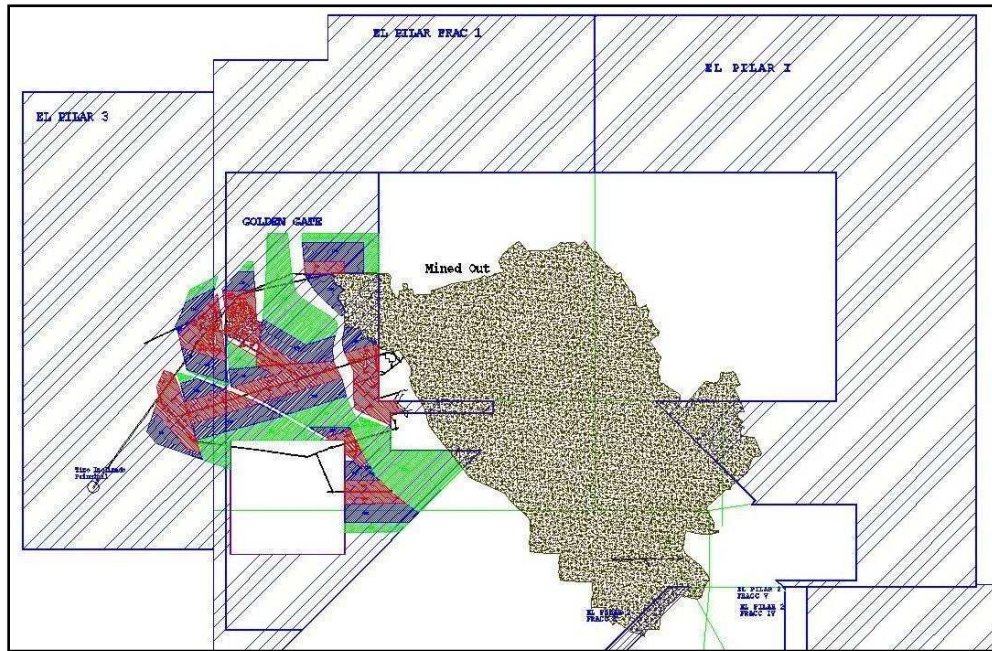


Figura 15.5.1 Distribución de bloques de recursos medidos (rojo), indicados (azul), inferidos (verde) y área minada (café).

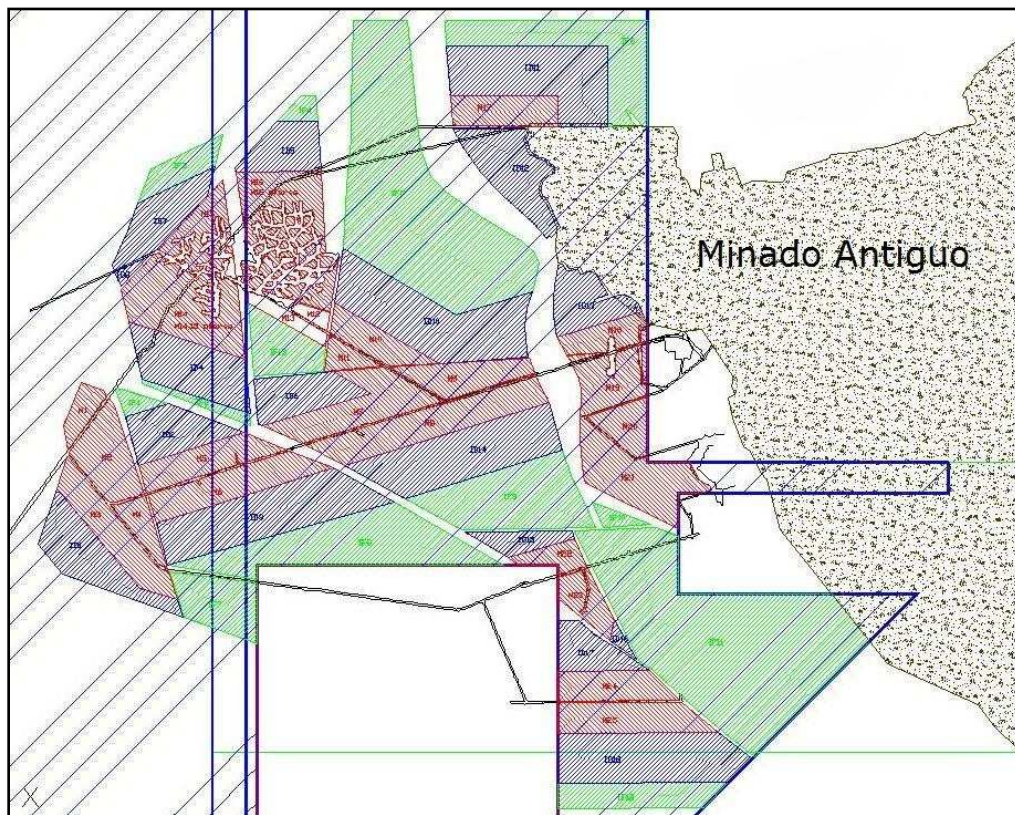


Figura 15.5.2 Distribución de bloques de recursos medidos (rojo), indicados (azul), inferidos (verde) y área minada (café).

15.6 PROCEDIMIENTO DE ESTIMACIÓN DE LEY.

Debido a la poca cantidad de muestras para cada bloque de recursos, el reducido tamaño de los bloques limitados por fallas y la alta continuidad de ley y espesor a lo largo de la extensión del yacimiento, se decidió no utilizar ningún método geoestadístico. La ley de cada bloque fue estimada utilizando el método de promedios ponderados, el cual consiste en considerar la ley de cada muestra el bloque a estimar, de manera proporcional al espesor del manto del lugar donde esta muestra fue tomada. El espesor de cada bloque fue estimado por un promedio aritmético.

15.7 CLASIFICACIÓN DE RECURSOS MINERALES.

La clasificación de recursos minerales utilizada en esta tesis, son los mismos definidos por la NI-43-101 de Canadá y aceptado por el Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO).

Los principios esenciales de los códigos de diferentes países aceptados por CRIRSCO son transparencia, materialidad y competencia; La “Transparencia” exige que el lector del informe cuente con la suficiente información, cuya presentación sea clara y sin ambigüedades, a fin de comprender el informe y no ser incorrectamente interpretado; La “Materialidad” se refiere a que el reporte debe contener toda la información relevante que los inversionistas y sus asesores profesionales requieran con el propósito de poder tener un juicio razonado y equilibrado con respecto a los Recursos y Reservas Minerales que se estén informando; La “Competencia” requiere que el reporte se fundamente en la responsabilidad de las personas debidamente calificadas y con experiencia suficiente para realizar el reporte.

Así también se debe de seguir una lista de criterios o mejores prácticas cuyo objetivo es el de proveer al lector todos aquellos aspectos de materialidad relevante que puedan afectar el entendimiento o interpretación correcta y confiable del reporte.

La importancia de estos códigos radica en que una vez utilizados, estos son legalmente aceptados por los mercados de capital de los países donde fueron realizados, como documentos confiables para cualquier tipo de financiamientos y valuación de activos minerales.

La clasificación estandarizada de Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales de todos los códigos aceptados por CRIRSCO se muestra gráficamente en el esquema de la figura 15.7.1



Figura 15.7.1 Esquema de Resultados de Exploración, Recursos Minerales y Reservas Minerales en criterios CRIRSCO.

Los recursos minerales se clasifican de acuerdo a su certeza y conocimiento geológico, contenido, tonelaje y forma. El alcance de esta tesis es solamente la cuantificación de recursos minerales, para poder clasificar reservas minerales es necesario evaluar los “Factores Modificadores” lo cual no es de alcance de este trabajo. La definición de las diferentes categorías de recursos es la siguiente:

Recurso Mineral Medido

*Un ‘Recurso Mineral Medido’ es aquella parte de un Recurso Mineral cuya cantidad, calidad o ley, densidad, forma, y características físicas están lo suficientemente bien definidas que pueden ser estimados con la certeza suficiente para permitir la adecuada aplicación de parámetros técnicos y económicos, para soportar la planeación de producción y la evaluación de la viabilidad del depósito. Esta estimación está basada en exploración detallada y confiable, muestreo y pruebas realizadas a través de técnicas apropiadas desde posiciones como afloramientos, zanjas, pozos, obras mineras y barrenación espaciados lo suficiente para **confirmar tanto la continuidad geológica y la continuidad en ley.***

Recurso Mineral Indicado

*Un 'Recurso Mineral Indicado' es aquella parte de un Recurso Mineral cuya cantidad, calidad o ley, densidad, forma, y características físicas pueden ser estimadas con grado de confianza suficiente para permitir la adecuada aplicación de parámetros técnicos y económicos, para soportar la planeación de producción de mina y la evaluación de la viabilidad del depósito. Esta estimación está basada en exploración detallada y confiable, muestreo y pruebas realizadas a través de técnicas apropiadas desde posiciones como afloramientos, zanjas, pozos, obras mineras y barrenación espaciados lo suficiente para **asumir razonablemente la continuidad geológica y en ley.***

Recurso Mineral Inferido

*Un 'Recurso Mineral Inferido' es aquella parte de un Recurso Mineral cuya cantidad y calidad o ley, puede ser estimado basándose en la evidencia geológica y muestreo limitado y **razonablemente asumido, pero no verificada la ley y continuidad geológica.** La estimación está basada en información limitada y muestro a través de técnicas apropiadas desde posiciones como afloramientos, zanjas, pozos, obras mineras y barrenación.*

15.8 VALIDACIÓN DE LA EVALUACIÓN.

Los resultados de la evaluación fueron comparados con registros de producción descritos en la tesis profesional del Ing. Lizardo Galvan G. 1960, y por los registros de producción y ventas de la empresa Minera Manganeso San Francisco, S.A. de C.V., los cuales muestran resultados congruentes con los de esta evaluación.

15.9 INVENTARIO DE RECURSOS.**Tabla 15.9.1 Estimación de recursos minerales**

Recursos Medidos						
Nombre de Bloque	Area (m²)	Espesor (m)	Mn (%)	G.E.	Volumen (m³)	Tonelaje (mt)
M1	1,317	0.680	28.993	3.329	895	2,981
M2	4,099	0.721	29.445	3.343	2,956	9,883
M3	4,504	0.882	37.076	3.570	3,975	14,190
M4	1,476	0.975	37.272	3.576	1,440	5,148
M5	3,643	0.826	40.738	3.679	3,011	11,078
M6	4,816	0.826	40.738	3.679	3,980	14,644
M7	5,293	0.648	39.628	3.646	3,429	12,503
M8	6,807	0.822	40.627	3.676	5,596	20,572
M9	3,251	0.914	39.067	3.630	2,972	10,787
M10	2,674	0.736	39.630	3.646	1,967	7,173
M11	1,031	0.736	39.630	3.646	759	2,767
M14	7,277	0.823	41.586	3.705	5,990	22,191
M15	2,307	1.002	38.668	3.618	2,313	8,366
M14,M15 Pilares	480	0.995	43.170	3.752	477	1,790
M16	3,810	0.829	40.795	3.681	3,160	11,634
M16 Pilares	3,094	0.850	42.477	3.731	2,631	9,815
M17	3,174	0.657	42.752	3.739	2,086	7,799
M18	2,114	1.484	39.731	3.649	3,139	11,455
M19	3,593	1.263	38.044	3.599	4,537	16,328
M20	2,113	1.068	31.170	3.394	2,257	7,661
M21	6,076	0.835	31.944	3.417	5,073	17,336
M22	1,391	0.617	35.742	3.531	858	3,029
M23	1,997	0.617	35.742	3.531	1,232	4,350
M24	3,191	1.130	40.191	3.663	3,606	13,208
M25	4,251	1.130	40.191	3.663	4,804	17,597
	83,780	0.873	38.629	3.613	73,142	264,287

Recursos Indicados						
Nombre de Bloque	Area (m ²)	Espesor (m)	Mn (%)	G.E.	Volumen (m ³)	Tonelaje (mt)
ID1	5,293	0.882	37.076	3.570	4,671	16,675
ID2	3,906	0.826	40.738	3.679	3,228	11,878
ID3	9,682	0.826	40.738	3.679	8,002	29,442
ID4	5,839	0.823	41.586	3.705	4,806	17,806
ID6	3,775	0.648	39.628	3.646	2,446	8,917
ID7	3,899	0.675	41.394	3.699	2,632	9,735
ID8	281	0.675	41.394	3.699	190	702
ID9	3,251	0.829	40.795	3.681	2,696	9,925
ID10	10,612	0.736	39.630	3.646	7,807	28,469
ID11	9,478	0.657	42.752	3.739	6,229	23,291
ID12	5,460	0.657	42.752	3.739	3,588	13,418
ID13	3,577	1.484	39.731	3.649	5,310	19,377
ID14	9,373	0.822	40.627	3.676	7,705	28,325
ID15	1,643	0.617	35.742	3.531	1,014	3,579
ID16	311	0.617	35.742	3.531	192	678
ID17	2,755	1.130	40.191	3.663	3,113	11,402
ID18	8,982	1.130	40.191	3.663	10,150	37,180
	88,118	0.837	40.455	3.670	73,778	270,798

Recursos Inferidos						
Nombre de Bloque	Area (m ²)	Espesor (m)	Mn (%)	G.E.	Volumen (m ³)	Tonelaje (mt)
IF1	726	0.826	40.738	3.679	600	2,206
IF2	890	0.823	41.586	3.705	733	2,714
IF3	2,066	0.675	41.394	3.699	1,395	5,159
IF4	693	0.829	40.795	3.681	575	2,115
IF5	27,458	0.736	39.630	3.646	20,201	73,661
IF6	8,199	0.657	42.752	3.739	5,388	20,148
IF8	11,264	0.693	32.518	3.434	7,808	26,817
IF9	8,932	0.822	40.627	3.676	7,343	26,992
IF10	607	0.835	31.316	3.399	506	1,721
IF11	32,790	0.726	33.010	3.449	23,805	82,107
IF12	3,994	1.130	40.191	3.663	4,513	16,533
IF13	3,542	0.779	40.663	3.677	2,761	10,152
	101,160	0.748	37.338	3.574	75,628	270,325

RECURSOS GRAN TOTAL						
Recursos	Area (m²)	Espesor (m)	Mn (%)	G.E.	volumen (m³)	Tonelaje (mt)
MEDIDOS	83,780	0.87	38.63	3.61	73,142	264,287
INDICADOS	88,118	0.84	40.46	3.67	73,778	270,798
MED + IND	171,898	0.855	39.553	3.642	146,920	535,084

INFERIDOS	101,160	0.75	37.34	3.57	75,628	270,325
GRAN TOTAL	273,058	0.815	38.810	3.619	222,548	805,410

Los bloques M12, M13 y IF7 no fueron considerados en esta tabla debido a su baja ley y ningún interés económico, los datos de estos bloques se presentan a continuación:

Nombre de Bloque	Area (m²)	Espesor (m)	Mn (%)	P.E.	volumen (m³)	Tonelaje
M12 (medido)	491	0.891	13.422	2.866	438	1,254
M13 (medido)	1,077	0.891	13.422	2.866	960	2,751
IF7 (inferido)	4,060	0.560	20.386	3.073	2,274	6,987