

Modificación del Programa de Remediación Ambiental de la Reserva Ávalos.



Chihuahua
GOBIERNO DEL ESTADO



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS	III
I. ANTECEDENTES.	1
II. CARACTERIZACIÓN DE CONTENIDOS METÁLICOS DE INTERÉS COMERCIAL.	1
II.1. Muestreo.....	1
II.2. Determinaciones Analíticas.....	2
II.2.1. Análisis de Fluorescencia de Rayos X.....	2
II.2.2. Resultados del Laboratorio Acreditado.	2
II.3. Representación de las Áreas Susceptibles de Beneficio.....	3
II.4. Cuantificación del Volumen de Jal Susceptible de Beneficio.	4
III. PROGRAMA CALENDARIZADO DE ACTIVIDADES MODIFICADO.....	10

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Concentraciones de Metales y Metaloides Cuantificadas Mediante Fluorescencia de Rayos X en Muestras de Jales Mineros.....	1
Tabla 2. Concentraciones de Plata, Cobre y Zinc Cuantificadas por el Laboratorio Acreditado.....	1
Tabla 3. Valores Integrados de Plomo y Zinc.	3
Tabla 4. Volúmenes de Jal Susceptible de Beneficio.	10
Tabla 5. Programa Calendarizado de Actividades Modificado.	10

ÍNDICE DE FIGURAS.

No figura	Contenido	Página
1	Correlaciones entre Resultados Analíticos del Laboratorio Acreditado y Fluorescencia de Rayos X.	2
2	Distribución de las Concentraciones de Plata en los Depósitos de Jales.	5
3	Distribución de las Concentraciones de Cobre en los Depósitos de Jales.	6
4	Distribución de las Concentraciones de Zinc en los Depósitos de Jales.	7
5	Distribución de las Concentraciones de Plomo en los Depósitos de Jales.	8
6	Zonas y Áreas de Jales Susceptible de Beneficio.	9

ÍNDICE DE PLANOS.

ID	Contenido	Anexo
PL-01	Ubicación de Puntos de Muestreo.	3.1
PL-02	Representación de las Concentraciones, Áreas y Volúmenes.	3.1
PL-03	Levantamiento Topográfico de la Zona Susceptible de Beneficio en el Depósito de Jal Chico.	3.2
PL-04	Levantamiento Topográfico de las Áreas Susceptibles de Beneficio en el Depósito de jal Grande.	3.2

I. ANTECEDENTES.

Estudios recientes indican que es técnicamente factible y económicamente viable la valorización de los jales contenidos en secciones específicas de los depósitos localizados en el interior de la antigua Planta de Ávalos. Con el objeto de realizar esta actividad, que permitirá obtener recursos económicos para el desarrollo de acciones de remediación, es necesario modificar el Programa de Remediación autorizado.

Al respecto, el apartado 21 del **Resuelve Segundo contenido en el Oficio No.DGGIMAR.710/0006254**, señala:

*“21. Cualquier modificación a lo autorizado en esta Resolución deberá ser solicitada por escrito a esta Dirección General para que se determine lo conducente. **Las solicitudes de modificación** deben presentarse antes de concluir el periodo autorizado para la ejecución de las acciones respectivas para cada etapa del programa de remediación y **deben de estar acompañadas del sustento técnico y de los planos necesarios para su evaluación**. En la solicitud de modificación deberá mencionar el número de bitácora y el número de oficio de la resolución del programa de remediación que se expida.”*

Este documento contiene la descripción técnica de los diferentes estudios realizados para identificar los contenidos metálicos, las áreas y el volumen de residuos mineros susceptible de valorización, así también se presentan las modificaciones en las actividades originalmente programadas y así autorizadas

II. CARACTERIZACIÓN DE CONTENIDOS METÁLICOS DE INTERÉS COMERCIAL.

Se obtuvieron y analizaron muestras de jales con el objetivo de conocer los valores de aquellos metales que poseen interés comercial.

II.1. Muestreo.

Se obtuvieron 34 muestras de jal a partir de 31 puntos de muestreo localizados en la superficie y a diferentes profundidades de los depósitos ubicados dentro de las instalaciones de la antigua Planta Fundidora Ávalos. El Anexo 1 contiene las Hojas

de Campo, la Memoria Fotográfica y las Cadenas de Custodia y en el Plano PL-01; Anexo 3.1 se encuentra representada la distribución espacial de los puntos de muestreo en los dos depósitos de jal (Chico y Grande).

II.2. Determinaciones Analíticas.

II.2.1. Análisis de Fluorescencia de Rayos X.

Se utilizó la técnica de Fluorescencia de Rayos X (FRX) para identificar en las muestras de jales las concentraciones de 33 metales y metaloides. El Anexo 2.1 contiene el Reporte de Resultados.

En algunas muestras de jales fueron registrados valores de importancia de plomo (rango: 0.11 – 4.18%) y zinc (rango: 0.23 - 7.0%), no se identificó la presencia de oro y las concentraciones promedio de plata y cobre fueron 38.9 y 832.1 mg/kg, respectivamente. La tabla 1 contiene las concentraciones registradas de los principales metales y metaloides.

II.2.2. Resultados del Laboratorio Acreditado.

Con el objetivo de corroborar los resultados de FRX, fueron cuantificadas en todas las muestras las concentraciones de plata, cobre y zinc en el laboratorio Intertek Testing Service de México S.A de C.V., el cual cuenta con la acreditación No. R-0044-003/11 emitido por la ema, con vigencia a partir del 23 de mayo de 2011, así como el Certificado de Aprobación de PROFEPA PFPA-APR-LP-RS-010MS/2015. Los Anexos 2.2.1 y 2.2.2 contienen el Reporte de Resultados y el Informe de Pruebas emitido por este laboratorio, información contenida en la tabla 2.

Las gráficas incluidas en la figura 1 representan las correlaciones entre concentraciones de plata, cobre y zinc cuantificadas en el laboratorio Intertek y los resultados registrados mediante FRX. En todos los casos las relaciones entre las variables fueron significativas ($p < 0.05$) y los valores del grado de correlación lineal (r) fueron: 0.70, 0.95 y 0.96, respectivamente. Lo anterior permitió corroborar los resultados obtenidos y el grado de confiabilidad analítica de la técnica de FRX.

Tabla 1. Concentraciones de Metales y Metaloides Cuantificadas Mediante Fluorescencia de Rayos X en Muestras de Jales Mineros.

ID Punto de Muestreo	Coordenadas UTM		Concentración (mg/kg)													
	X	Y	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	As	Cd	Mo	Hg	Ni	Fe	Mn	Cr	V
PJ-01	402,183	3,166,430	ND	27.4	176.8	11430.1	2527.3	1532.9	110.4	ND	ND	189.5	374402.8	7214.2	ND	ND
PJ-02	402,190	3,166,433	ND	28.4	236.1	19952.2	3887.6	1217.5	200.1	ND	34.5	138.3	344718.7	6336.2	37.5	ND
PJ-03	402,169	3,166,440	ND	45.6	181.4	6073.9	7060.7	1986.7	76.2	ND	ND	179.3	405201.9	1016.2	ND	ND
PJ-04	402,121	3,166,473	ND	27.1	180.1	18242.0	2371.3	1081.1	182.0	ND	29.9	173.5	440215.9	4285.9	40.6	ND
PJ-05	402,123	3,166,415	ND	29.9	240.1	15263.1	2819.1	889.4	184.8	ND	ND	176.4	442532.9	3064.3	47.9	ND
PJ-06	402,158	3,166,340	ND	25.9	164.2	16484.5	2947.1	752.9	165.9	ND	ND	130.9	479005.8	3422.7	30.9	ND
PJ-07	402,236	3,166,361	ND	76.8	2785.6	70036.9	26248.3	3285.5	127.5	36.8	ND	101.8	278733.0	8894.2	47.7	1014.5
PJ-08	402,218	3,166,321	ND	77.8	2362.7	50331.6	41819.9	5217.8	113.3	40.2	ND	156.5	430921.9	7714.6	48.0	964.0
PJ-09	402,209	3,166,279	ND	59.2	1406.5	36888.6	16297.8	1983.0	97.6	20.8	ND	182.0	334955.5	5151.2	41.2	365.9
PJ-10	402,272	3,166,323	ND	69.9	2264.1	65509.7	21564.3	2853.9	109.7	25.5	ND	152.5	305319.9	7884.5	63.3	901.5
dPJ-10	402,272	3,166,323	ND	69.3	2428.8	68194.3	22750.7	3096.9	122.5	25.8	50.7	162.6	310460.8	9101.9	62.4	956.1
PJ-11	402,310	3,166,258	ND	73.8	1699.5	32632.3	14830.2	2607.4	173.5	24.0	42.5	189.6	461658.5	5310.6	ND	ND
PJ-12	402,229	3,166,210	ND	71.7	1307.4	25822.9	15035.1	3043.6	154.7	21.5	ND	225.7	376511.3	2625.9	36.0	183.9
PJ-13	402,372	3,166,485	ND	35.3	1034.1	11318.2	3523.6	3265.4	86.8	9.4	24.8	188.1	290108.3	8551.3	39.2	36.7
PJ-14	402,385	3,166,495	ND	33.8	719.0	7173.8	3917.3	3579.0	72.6	21.7	26.9	155.0	189297.2	4186.3	ND	ND
PJ-15	402,405	3,166,514	ND	33.2	537.3	12731.4	7949.0	2953.3	88.3	11.4	24.2	145.2	121535.8	6596.5	45.2	37.1
PJ-16	402,454	3,166,568	ND	42.6	618.6	13990.9	4628.5	1972.8	98.3	11.6	23.9	147.2	205422.5	7124.8	36.6	ND
PJ-17	402,375	3,166,590	ND	31.3	590.8	10913.8	3536.0	1703.5	76.8	11.0	24.7	138.6	155022.1	6134.9	27.1	ND

Modificación del Programa de Remediación
Ambiental de la Reserva Ávalos.

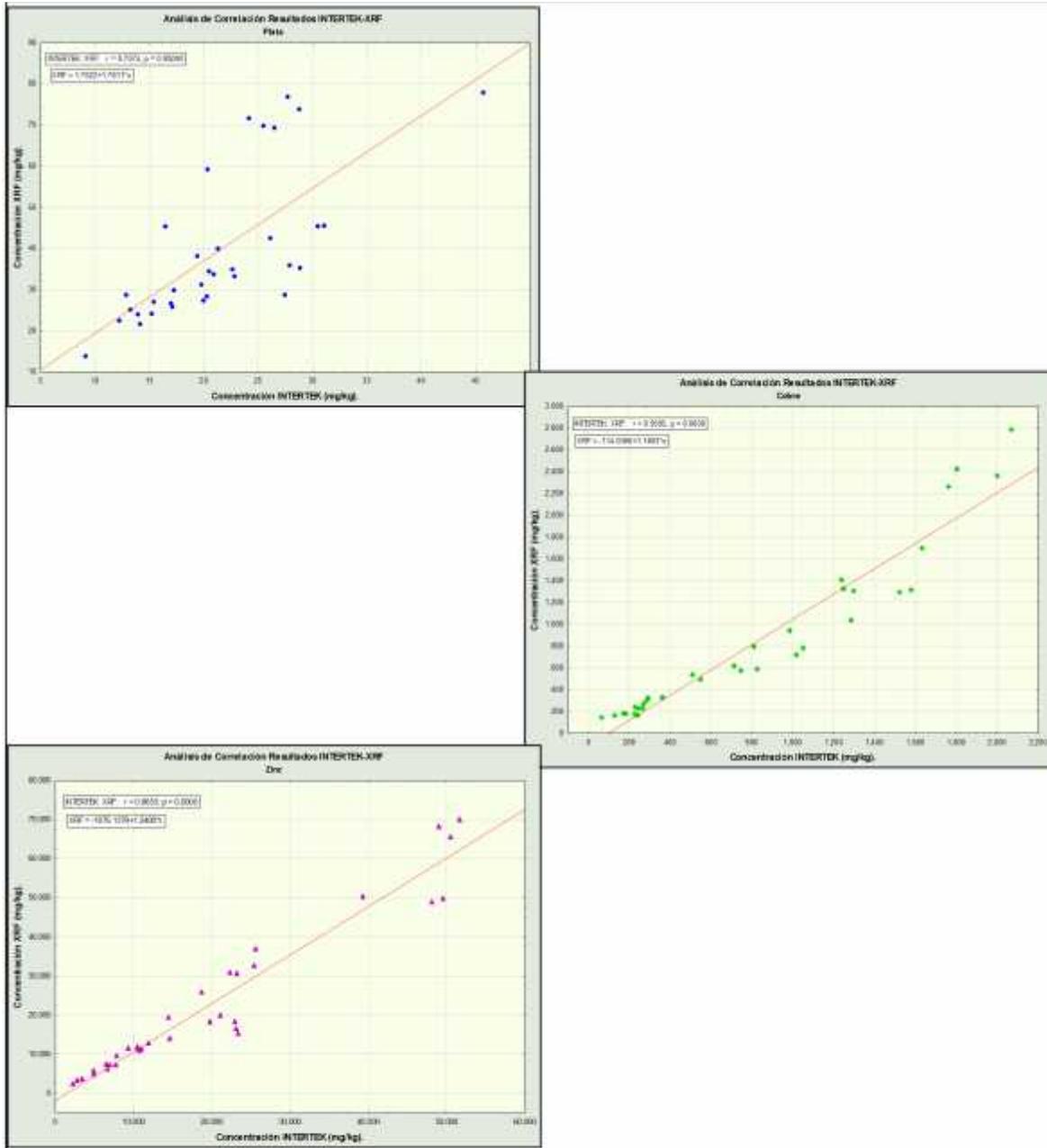
PJ-18	402,371	3,166,556	ND	34.5	494.2	11759.9	2835.4	1707.5	66.3	15.4	27.5	175.9	212945.2	10766.0	ND	ND
PJ-19	402,356	3,166,546	ND	25.2	576.8	7170.5	2768.9	1876.4	43.9	12.4	23.6	183.7	239915.1	7750.6	ND	38.5
PJ-20	402,341	3,166,536	ND	36.0	1298.3	49792.3	6562.9	1171.1	176.7	9.8	52.1	118.7	82571.4	3683.6	65.1	48.4
dPJ-20	402,341	3,166,536	ND	28.7	1312.4	48855.0	6107.5	695.3	170.7	14.6	60.4	76.2	68992.8	3112.9	71.0	55.4
PJ-21	402,585	3,166,514	ND	40.0	274.9	5675.1	3212.6	4802.5	51.7	8.8	ND	168.5	346651.6	3537.8	32.3	ND
PJ-22	402,498	3,166,443	ND	45.4	320.2	3565.2	7956.7	3389.4	19.7	10.2	ND	148.8	248496.6	836.4	ND	ND
PJ-23	402,452	3,166,407	ND	21.6	227.0	4931.3	2357.7	2652.6	38.3	9.3	ND	148.4	347640.4	1760.6	32.3	ND
PJ-24	402,491	3,166,356	ND	13.9	145.0	2323.4	1139.5	1055.9	31.6	5.7	17.4	122.5	137238.8	3342.2	25.4	53.9
PJ-25	402,524	3,166,385	ND	24.0	166.9	11510.3	5739.4	1531.8	132.2	13.8	22.9	118.7	95011.0	3473.5	27.1	50.2
PJ-26	402,568	3,166,430	ND	35.0	794.3	19343.9	6769.9	2635.3	137.6	10.8	33.5	95.1	102907.3	4564.8	44.5	30.8
PJ-27	402,577	3,166,297	ND	28.7	228.8	3257.0	2745.9	4256.9	36.2	6.8	ND	68.2	246549.0	1209.5	32.6	ND
PJ-28	402,687	3,166,327	ND	26.6	782.8	18199.8	4167.7	1697.8	127.8	8.3	ND	134.3	142575.8	4654.3	38.9	ND
PJ-29	402,692	3,166,262	ND	22.5	302.0	9427.3	2957.2	1110.6	82.0	12.1	22.3	117.5	96300.2	4902.9	26.5	ND
PJ-30	402,656	3,166,153	ND	45.4	1328.8	30837.6	3812.2	912.5	188.4	14.6	56.2	119.8	171708.3	5671.8	43.8	ND
dPJ-30	402,656	3,166,153	ND	38.1	938.5	30592.8	5882.3	2393.3	160.4	9.6	50.8	128.3	164860.4	4913.1	39.8	ND
PJ-31	402,760	3,166,215	ND	24.2	330.0	7357.2	1207.5	687.5	52.5	15.2	24.4	155.8	169056.4	7131.9	35.9	ND
PJ-29-G1	402692	3,166,262	ND	25.9	365.4	11422.3	3677.7	1158.8	89.3	13.1	29.0	141.2	98800.4	4905.6	28.7	ND
PJ-29-G2	402692	3,166,262	ND	24.6	374.5	11871.2	3552.8	1149.4	90.3	13.6	24.8	106.4	99995.6	5101.2	34.7	32.4
PJ-30G	402656	3,166,152	ND	33.1	1071.3	31919.6	5238.7	997.6	183.4	12.5	63.4	124.5	131184.4	4981.3	42.6	37.9
dPJ-30-G	402656	3,166,152	ND	46.2	1355.7	44126.7	8865.6	3253.7	202.7	12.7	65.8	147.6	162268.5	4692.6	49.9	ND



La tabla 2 contiene las concentraciones de plata, cobre y zinc cuantificadas por el laboratorio acreditado Intertek Service de México, S.A. de C.V.

Tabla 2. Concentraciones de Plata, Cobre y Zinc Cuantificadas por el Laboratorio Acreditado.

No.	ID Punto de Muestreo	Coordenadas UTM		Concentración (mg/kg)		
		X	Y	Ag	Cu	Zn
1	PJ - 01	402,183	3,166,430	20.0	185.4	10,580.0
2	PJ - 02	402,190	3,166,433	20.3	265.7	21,160.0
3	PJ - 03	402,169	3,166,440	31.1	171.5	6,688.0
4	PJ - 04	402,121	3,166,473	15.4	225.1	22,980.0
5	PJ - 05	402,123	3,166,415	17.3	228.7	23,420.0
6	PJ - 06	402,158	3,166,340	17.1	241.5	23,190.0
7	PJ - 07	402,236	3,166,361	27.7	2,068.0	51,690.0
8	PJ - 08	402,218	3,166,321	45.7	2,001.0	39,320.0
9	PJ - 09	402,209	3,166,279	20.3	1,238.0	25,640.0
10	PJ - 10	402,272	3,166,323	25.5	1,762.0	50,570.0
11	DPJ - 10	402,272	3,166,323	26.5	1,803.0	49,040.0
12	PJ - 11	402,310	3,166,258	28.8	1,630.0	25,420.0
13	PJ - 12	402,229	3,166,210	24.1	1,296.0	18,760.0
14	PJ - 13	402,372	3,166,485	28.8	1,283.0	11,010.0
15	PJ - 14	402,385	3,166,495	20.9	1,016.0	7,814.0
16	PJ - 15	402,405	3,166,514	22.8	508.0	11,960.0
17	PJ - 16	402,454	3,166,568	26.1	712.4	14,650.0
18	PJ - 17	402,375	3,166,590	19.8	827.3	10,800.0
19	PJ - 18	402,371	3,166,556	20.5	550.1	10,490.0
20	PJ - 19	402,356	3,166,546	13.2	746.4	7,022.0
21	PJ - 20	402,341	3,166,536	27.9	1,523.0	49,550.0
22	DPJ - 20	402,341	3,166,536	27.4	1,578.0	48,140.0
23	PJ - 21	402,585	3,166,514	21.3	269.9	4,923.0
24	PJ - 22	402,498	3,166,443	30.5	289.5	3,420.0
25	PJ - 23	402,452	3,166,407	14.2	266.0	4,957.0
26	PJ - 24	402,491	3,166,356	9.1	63.8	2,314.0
27	PJ - 25	402,524	3,166,385	13.9	128.4	9,334.0
28	PJ - 26	402,568	3,166,430	22.6	809.1	14,450.0
29	PJ - 27	402,577	3,166,297	12.8	245.5	2,851.0
30	PJ - 28	402,687	3,166,327	17.0	1,049.0	19,830.0
31	PJ - 29	402,692	3,166,262	12.2	286.8	7,854.0
32	PJ - 30	402,656	3,166,153	16.5	1,248.0	22,390.0
33	DPJ - 30	402,656	3,166,153	19.4	984.7	23,220.0
34	PJ - 31	402,760	3,166,215	15.2	362.9	6,551.0



Caracterización de Metales de Interés Comercial en Jales Mineros.

Figura 1



Correlaciones entre Resultados Analíticos del Laboratorio Acreditado y Fluorescencia de Rayos X.



II.3. Representación de las Áreas Susceptibles de Beneficio.

En las figuras 2, 3, 4 y 5, así como en los paneles A, B, C y D del Plano PL-02; **Anexo 3.1** están representadas las distribuciones espaciales de las concentraciones de Ag, Cu, Zn y Pb, respectivamente. **Las mayores concentraciones de estos metales se registraron en la parte sur del depósito jales Chico y las porciones noroeste y suroeste del depósito de jales Grande. Los valores promedio de Pb y Zn en estas áreas fueron 1.90 y 3.97%, respectivamente.** Al respecto, se considera viable económicamente el beneficio de estos metales cuando la suma de Pb más Zn es igual o superior a 2.75%. La siguiente tabla contiene los valores integrados de plomo y zinc.

Tabla 3. Valores Integrados de Plomo y Zinc.

No.	Plomo		Zinc		Combinación Pb + Zn (%)
	g/ton	%	g/ton	%	
1	2,527.3	0.25	10,580.0	1.06	1.31
2	3,887.6	0.39	21,160.0	2.12	2.50
3	7,060.7	0.71	6,688.0	0.67	1.37
4	2,371.3	0.24	22,980.0	2.30	2.54
5	2,819.1	0.28	23,420.0	2.34	2.62
6	2,947.1	0.29	23,190.0	2.32	2.61
7	26,248.3	2.62	51,690.0	5.17	7.79
8	41,819.9	4.18	39,320.0	3.93	8.11
9	16,297.8	1.63	25,640.0	2.56	4.19
10	21,564.3	2.16	50,570.0	5.06	7.21
11	22,750.7	2.28	49,040.0	4.90	7.18
12	14,830.2	1.48	25,420.0	2.54	4.03
13	15,035.1	1.50	18,760.0	1.88	3.38
14	3,523.6	0.35	11,010.0	1.10	1.45
15	3,917.3	0.39	7,814.0	0.78	1.17
16	7,949.0	0.79	11,960.0	1.20	1.99
17	4,628.5	0.46	14,650.0	1.47	1.93
18	3,536.0	0.35	10,800.0	1.08	1.43
19	2,835.4	0.28	10,490.0	1.05	1.33
20	2,768.9	0.28	7,022.0	0.70	0.98
21	6,562.9	0.66	49,550.0	4.96	5.61
22	6,107.5	0.61	48,140.0	4.81	5.42
23	3,212.6	0.32	4,923.0	0.49	0.81
24	7,956.7	0.80	3,420.0	0.34	1.14

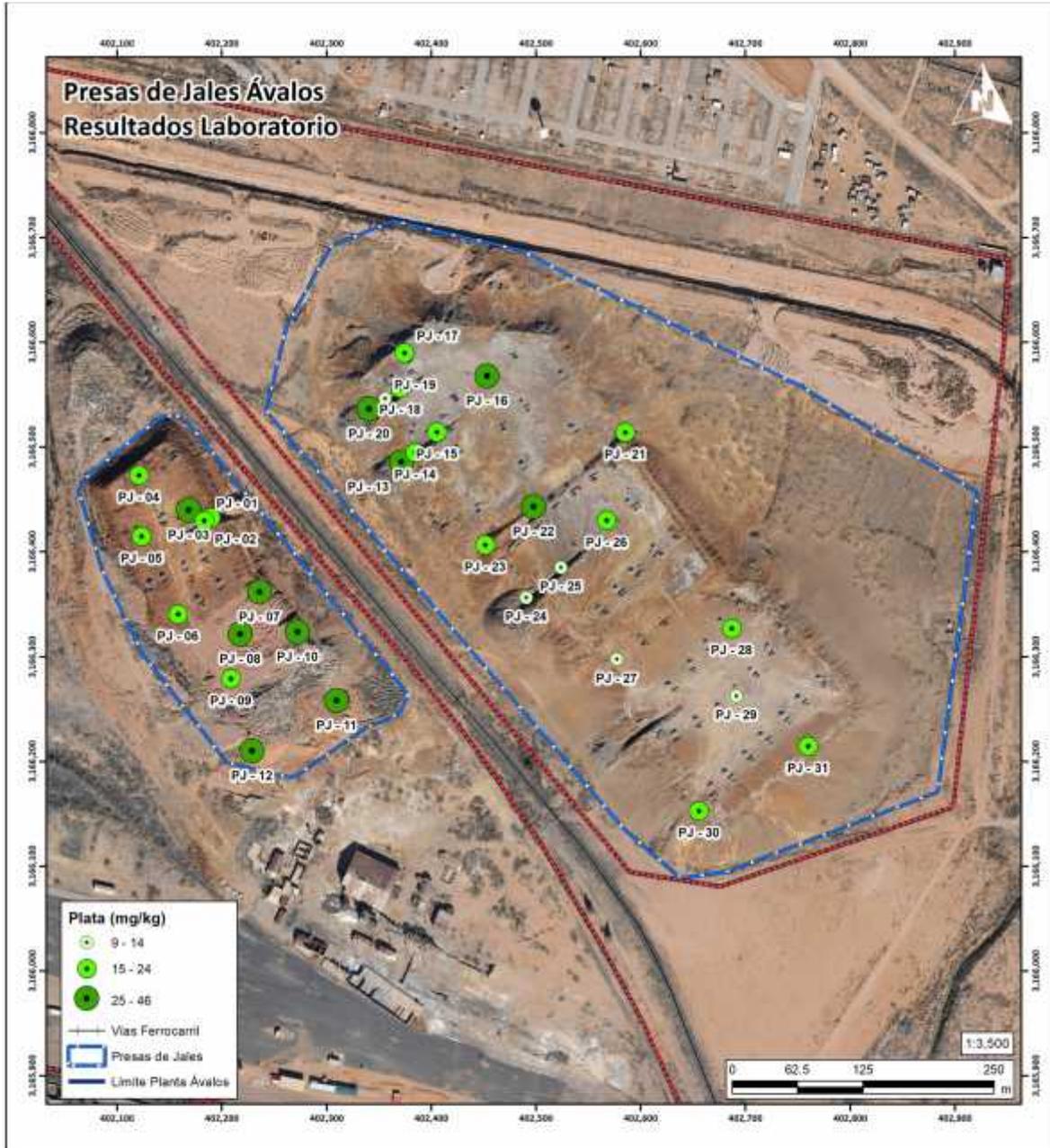
25	2,357.7	0.24	4,957.0	0.50	0.73
26	1,139.5	0.11	2,314.0	0.23	0.35
27	5,739.4	0.57	9,334.0	0.93	1.51
28	6,769.9	0.68	14,450.0	1.45	2.12
29	2,745.9	0.27	2,851.0	0.29	0.56
30	4,167.7	0.42	19,830.0	1.98	2.40
31	2,957.2	0.30	7,854.0	0.79	1.08
32	3,812.2	0.38	22,390.0	2.24	2.62
33	5,882.3	0.59	23,220.0	2.32	2.91
34	1,207.5	0.12	6,551.0	0.66	0.78

La figura 6 y el **panel E del Plano PL-02; Anexo 3.1** contienen la representación mediante Polígonos de Voronoi¹ de las superficies de los depósitos de jales susceptibles de beneficio.

II.4. Cuantificación del Volumen de Jal Susceptible de Beneficio.

Se realizó el levantamiento topográfico de detalle de los depósitos de jales con el propósito de cuantificar el volumen de material susceptible de beneficio localizado en la zona sur del depósito de jales Chicos y en las dos áreas ubicadas en las porciones noroeste y suroeste del depósito de jal Grande.

¹ Los polígonos de Voronoi es un método estadístico de interpolación geométrica basado en la distancia euclidiana, éstos son formados al unir diferentes puntos entre sí y trazar las mediatrices de los segmento de unión. Lo anterior permite estudiar el comportamiento geoestadístico de una variable en una zona mediante la construcción geométrica de una serie de polígonos en un espacio bidimensional a través de la proyección de mediatrices sobre un conjunto de puntos de muestreo, de esta forma, el perímetro generado es equidistante a las distancias de los puntos vecinos y esto determina el área de influencia. A cada uno de estos polígonos se le asigna el valor de una variable, por ejemplo, el valor de la suma de concentraciones de Zn y Pb.



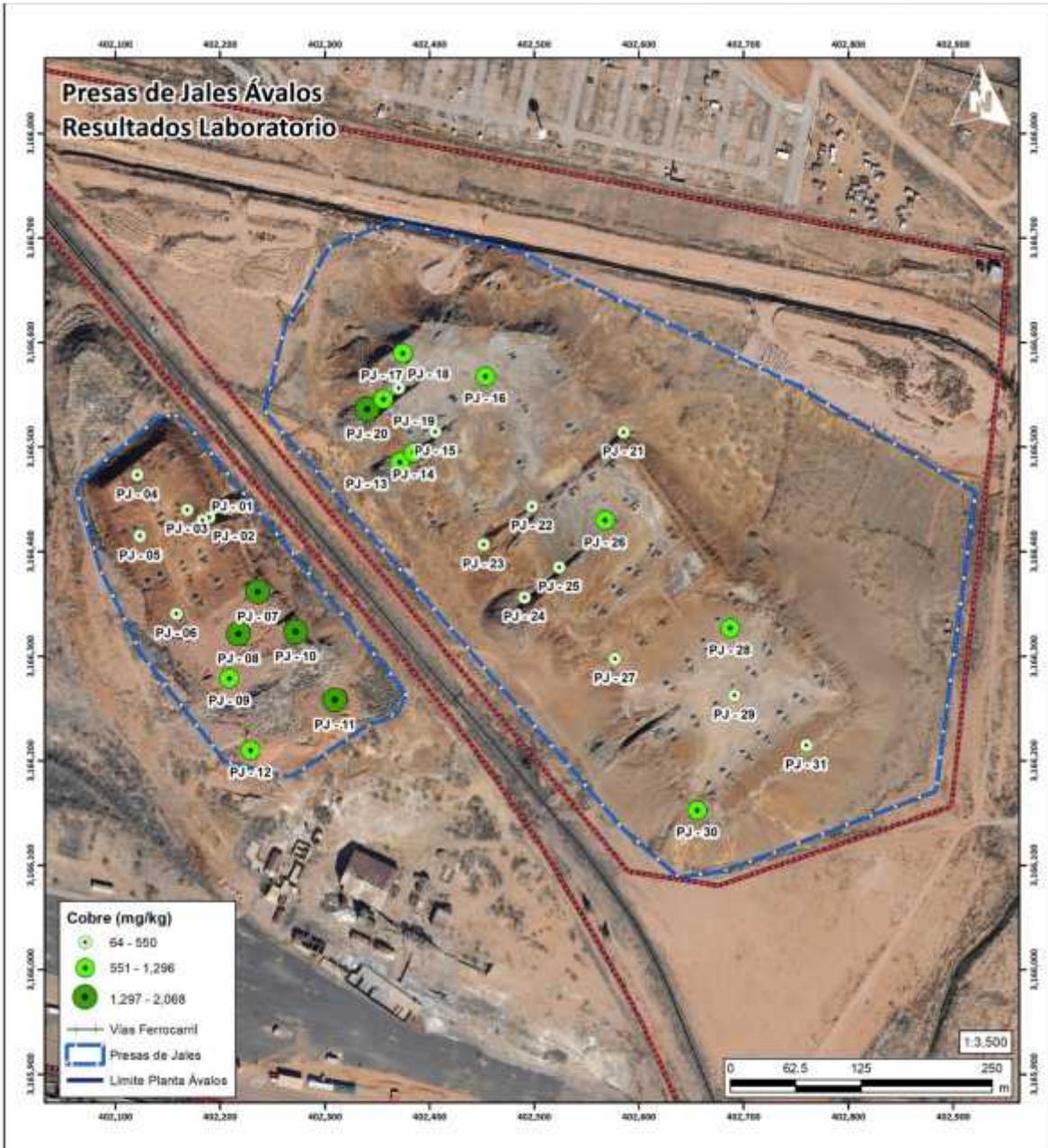
Caracterización de Metales de Interés Comercial en Jales Mineros.

Figura 2



Distribución de las Concentraciones de Plata en los Depósitos de Jales.





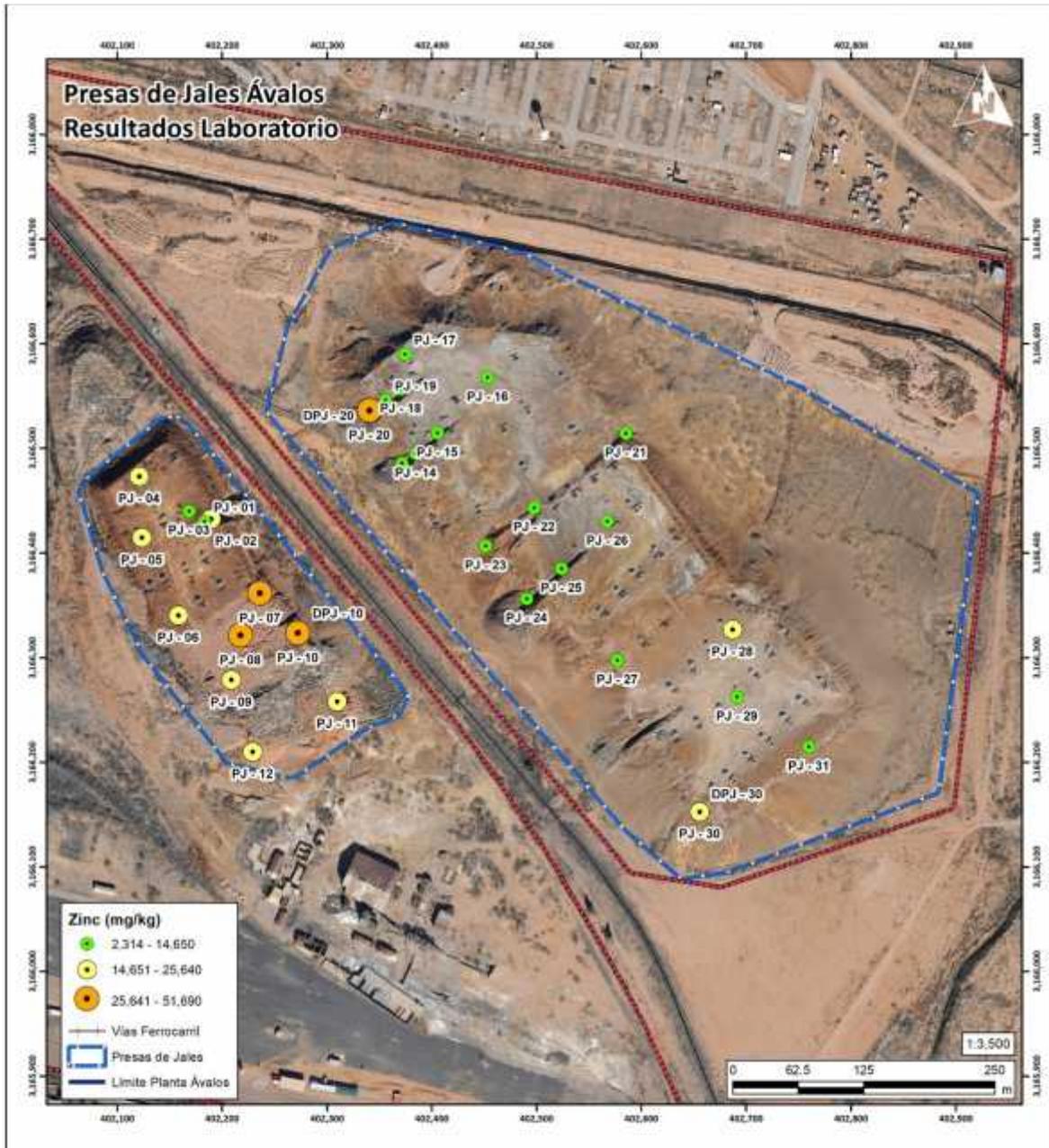
Caracterización de Metales de Interés Comercial en Jales Mineros.

Figura 3



Distribución de las Concentraciones de Cobre en los Depósitos de Jales..





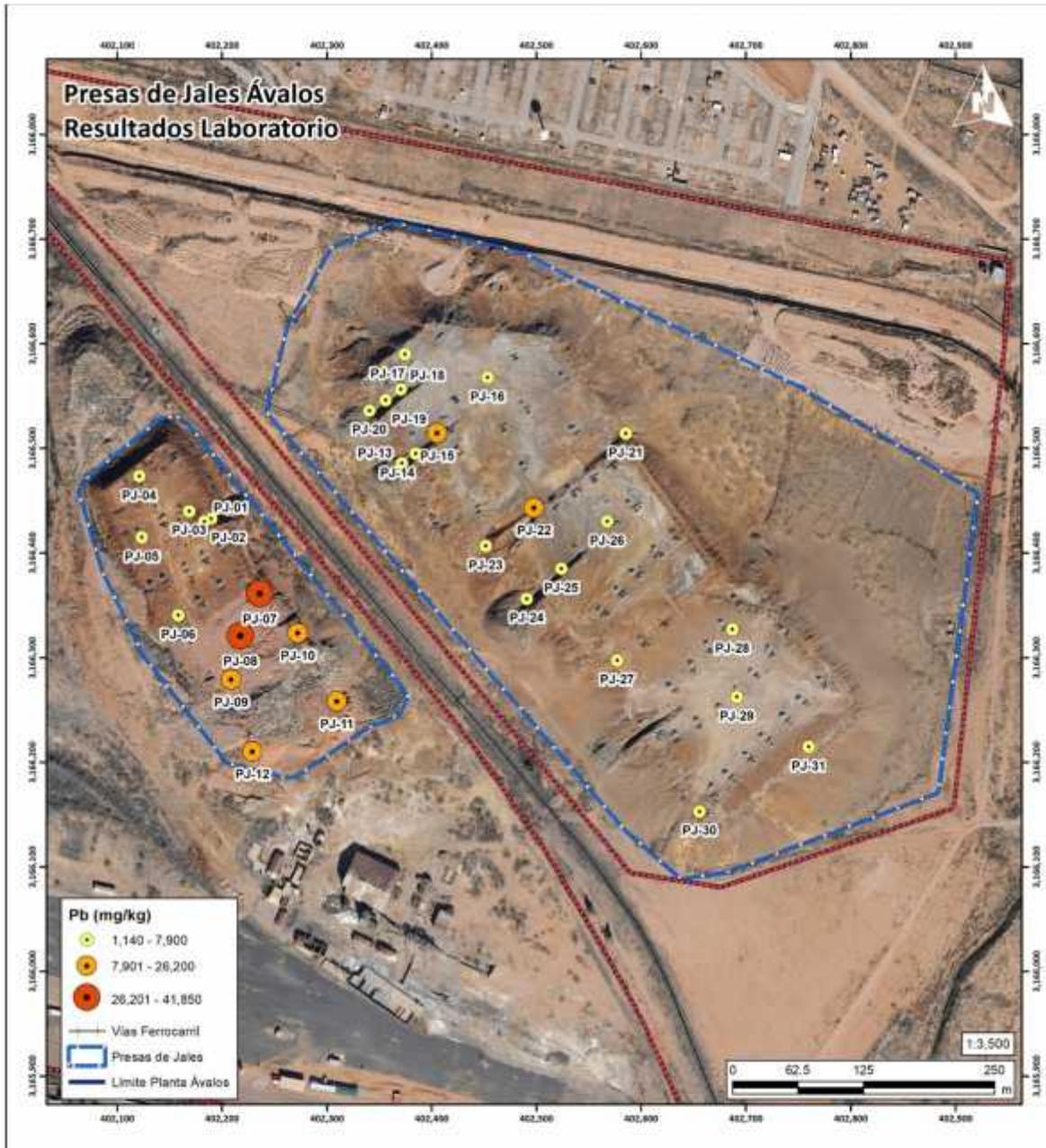
Caracterización de Metales de Interés Comercial en Jales Mineros.

Figura 4



Distribución de las Concentraciones de Zinc en los Depósitos de Jales.





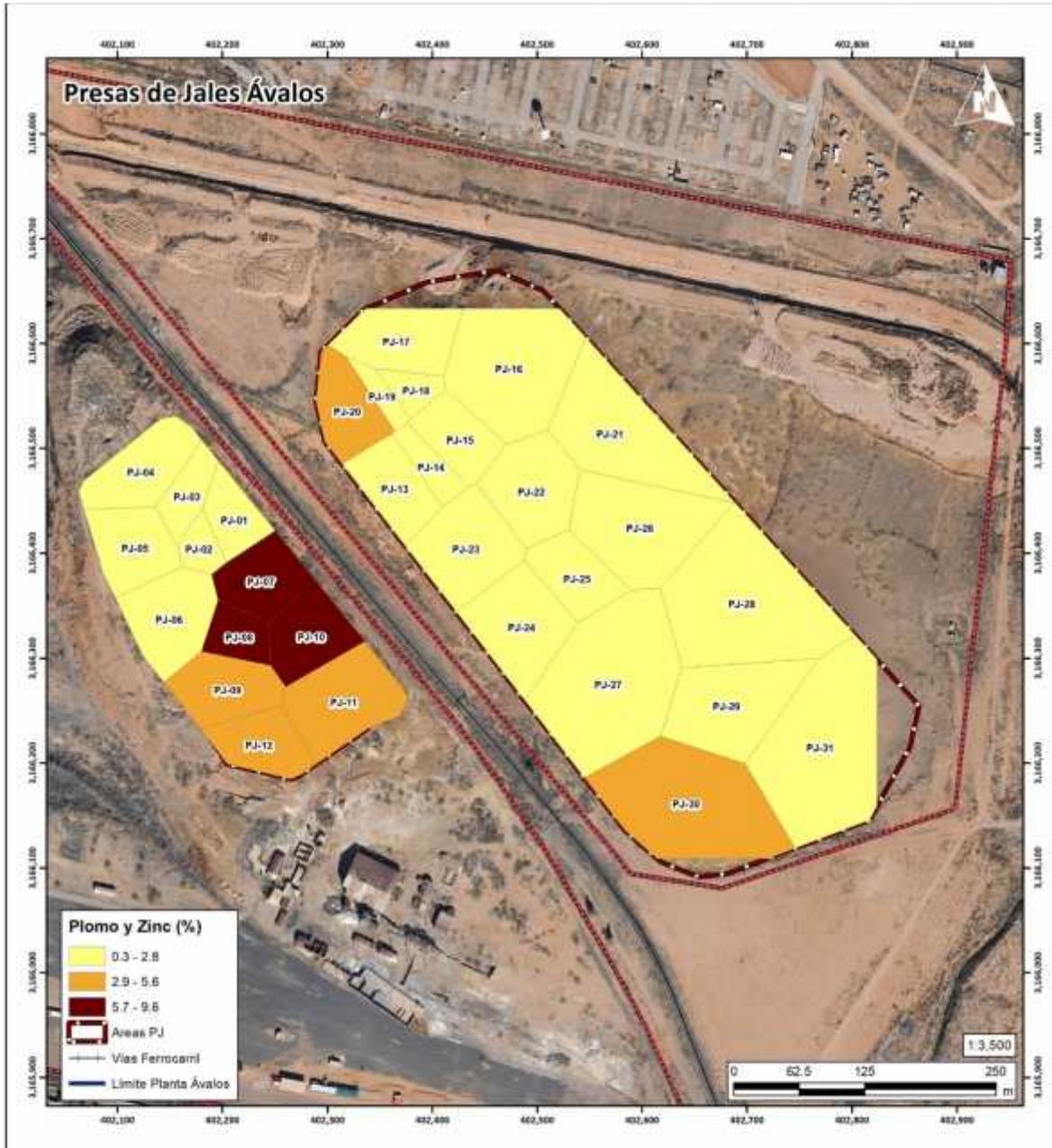
Caracterización de Metales de Interés Comercial en Jales Mineros.

Figura 5



Distribución de las Concentraciones de Plomo en los Depósitos de Jales.





Caracterización de Metales de Interés Comercial en Jales Mineros.

Figura 6



Zona y Áreas de Jales Susceptibles de Beneficio.



En el **panel F del Plano PL-02, los Planos PL-03 y PL-04; Anexo 3.1** contienen las representaciones gráficas de las secciones y perfiles topográficos de las áreas que presentaron mayores valores de Pb-Zn. De acuerdo con el contenido de la siguiente tabla, **el volumen total de jal susceptible de beneficio es de 342,934 m³.**

Tabla 4. Volúmenes de Jal Susceptible de Beneficio.

No	Zona / área	Volumen (m ³).
1	Zona sur del depósito de jales Chicos	209,656
2	Área noroeste del depósito de jales Grande	27,303
3	Área suroeste del depósito de jales Grande	105,975
Total		342,934

III. PROGRAMA CALENDARIZADO DE ACTIVIDADES MODIFICADO.

La siguiente tabla contiene el Programa de Actividades modificado. Se incluyeron las actividades relacionadas con el beneficio de los jales mineros en cada una de las cinco etapas. **Es importante mencionar que se utilizó el formato del Programa Calendarizado contenido en la Tabla 41 del Considerando XXXIV del Oficio No.DGGIMAR.710/0006254.**

Tabla 5. Programa Calendarizado de Actividades Modificado.

Etapa de trabajo	Duración en (días)	Duración en (semanas)	Duración en (años)
ETAPA 1	461	65.86	1.27
Cortes, cargas y acarreos	125		
Beneficio de jal minero	336		
Proceso Constructivo de la Celda de Estabilización No. 1	337		
Cubiertas de suelo limpio	36		
ETAPA 2	325	46	0.89
Conformación y cobertura de Jal Grande	230		
Beneficio de jal minero	325		
ETAPA 3	527	75	1.45
Construcción del Depósito de Escorias Negras Vitrificadas	220		

Cubiertas de suelo limpio	80		
Conformación del Depósito de Escoria	197		
Beneficio de jal minero	527		
Proceso Constructivo de la Celda de Estabilización No. 2	286		
Cubiertas de suelo limpio	80		
ETAPA 4	730	104	2.01
Beneficio de jal minero	730		
Proceso Constructivo de la Celda de Estabilización No. 3	170		
Cubiertas de suelo limpio	405		
ESTAPA 5	360	51	0.99
Beneficio de jal minero	265		
Proceso Constructivo de la Celda de Estabilización No. 4	160		
Cubiertas de suelo limpio	50		
Conformación y cobertura de Jal Chico	95		
TOTAL	2403	343	6.60