Remoción de F del concentrado de Zn de Mina Cerro Los Gatos mediante lixiviación ácida

Presenta: Ing. Antonio Jorge Daniel Gallegos Silahua

Contenido

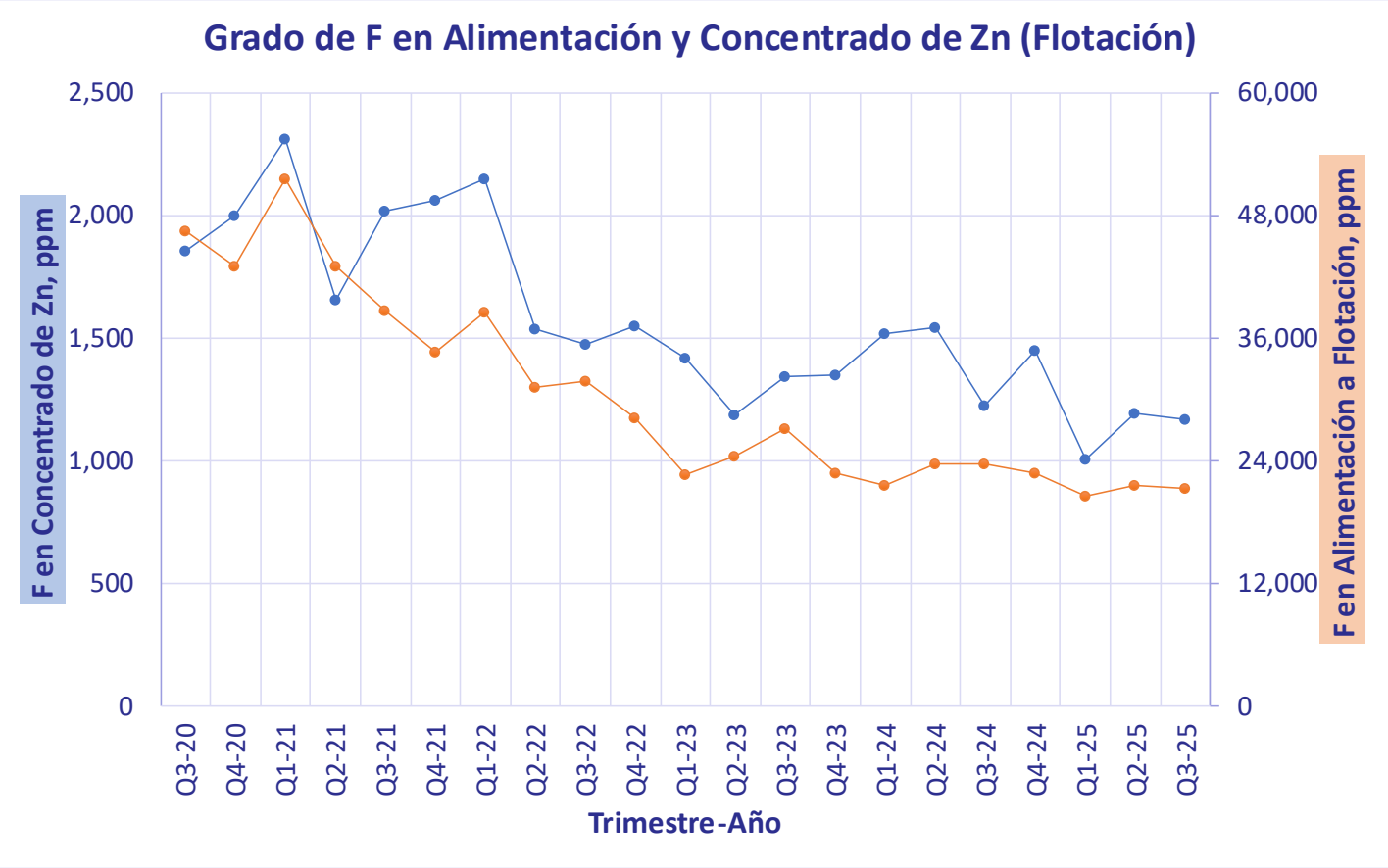
1. Cerro Los Gatos y el F en concentrado de Zn
2. Estudios mineralógicos
3. Pruebas de laboratorio y planta piloto
4. Escalamiento a nivel industrial
5. Resultados

Mina Cerro Los Gatos

- **Ubicación:** Satevó, Chihuahua, México
- **Propiedad:** 70% First Majestic y 30% Dowa Metals & Mining.
- **Proceso:** Mina subterránea, flotación de sulfuros de Pb y Zn con valores de Ag y Au.
- **Inicio de producción:** 2019
- **Tonelaje:** Inicio 2,500 tpd, actualmente 3,500 tpd

- **Producción del 2024:**
  - 9.7M Oz Ag
  - 69.7M Lb Zn
  - 46.4M Lb Pb
  - 5.5k Oz Au

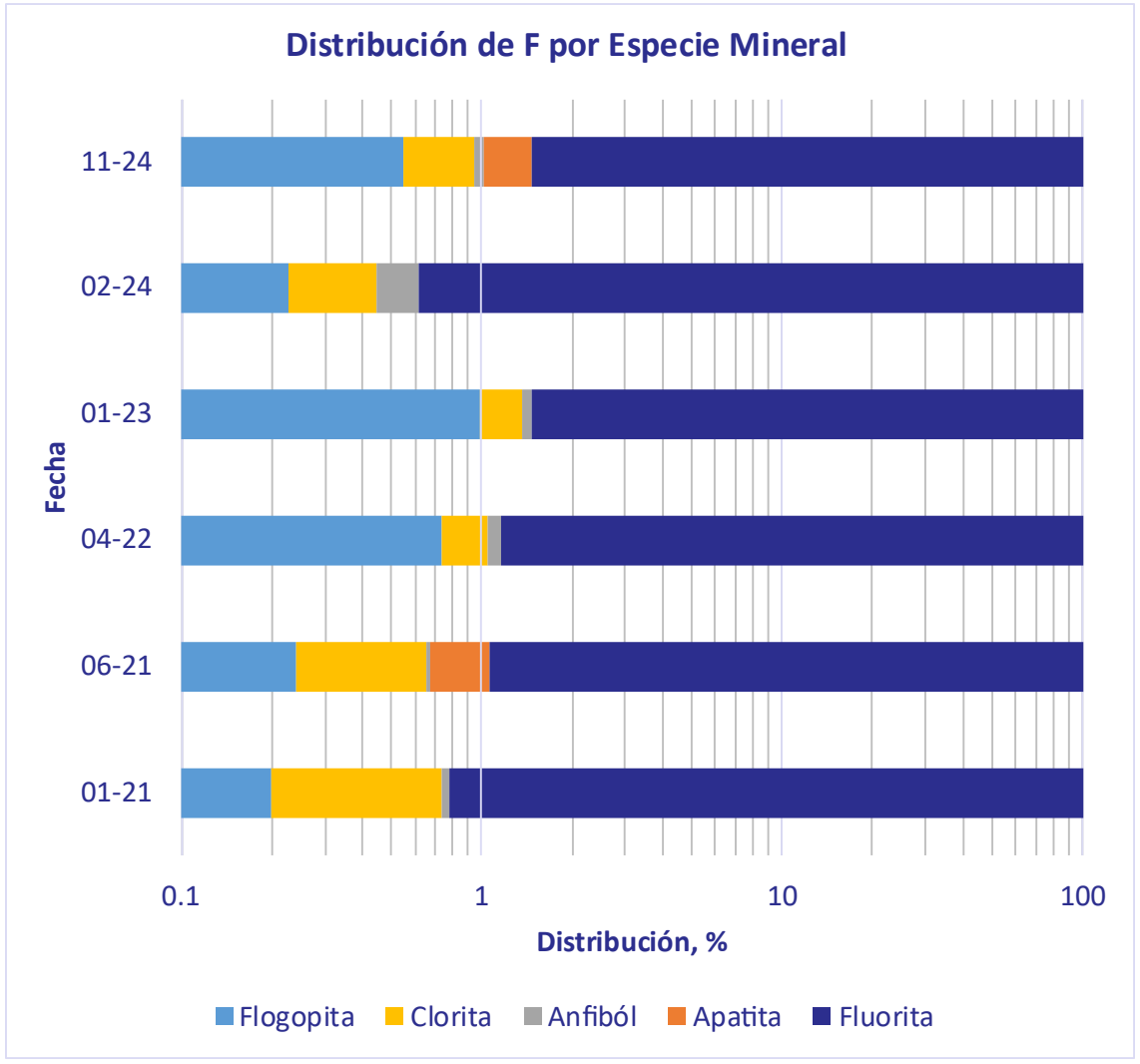
F en Concentrado de Zn



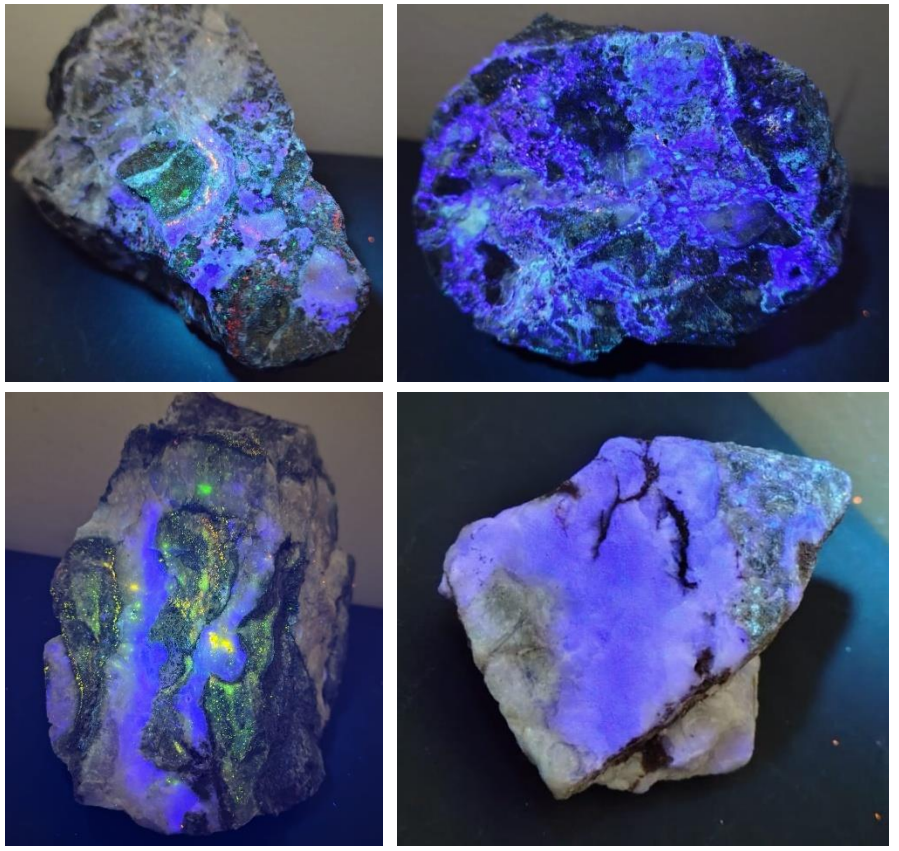
- **Requerimiento del cliente:** 500 ppm máximo.
- **Problemática en refinación:**
  - Incremento en corrosión.
  - Medidas ambientales.
  - Disminución de ingreso por venta de subproductos.
- **Imposición de penalización económica**
- **Arranque de operación:** +40,000 ppm de F en alimentación a proceso.
- **Inicio de evaluación de alternativas:**

  2020

Mineralogía del F

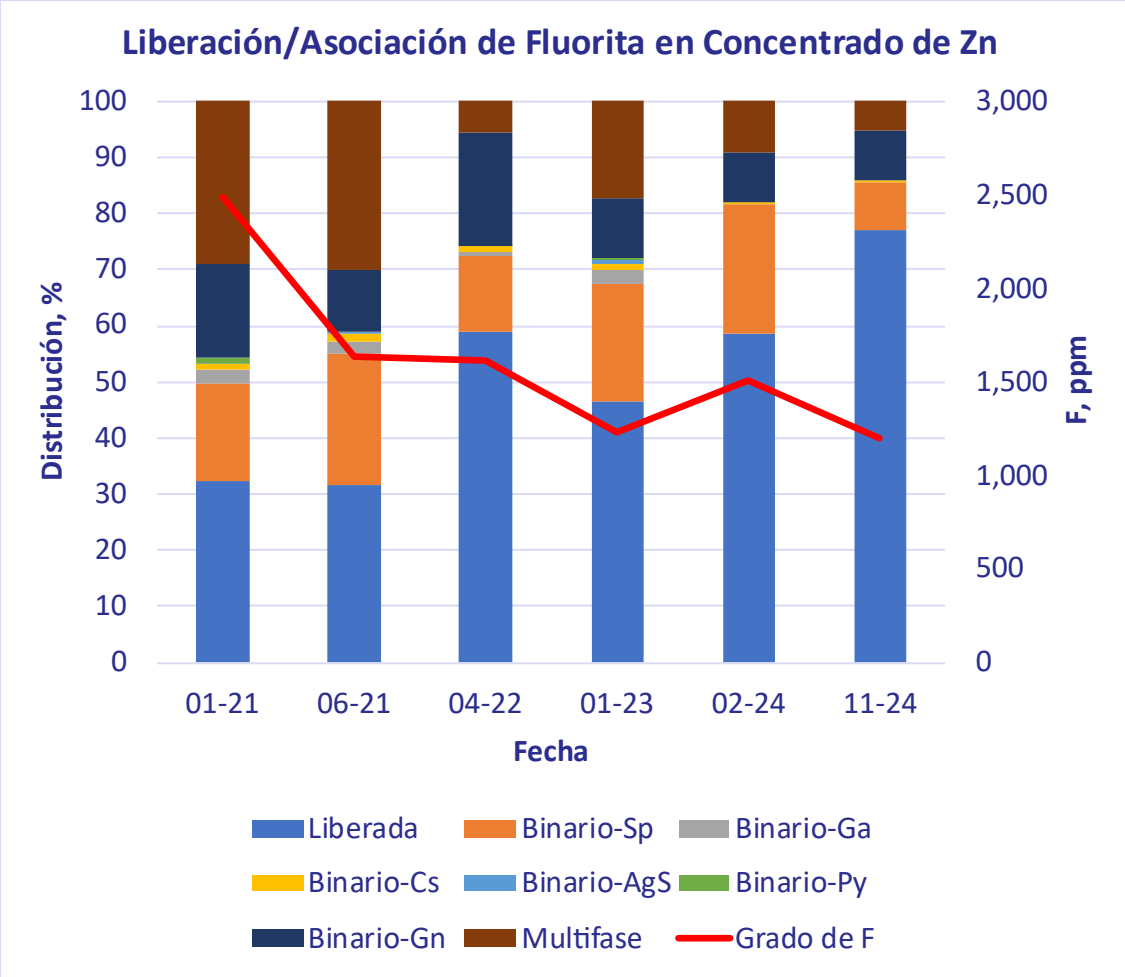


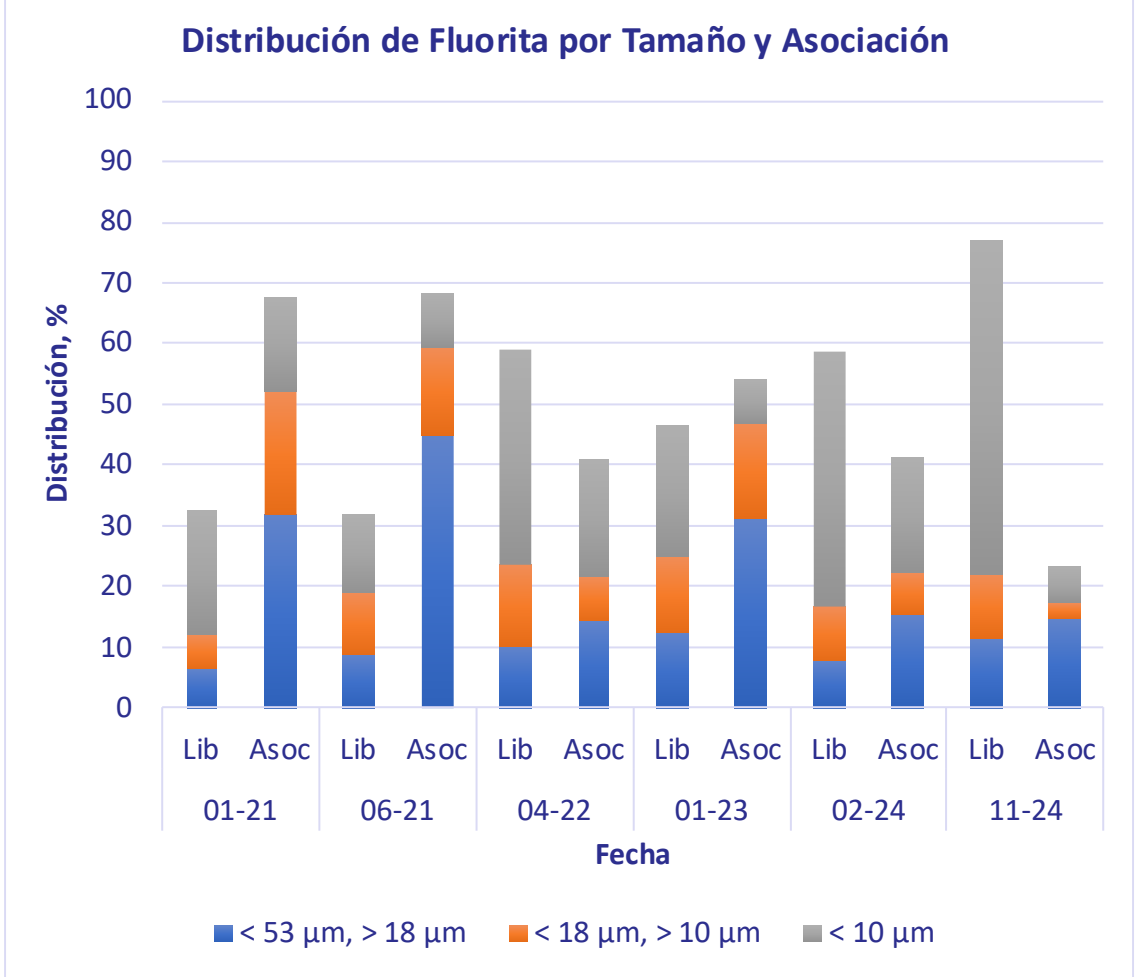
- Presencia de F predominantemente por fluorita (CaF_2).



Asociación de Fluorita en Concentrado de Zn

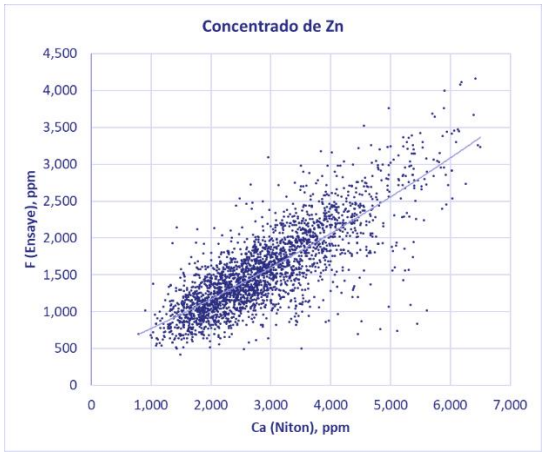
- Disminución gradual de F en concentrado de Zn, mayor presencia de partículas liberadas de F.
- Actualmente fluorita en concentrado predominantemente libre y en tamaños menores a 10 µm.

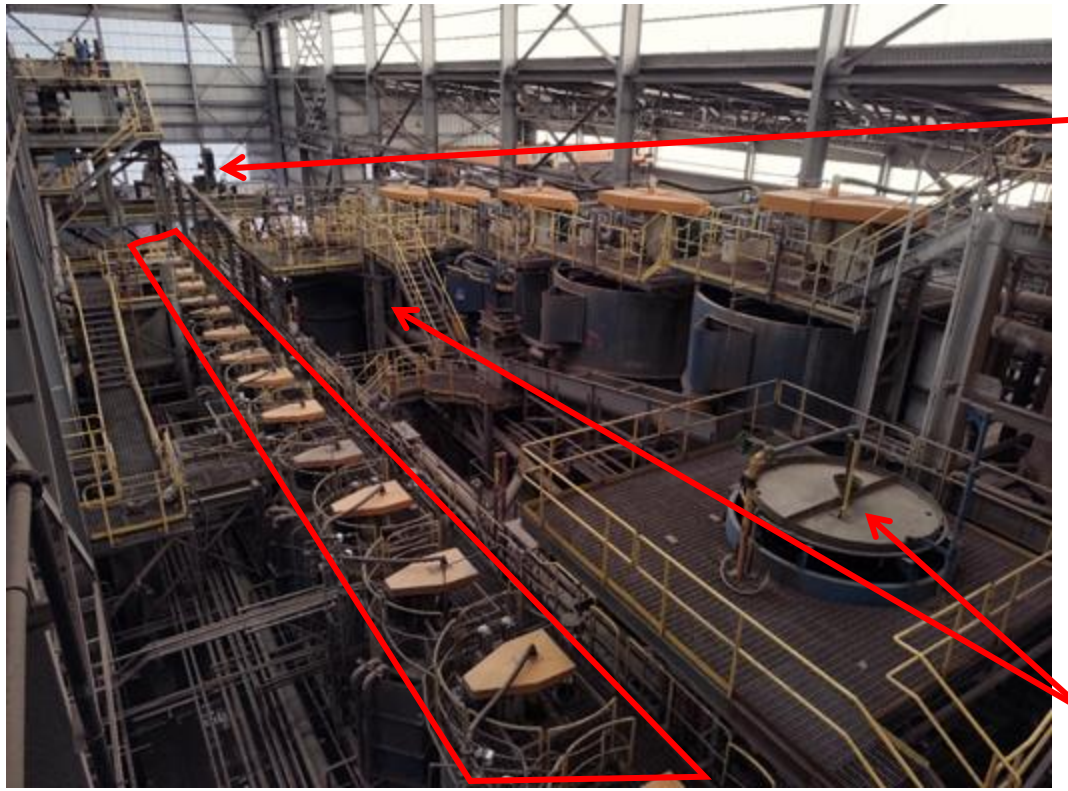




Antecedentes

- **Arranque:**
  - Remolienda del concentrado primario previo al circuito de limpias.
- **2020:**
  - Modificación del circuito de limpias: De 5 etapas y un agotativo pasa a 6 limpias.
  - Evaluación en laboratorio de depresión de fluorita.
  - Introducción de 2 celdas columna.
  - **Pruebas de lixiviación de fluorita.**
  - Uso de analizador XRF para control operativo.
- **2021:**
  - Independencia de circuitos de limpias.

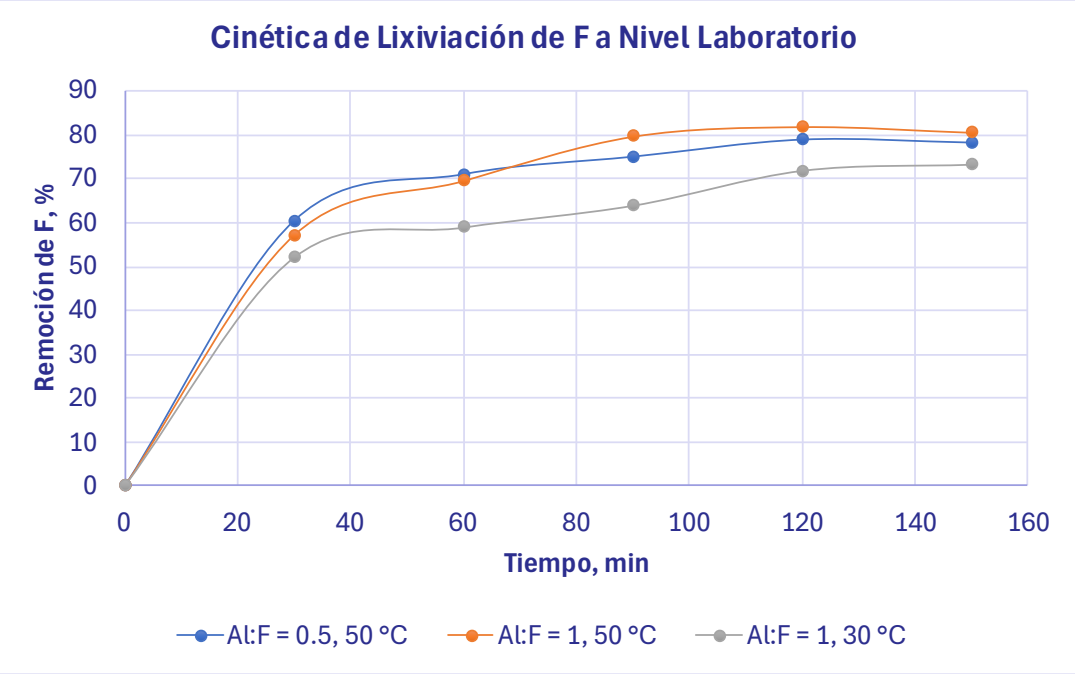




Pruebas de laboratorio

Lixiviación de F:

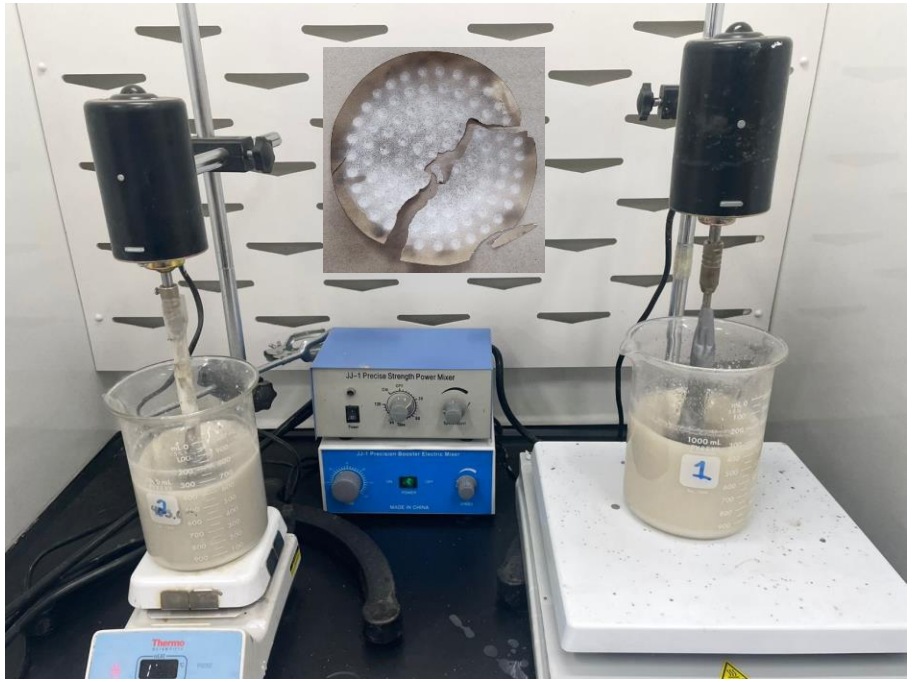
$$CaF_2 + 2Al^{3+} + SO_4{}^{2-} \rightleftharpoons CaSO_4 + 2AlF^{2+}\ (1)$$



- **Reactivos:** H_2SO_4 y $Al_2(SO_4)_3$
- **Tiempo:** 120 min
- **Relación Sólido/Líquido:** 50%
- **Temperatura:** 50°C
- **Relación molar Al/F:** 0.5 (1,500 ppm) a 1.0 (2,500 ppm)
- **pH:** 2

Generación de sulfato de aluminio:

$$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 + nH_2O \longrightarrow Al_2\ (SO_4)_3 + (n+3)H_2O\ (2)$$



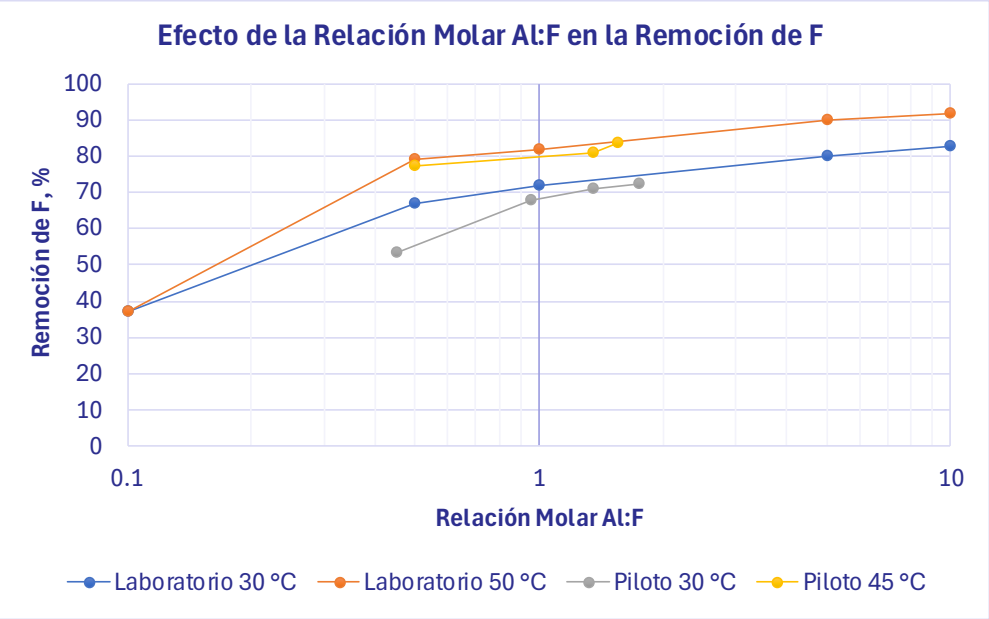
- **Reactivos:** H_2O, H_2SO_4 y Al_2O_3
- **Tiempo:** 90 min
- **Temperatura:** 90 °C
- **pH:** 0

La generación del reactivo en sitio en lugar de usar el comercial representó un ahorro del 75% del costo del reactivo.

1) Torrisi, C. (2001). Leaching of flourine bearing minerals from lead and zinc concentrates. *Minerals Engineering*.

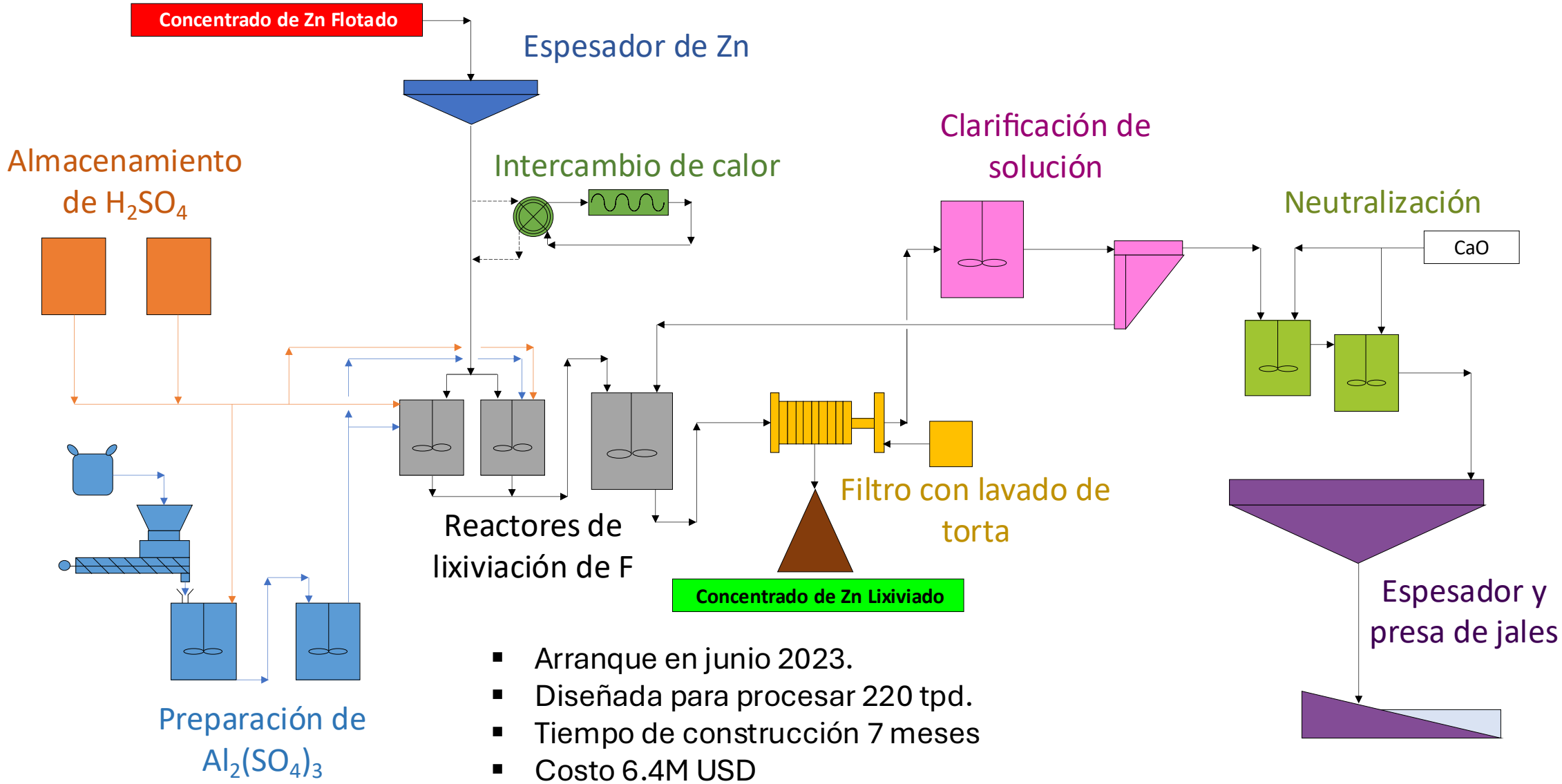
2) Huckabay, D. (1979). Aluminium Sulfate Manufacturing Process. US4160815A

Pruebas Piloto



- **Circuito en serie:**
  - Diseñado para 300 kg/h a 50% de sólidos
  - Calentamiento de pulpa de 30 a 50 °C.
  - Dificultad para mantener sólido estable y dosificación de reactivo.
  - Resultados variables.
- **Operación por lote:**
  - Mejor estimación de dosificación de $Al_2(SO_4)_3$.
  - Reducción de tamaño de instalación.
  - Resultados consistentes.

Diagrama de flujo



- Arranque en junio 2023.
- Diseñada para procesar 220 tpd.
- Tiempo de construcción 7 meses
- Costo 6.4M USD

Planta de lixiviación de concentrado de Zn

Reactor de lixiviación de F

Intercambiador de calor

Preparación de $Al_2(SO_4)_3$

Filtro prensa con lavado de torta

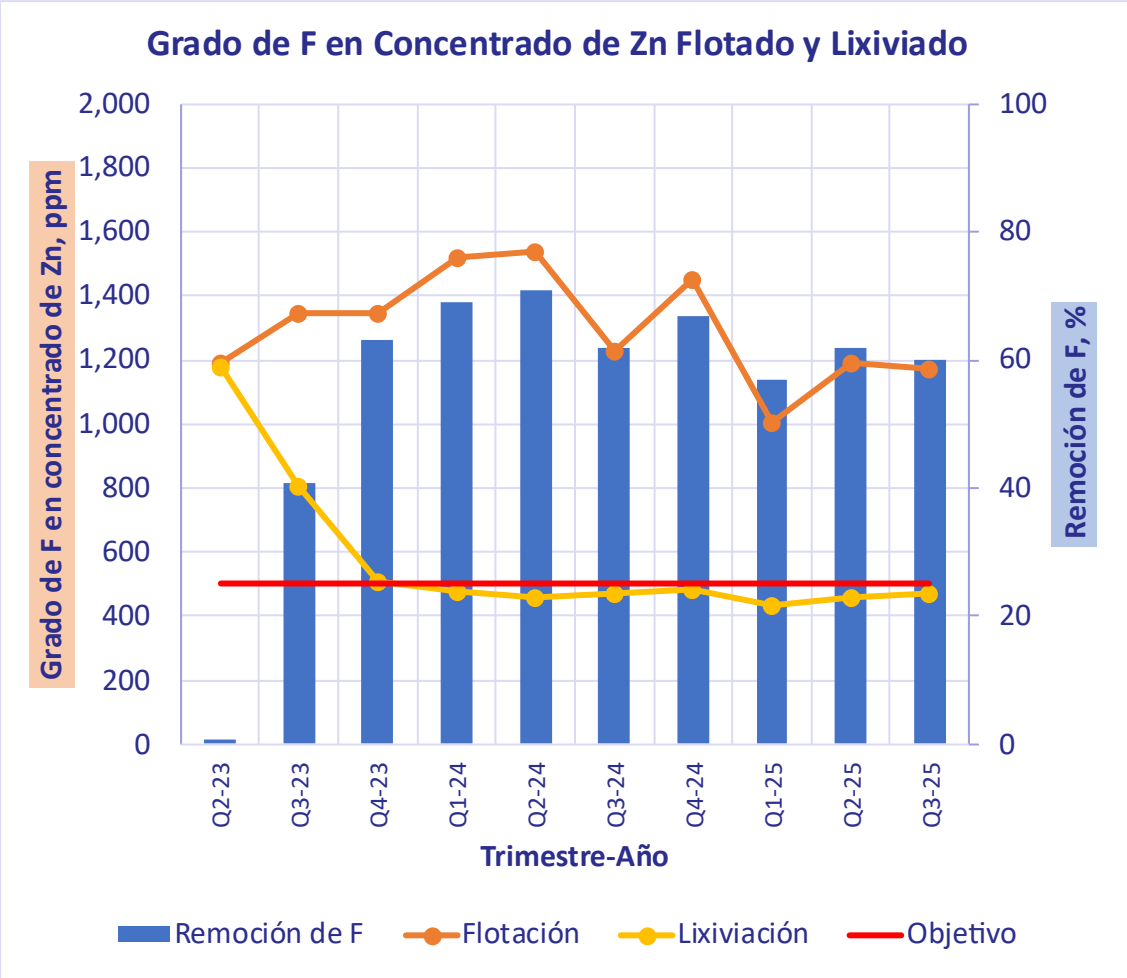
Almacenamiento de H_2SO_4

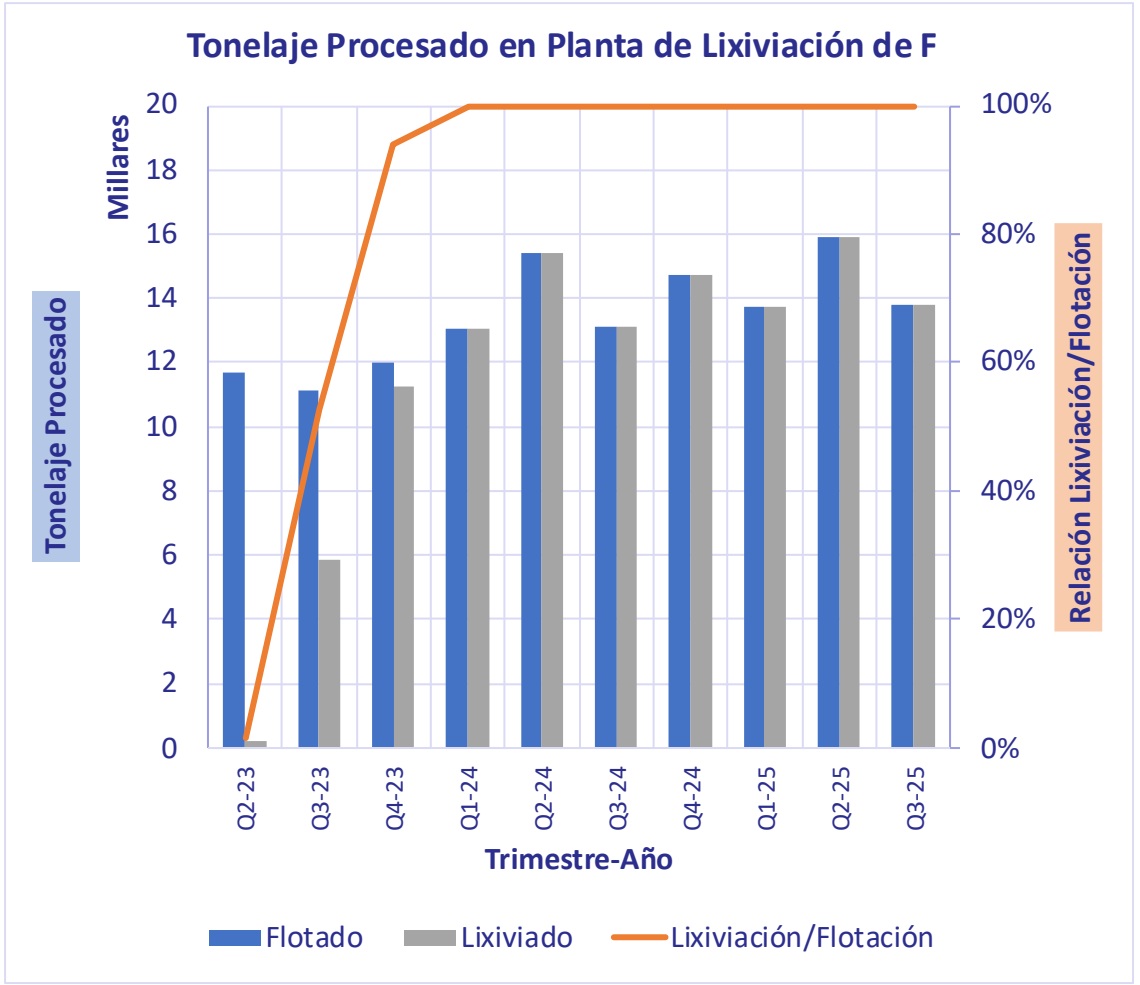
Clarificador

Tanque de neutralización

Remoción de F

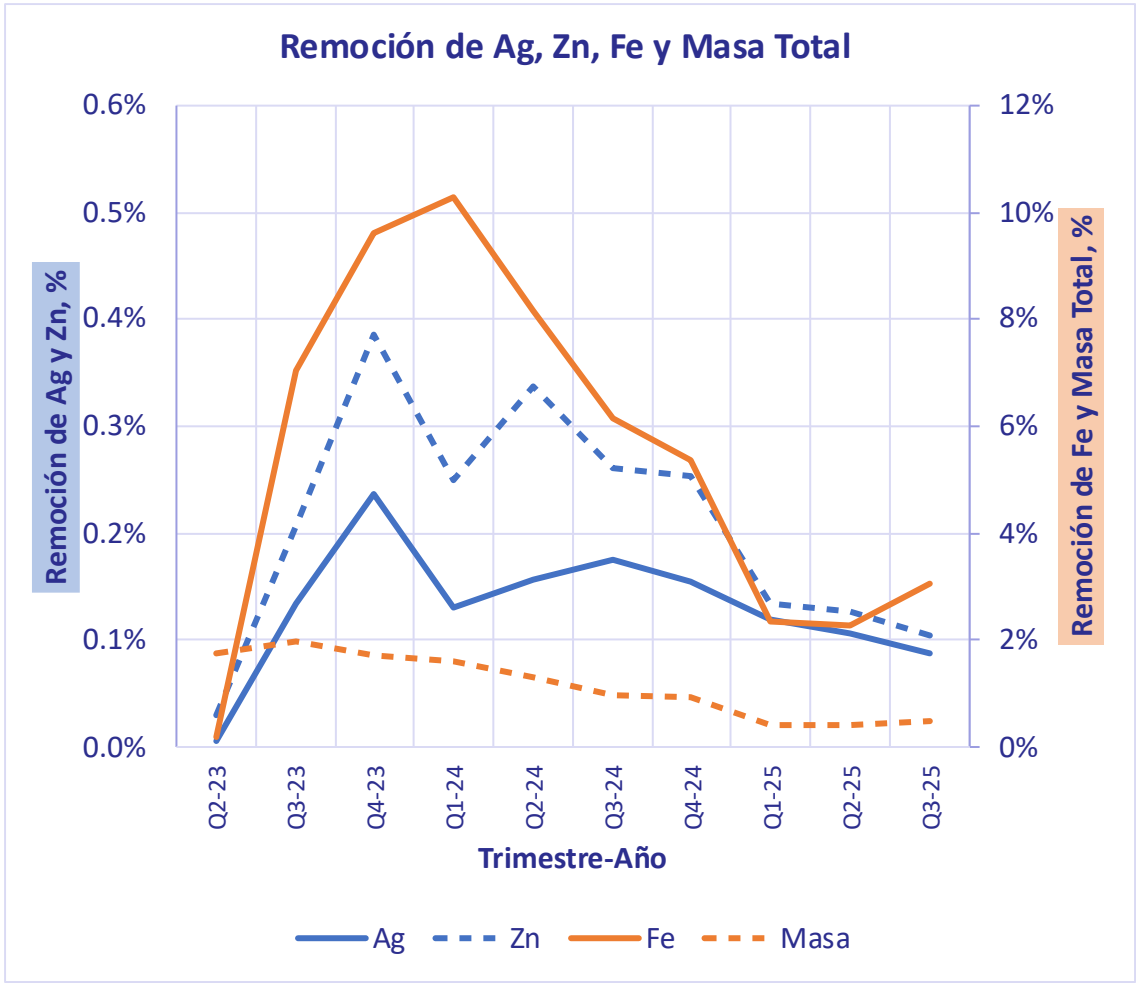
- A partir de noviembre 2023 se lixivia el 100% del concentrado.
- Grado de F por debajo de 500 ppm desde entonces.

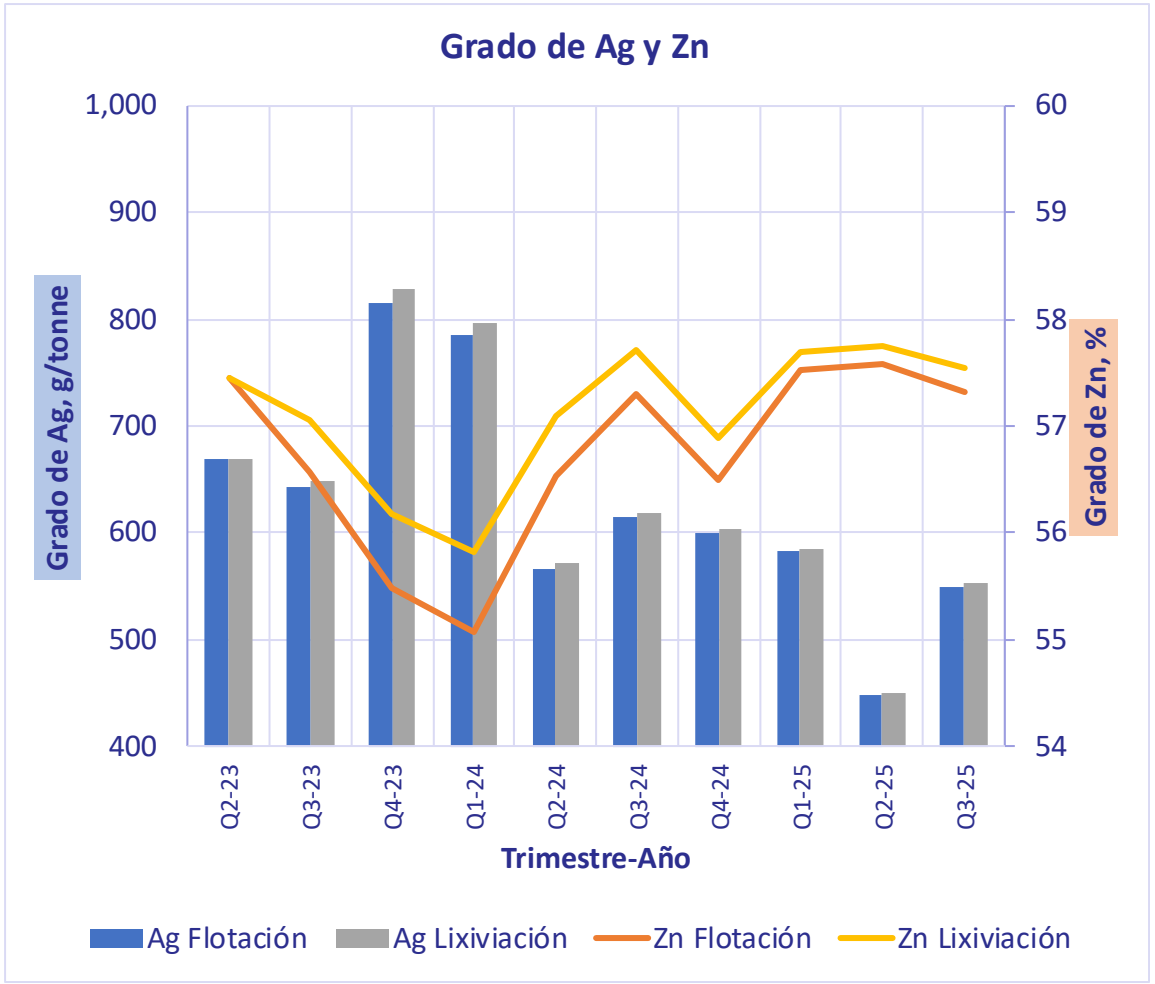




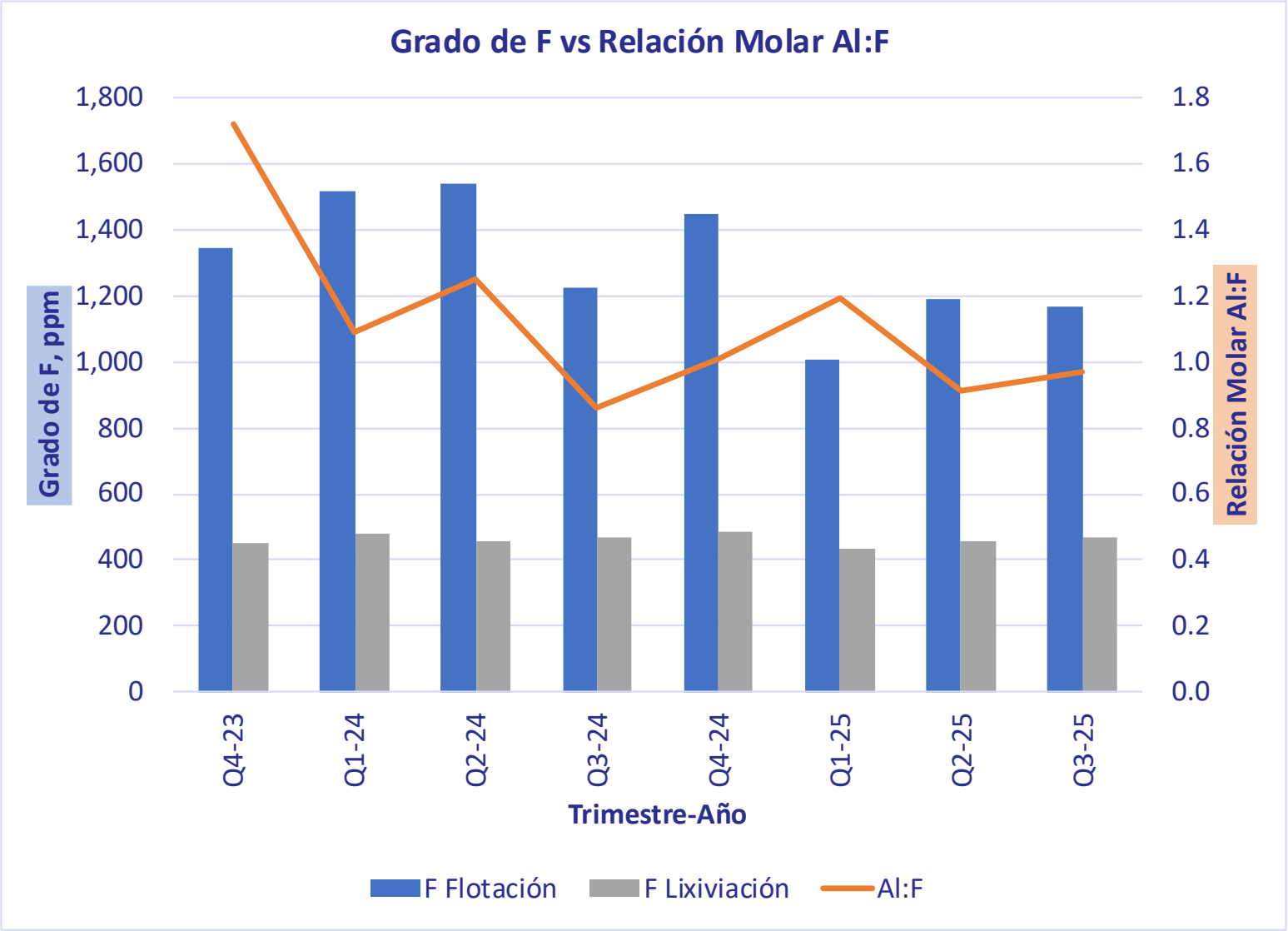
Remoción de Ag, Zn, Fe y Masa Total

- Perdidas de 0.2% Ag y Zn después de la lixiviación, incrementando el grado en 0.75% Ag y 0.68% Zn.
- Remoción de masa principalmente debido a lixiviación de Fe.





Condiciones operativas actuales



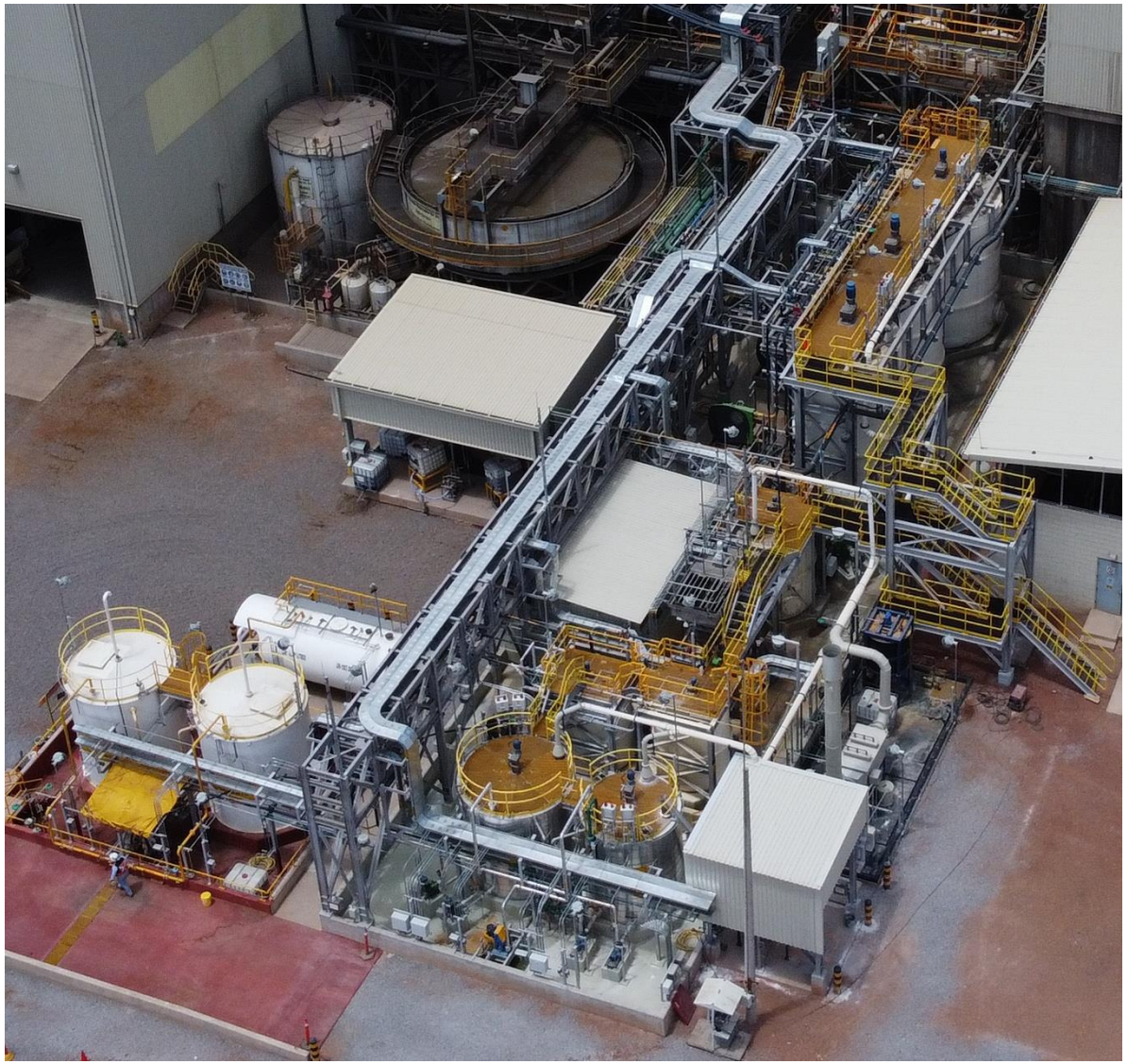
Condiciones de operación actuales:

- **Grado de alimentación**
  1,300 ppm de F
- **Relación Al:F**
  ~1.1
- **Temperatura de lixiviación**
  31.4 °C
- **Remoción de F**
  64.9%
- **Grado final de F**
  463 ppm

Conclusiones y trabajo a futuro

- El proceso de lixiviación cumplió con el objetivo de reducir el contenido de F a 500 ppm en el concentrado de Zn.

- Existen áreas de oportunidad para reducir los costos operativos.



Agradecimientos

Al comité de la XXXVI Convención Internacional de Minería Acapulco 2025 por permitirnos participar en la difusión del proyecto.

Al personal de Mina Cerro Los Gatos que colaboró en el desarrollo de este proyecto, y en especial a los compañeros de Planta de Proceso por su apoyo y participación. Sin ustedes, esto no habría sido posible.

En memoria al Ing. Enrique Contreras. Tu recuerdo nos inspira a ser siempre mejores

FIRST MAJESTIC
SILVER CORP.