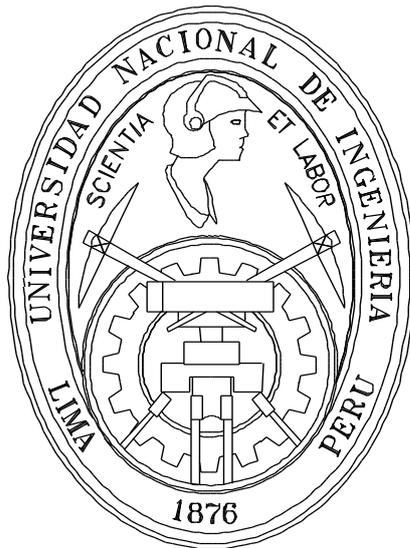


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA,  
MINERA Y METALÚRGICA**



**“EVALUACIÓN DE CIRCUITOS PARA TRATAMIENTO  
DE MINERALES TRANSICIONAL Y OXIDADO  
EN SHOUGANG HIERRO PERU”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO METALURGISTA**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS**

**PRESENTADO POR :**

**NILTON MAX CÓRDOVA MONTES**

**LIMA – PERU**

**2005**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**“EVALUACIÓN DE CIRCUITOS PARA TRATAMIENTO DE MINERALES  
TRANSICIONAL Y OXIDADO EN SHOUGANG HIERRO PERU”**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO METALURGISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN  
INGENIERÍA METALÚRGICA**

**NILTON MAX CÓRDOVA MONTES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**LIMA – PERU**

**2005**

## **DEDICATORIA**

**A Valeria**, mi adorada y amada hija, por ella va este esfuerzo y por la que daría la vida entera.

**A Patricia**, mi eterna compañera y amada esposa, quién con su paciencia y comprensión hicieron posible la realización de este trabajo.

**A mis Padres**, gracias a su gran esfuerzo, apoyo y comprensión para hacer de mí un hombre de bien.

**A mis hermanos**, por su invaluable apoyo, cariño y comprensión.

**A la Universidad Nacional de Ingeniería**, por brindarme todos los conocimientos adquiridos y hacer de mí un buen profesional.

**A mis Profesores**, por su incondicional apoyo y por la buena calidad de los conocimientos entregados.

**A mis compañeros**, por inolvidables momentos y sacrificios, que nos llevaron a ser unos buenos profesionales.

## SUMARIO

Este informe presenta en forma secuencial todo el proceso de evaluación de circuitos a nivel industrial que se llevó a cabo para lograr el beneficio de mineral transicional y oxidado en Shougang Hierro Perú S.A.A. La evaluación de los diferentes circuitos de tratamiento se dio en dos etapas:

La primera etapa comprende la evaluación de tres circuitos, cada circuito con sus resultados obtenidos sirvieron para modificar y poder obtener un nuevo circuito de tratamiento del mineral transicional y oxidado a evaluar, en esta primera parte se muestran todos los resultados obtenidos y se comparan para determinar que circuito es el que se adecua a los requerimientos de operación y beneficio que requieren estos tipos de minerales no-magnéticos a tratar.

En la segunda etapa se da la implementación de un equipo de alta eficiencia magnética para el tratamiento de los minerales transicional y oxidado, en esta etapa se evalúan dos circuitos para que trabajen con este nuevo equipo (cabe mencionar que estos circuitos son modificaciones del circuito establecido en la primera etapa, el cual ya venía trabajando a nivel industrial) de los cuales se obtuvo un circuito final con lo cual se garantizó que el tratamiento del mineral transicional y oxidado sea en forma en continua en la planta.

Finalmente se presentan los resultados obtenidos de toda esta evaluación y las conclusiones finales más relevantes de este informe.

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	<b>3</b>
<b>OPERACIONES EN SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.</b>	
<b>1.1 Geología</b>	<b>6</b>
<b>1.1.1 Cuerpos Mineralizados</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2 Tipos de Minerales Primarios</b>	<b>9</b>
<b>1.1.3 Clasificación de Minerales Primarios</b>	<b>10</b>
<b>1.2 Descripción General del Proceso Productivo</b>	<b>11</b>
<b>1.2.1 Operaciones Mina</b>	<b>11</b>
<b>1.2.2 Plantas de Beneficio</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Descripción de las Operaciones en las Plantas de beneficio</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1 Planta de Chancado</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2 Planta de Separación Magnética</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2.1 Circuito de Producción de Sinter Especial</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2.2 Circuito de Producción de Torta para Exportación</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2.3 Circuito de Producción de Filter Cake para Peletización</b>	<b>22</b>
<b>1.3.3 Planta Filtros</b>	<b>25</b>
<b>1.3.4 Planta de Peletización</b>	<b>30</b>
<b>1.3.5 Transferencia y Embarque</b>	<b>34</b>

<b>CAPITULO II</b>	<b>42</b>
<b>PRIMERA ETAPA: EVALUACION DE 3 CIRCUITOS PARA EL TRATAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL Y OXIDADO</b>	
<b>2.1 Antecedentes</b>	<b>42</b>
<b>2.2 Primer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	<b>43</b>
<b>2.2.1 Descripción del Circuito</b>	<b>44</b>
<b>2.2.2 Análisis del Circuito</b>	<b>44</b>
<b>2.2.3 Prueba de Retratamiento de colas no magnéticas de Separador Magnético Cobber por medio de doble cicloneo</b>	<b>47</b>
<b>2.2.4 Conclusiones</b>	<b>48</b>
<b>2.3 Segundo Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	<b>54</b>
<b>2.3.1 Descripción del Circuito</b>	<b>54</b>
<b>2.3.2 Análisis del Circuito</b>	<b>55</b>
<b>2.3.3 Conclusiones</b>	<b>58</b>
<b>2.4 Tercer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	<b>70</b>
<b>2.4.1 Antecedentes</b>	<b>70</b>
<b>2.4.2 Primera etapa utilizando Separadores Magnéticos Finisher</b>	<b>70</b>
<b>2.4.2.1 Descripción del Circuito</b>	<b>70</b>
<b>2.4.2.2 Análisis del Circuito</b>	<b>71</b>
<b>2.4.3 Segunda etapa utilizando Separadores Magnéticos Cobbers</b>	<b>74</b>
<b>2.4.3.1 Descripción del Circuito</b>	<b>74</b>
<b>2.4.3.2 Análisis del Circuito</b>	<b>75</b>
<b>2.4.4 Conclusiones</b>	<b>77</b>

<b>CAPITULO III</b>	<b>85</b>
<b>SEGUNDA ETAPA: EVALUACION DE 2 CIRCUITOS PARA EL TRATAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL Y OXIDADO</b>	
<b>3.1 Antecedentes</b>	<b>85</b>
<b>3.2 Circuito de Mineral Oxidado con Separador Magnético de Alta Intensidad</b>	<b>86</b>
<b>3.2.1 Antecedentes</b>	<b>86</b>
<b>3.2.2 Separador Magnético Slon 1750</b>	<b>87</b>
<b>3.2.2.1 Partes y principio de operación</b>	<b>87</b>
<b>3.2.3 Primer Circuito para el tratamiento de mineral oxidado con Separador Magnético Slon</b>	<b>91</b>
<b>3.2.3.1 Descripción del Primer Circuito</b>	<b>93</b>
<b>3.2.3.2 Análisis del Primer Circuito</b>	<b>94</b>
<b>3.2.3.3 Conclusiones</b>	<b>96</b>
<b>3.2.4 Segundo Circuito para el tratamiento de mineral Oxidado con Separador Magnético Slon</b>	<b>101</b>
<b>3.2.4.1 Antecedentes</b>	<b>101</b>
<b>3.2.4.2 Descripción del Segundo Circuito</b>	<b>102</b>
<b>3.2.4.3 Análisis del Segundo Circuito</b>	<b>103</b>
<b>3.2.4.4 Conclusiones</b>	<b>105</b>
<b>CAPITULO IV</b>	<b>108</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>112</b>
<b>5.1 Balances metalúrgicos del Primer Circuito de Beneficio de mineral transicional/oxidado.</b>	<b>113</b>
<b>5.2 Balances metalúrgicos del Segundo Circuito de Beneficio de mineral transicional/oxidado.</b>	<b>118</b>
<b>5.3 Balances metalúrgicos del Tercer Circuito de Beneficio de mineral transicional/oxidado.</b>	<b>123</b>
<b>5.4 Balances metalúrgicos del Primer Circuito de tratamiento de mineral oxidado con Separador Magnético SLON</b>	<b>128</b>
<b>5.5 Balances metalúrgicos del Segundo Circuito de tratamiento de mineral oxidado con Separador Magnético SLON.</b>	<b>132</b>

**INDICE DETABLAS**

<b>TABLA N° 1</b>	<b>48</b>
<b>Variación del material magnético y no magnético del concentrado final del mineral transicional</b>	
<b>TABLA N° 2</b>	<b>49</b>
<b>Comparación de resultados de un Circuito tradicional vs el Primer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>TABLA N° 3</b>	<b>52</b>
<b>Control horario del Conc. Final del 1er Circuito de Beneficio de Mineral T.O.</b>	
<b>TABLA N° 4</b>	<b>61</b>
<b>Cuadro comparativo de resultados del Primer y Segundo Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>TABLA N° 5</b>	<b>62</b>
<b>Control horario del concentrado final del Segundo Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>TABLA N° 6</b>	<b>64</b>
<b>Resultados comparativos entre un Circuito tradicional, Primer y Segundo Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>TABLA N° 7</b>	<b>80</b>
<b>Control horario del concentrado final del Tercer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>TABLA N° 8</b>	<b>81</b>
<b>Resultados comparativos entre Separadores Magnéticos Finisher y Cobber en el Tercer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	

<b>TABLA N° 9</b>	<b>98</b>
<b>Cuadro comparativo de la alimentación y O/F del Circuito Cerrado del Molino Bolas 206 en el Primer Circuito de Tratamiento de Mineral Oxidado</b>	
<b>TABLA N° 10</b>	<b>100</b>
<b>Resultados de el incremento de humedad en el concentrado filtrado y resultados de compresión de los pelets.</b>	
<b>TABLA N° 11</b>	<b>104</b>
<b>Resultados comparativos en el Equipo Slon antes y después de la remolienda de las colas del Separador Magnético Cobber</b>	
<b>TABLA N° 12</b>	<b>110</b>
<b>Cuadro comparativo de resultados del Primer, Segundo y Tercer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional de la primera etapa.</b>	

**INDICE DE GRAFICOS**

<b>GRAFICO N° 1</b>	<b>4</b>
<b>Ubicación del Complejo Metalúrgico Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	
<b>GRAFICO N° 2</b>	<b>8</b>
<b>Diagrama Columnar de la Geología en San Juan de Marcona</b>	
<b>GRAFICO N° 3</b>	<b>14</b>
<b>Diagrama de las operaciones en la Mina</b>	
<b>GRAFICO N° 4</b>	<b>18</b>
<b>Vista de la Planta de Concentración Magnética en Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	
<b>GRAFICO N° 5</b>	<b>21</b>
<b>Circuito de Molienda Gruesa en San Nicolás</b>	
<b>GRAFICO N° 6</b>	<b>24</b>
<b>Circuito de Molienda Fina en San Nicolás</b>	
<b>GRAFICO N° 7</b>	<b>28</b>
<b>Filtro de Discos al Vacío</b>	
<b>GRAFICO N° 8</b>	<b>29</b>
<b>Ciclos y Etapas de Filtrado</b>	
<b>GRAFICO N° 9</b>	<b>33</b>
<b>Diagrama de Filtración y Peletización en Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	
<b>GRAFICO N° 10</b>	<b>35</b>
<b>Diagrama del Área de transferencia y Embarque en Shougang Hierro Perú.</b>	
<b>GRAFICO N° 11</b>	<b>36</b>
<b>Diagrama de Flujo de Planta Chancadora en Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	

<b>GRAFICO N° 12</b>	<b>37</b>
<b>Diagrama de Flujo de la Planta de Concentración en Shougang Hierro Perú.</b>	
<b>GRAFICO N° 13</b>	<b>38</b>
<b>Diagrama de Flujo de Planta Filtros en Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	
<b>GRAFICO N° 14</b>	<b>39</b>
<b>Diagrama de Flujo del Horno de Línea N° 1 en Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	
<b>GRAFICO N° 15</b>	<b>40</b>
<b>Diagrama de Flujo del Horno de Línea N° 2 en Shougang Hierro Perú S.A.A.</b>	
<b>GRAFICO N° 16</b>	<b>41</b>
<b>Diagrama de Flujo de Transferencia y Embarque en Shougang Hierro Perú.</b>	
<b>GRAFICO N° 17</b>	<b>51</b>
<b>Diagrama de Flujo del Primer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>GRAFICO N° 18</b>	<b>53</b>
<b>Grafico horario de la variación de Fe, S, FeO y -325M en el Primer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional.</b>	
<b>GRAFICO N° 19</b>	<b>65</b>
<b>Diagrama de Flujo del Segundo Circuito de Beneficio de Mineral Transicional</b>	
<b>GRAFICO N° 20</b>	<b>66</b>
<b>Pruebas a nivel Laboratorio para la obtención de una granulometría adecuada que eleve el porcentaje de recuperación en peso global.</b>	
<b>GRAFICO N° 21</b>	<b>67</b>
<b>Diagrama de Flujo propuesto para el tratamiento de mineral transicional.</b>	
<b>GRAFICO N° 22</b>	<b>68</b>
<b>Diagrama de Flujo propuesto para el tratamiento de mineral oxidado.</b>	

<b>GRAFICO N° 23</b>	<b>69</b>
<b>Grafico horario de la variación de Fe, S, FeO y -325M en el Segundo Circuito de Beneficio de Mineral Transicional.</b>	
<b>GRAFICO N° 24</b>	<b>82</b>
<b>Diagrama de Flujo del Tercer Circuito de tratamiento de mineral oxidado con Separación Magnética Finisher.</b>	
<b>GRAFICO N° 25</b>	<b>83</b>
<b>Diagrama de Flujo del Tercer Circuito de tratamiento de mineral oxidado con Separación Magnética Cobber.</b>	
<b>GRAFICO N° 26</b>	<b>84</b>
<b>Grafico horario de la variación de Fe, S, FeO y -325M en el Tercer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional.</b>	
<b>GRAFICO N° 27</b>	<b>90</b>
<b>Diagrama del Separador Magnético de Alta Intensidad SLON 1750</b>	
<b>GRAFICO N° 28</b>	<b>92</b>
<b>Diagrama de Flujo del “Primer Circuito” de tratamiento de mineral oxidado con Separador Magnético de Alta Intensidad Slon.</b>	
<b>GRAFICO N° 29</b>	<b>99</b>
<b>Variación horaria del Fe en alimentación, concentrado y colas del SLON 1750</b>	
<b>GRAFICO N° 30</b>	<b>100</b>
<b>Variación de la humedad en el concentrado filtrado con mineral oxidado</b>	
<b>GRAFICO N° 31</b>	<b>107</b>
<b>Diagrama de Flujo del “Segundo Circuito” de tratamiento de mineral oxidado con Separador Magnético de Alta Intensidad Slon.</b>	

## INTRODUCCION

El objetivo del presente informe es el de obtener un circuito óptimo que nos permita realizar el tratamiento de mineral transicional y oxidado, haciendo uso de los equipos con los que se cuenta actualmente en planta, cabe mencionar que la planta de concentración magnética en Shougang Hierro Perú posee equipos diseñados para el tratamiento de mineral primario (magnético) cuyo principal componente es la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), en este punto radica el objetivo fundamental de este informe, el de encontrar un circuito que beneficie el mineral transicional y oxidado cuya característica principal es que son minerales paramagnéticos constituidos en su mayor parte por hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y en poca cantidad de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ).

Este informe pretende demostrar que al procesar mineral transicional y oxidado es posible obtener una recuperación en peso con valores similares a los obtenidos al procesar mineral primario (magnético), de esta manera se estará garantizando la eficiencia de operación del circuito de tratamiento de mineral transicional y oxidado.

Es importante mencionar que en la mina existen depósitos con millones de toneladas de mineral transicional/oxidado acumulados por muchos años producto de la extracción de mineral primario de mayor profundidad, por lo tanto resulta muy

ventajoso que se dé el beneficio de estos minerales paramagnéticos, ya que solo hay que transportarlos hacia las plantas de beneficio para su procesamiento.

El presente informe se ha dividido en cinco capítulos de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se presentan las características de los minerales y la descripción general del proceso productivo en Shougang Hierro Perú S.A.A.

En el Capítulo II, se presenta en forma detallada la primera etapa de evaluación de circuitos para el tratamiento de mineral transicional y oxidado, en la cual se muestra los tres circuitos implementados con sus respectivos resultados y conclusiones, comparación de resultados y toma de decisiones para el circuito final de operación.

En el Capítulo III, se presenta en forma detallada la segunda etapa de evaluación de circuitos para el tratamiento de mineral transicional y oxidado, se muestran las pruebas iniciales a nivel laboratorio, la implementación de un nuevo equipo en el circuito de tratamiento obtenido en la primera etapa y finalmente se presenta el circuito de tratamiento de mineral transicional y oxidado con el cual el proceso productivo de estos minerales se ha vuelto continuo.

En el Capítulo IV, se presenta las conclusiones en base a todos los resultados mostrados, se concluye lo fundamental que resulta el retratamiento de colas no magnéticas para lograr incrementar la recuperación en peso global del circuito.

En la parte de Anexos, se presentan los balances metalúrgicos de cada circuito de prueba realizada en las diferentes etapas de evaluación, se observa como es que la recuperación en peso global se ha incrementando hasta valores similares a los obtenidos con mineral primario.

## **CAPITULO I**

### **OPERACIONES EN SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.**

**SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.** es una compañía minera productora de concentrados de hierro y pelets; la única en el Perú, se encuentra localizada en un área sumamente árida, cubierta por un encapado aluvial, que presenta un panorama desértico a 525 Km al sur de la ciudad de Lima. Esta empresa fue privatizada en 1992 con todos los derechos de exploración, explotación y beneficio de mineral de hierro, incluyendo equipos de mina, plantas de beneficio, etc; por la Corporación Shougang de China.

El complejo minero – metalúrgico comprende tres áreas; la Mina ubicada en la parte alta de una terraza a 800 metros sobre el nivel del mar; el Puerto de San Nicolás a 13 Km de la mina donde se encuentran las instalaciones de beneficio y muelle de embarque; el Puerto de San Juan residencia de los trabajadores y centro comercial, dista a 28 Km de los yacimientos.

La Mina y San Nicolás están conectados por una faja transportadora de 15,3 Km con una capacidad de 2000 TL/Hr. Entre la mina y la ciudad de San Juan hay 25 Km de distancia, y 14 Km entre San Juan y el Puerto de San Nicolás.



Gráfico N° 1 Ubicación del Complejo Metalúrgico Shougang Hierro Perú S.A.A.

Las Plantas de Beneficio tienen una capacidad instalada de 7,5 millones de toneladas métricas de productos por año, lo que corresponde alrededor de 11,5 millones de toneladas de mineral tratado al año.

Entre los principales productos que se obtiene en el complejo minero metalúrgico de Shougang Hierro Perú, tenemos:

- Sinter especial, usado para el proceso de sinterización del hierro; sus especificaciones técnicas son:

$\text{Fe} > 67,0 \%$

$\text{S} < 0,400 \%$

Malla -100  $< 45,0 \%$

- Sinter Calibrado; este concentrado es un agregado para revestimiento de tuberías en fondos marinos y otros usos en construcción, sus especificaciones son:

$\text{Fe} > 61,0 \%$

Malla -100  $< 15,0 \%$

- Pelets Feed o Torta de exportación; este concentrado es alimentación para el proceso de peletización del Hierro, sus especificaciones son:

$\text{Fe} > 65,5 \%$

$\text{S} < 0,200 \%$

Insol  $\langle \rangle 1,40 - 1,60 \%$

$\text{Na}_2\text{O} < 0,160 \%$

$\text{K}_2\text{O} < 0,070 \%$

- Pelets para Alto Horno; sus especificaciones son:

Fe > 65,5 %

S < 0,010 %

FeO < 2,5 %

Insol <> 4,50 %

- - Pelets de Reducción Directa; sus especificaciones son:

Fe > 65,5 %

S < 0,010 %

FeO < 2,0 %

Insol <> 2,00 %

Na<sub>2</sub>O < 0,165 %

K<sub>2</sub>O < 0,040 %

## 1.1 GEOLOGIA

El distrito de Marcona abarca un área de aproximadamente 150 Km<sup>2</sup>. La roca base es del Complejo Lomas y sobre ella está la Formación Marcona, la cual contiene los cuerpos mineralizados más importantes. La formación Cerritos contiene depósitos de mineral de hierro de baja ley.

En la mina existen 117 cuerpos mineralizados reconocidos, la mina y las anomalías están dispersas sobre un área de 10 Km x 15 Km con longitud y ancho variable (50m a 300 m y 200m a 270 m).

El mineral está compuesto por magnetita con diseminaciones de sulfuros que fueron oxidados y lixiviados, originándose los cuerpos mineralizados.

### 1.1.1 CUERPOS MINERALIZADOS

Se definen tres zonas verticales:

- a) **ZONA OXIDADA:** Corresponde a la zona superior y está formada por hematita, limonita, cantidades variables de marmatita, óxido de cobre, yeso, halita y vetas de actinolita. Esta zona es de 30 m de profundidad. La ley promedio de fierro es de 51,2% y el azufre está en niveles de 0,4%.

Los minerales de hierro de esta zona son de fundición directa por su alta ley, más o menos 60 % de hierro, azufre 0.2 % y bajo cobre 0.09 %.

El mineral original fue la magnetita, que mediante el agua y el aire se transformó en hematita. El agua arrastró hacia las zonas más profundas las impurezas que contenían dando como producto que esta primera zona sea de un mineral más limpio y de mejor calidad que determina su exportación directa sin ningún tratamiento de beneficio.

- b) **ZONA DE TRANSICION:** Formada por la lixiviación de los elementos de la zona superior y materiales parcialmente lixiviados. La ley promedio de fierro es de 47,8% y el nivel de azufre es de alrededor del 2,2% y menos del 15 % de FeO. Aquí el mineral mas abundante es la hematita, marmatita rojiza con vetillas de jarosita, yeso y otros sulfatos en cantidades menores. En la capa inferior disminuye la cantidad de hematita habiéndose incrementado en magnetita, presentándose ambas oxidadas y masivas, apareciendo pirita fresca rodeada de sulfatos como jarosita, yeso, su espesor es de unos 10 m y con leyes parecidas a las de la capa superior aunque con más azufre.

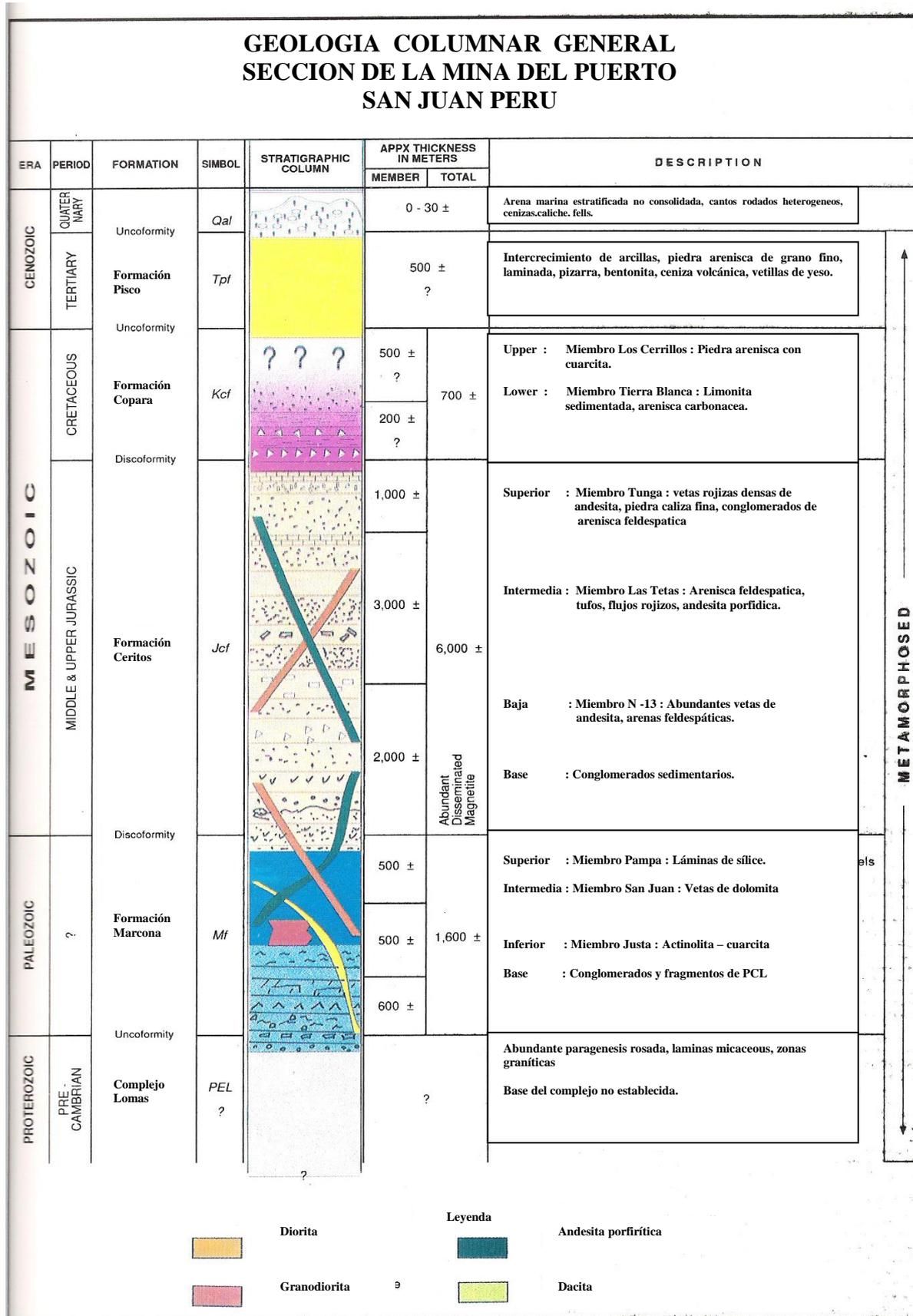


Gráfico N° 2 Diagrama Columnar de la Geología en San Juan de Marcona

c) **ZONA PRIMARIA:** Es la mas profunda y extensa donde los minerales se encuentran con las mismas características con las que fueron originalmente depositados , aquí se encuentran cristales de magnetita en forma masiva y densa, asimismo se encuentra abundante pirita diseminada, algo de calcopirita y pirrotita. La ganga está compuesta por abundantes cristales diseminados de actinolita verdosa, carbonatos, calcita y en menor proporción cuarzo, abundante pirita y en menor cantidad calcopirita y pirrotita.

La ley promedio es de 57,0% de hierro, 3,000% de azufre y 0,10% de cobre.

### **1.1.2 TIPOS DE MINERALES PRIMARIOS**

La zona primaria provee varios tipos de minerales magnéticos clasificados de acuerdo a su comportamiento metalúrgico para obtener los productos requeridos.

El mineral grueso representa el 57% de reservas del mineral obtenido de la formación Marcona. El sulfuro es eliminado mediante la molienda a -10M mallas y es usado en la producción de Sinter especial.

El mineral fino representa el 25% de las reservas del mineral primario, para eliminar el sulfuro se requiere de molienda fina (malla -100M).

El mineral refractario representa el 18% de las reservas de mineral primario, este mineral con contenido de pirita contiene pirrotita, este último no puede ser eliminado por procedimientos normales de concentración, ya que la pirrotita es magnética y difícil de flotar. Este tipo de mineral es beneficiado mezclándolo con mineral grueso y fino en porcentajes que dependen de la capacidad para mantener los niveles de azufre en los productos finales.

### 1.1.3 CLASIFICACION DE MINERALES PRIMARIOS

**Mineral Primario:** Un mineral primario se caracteriza por las siguientes propiedades:

Contenido de Fierro	Mayor de 50%
Contenido Ferroso	Mayor de 15%
Recuperación Magnética	Mayor de 65%

Tenemos dos tipos de minerales primarios:

**Mineral Primario Tipo CG (molienda gruesa):** Mineral propio de molienda gruesa, especialmente para producir concentrado sinter especial.

**Mineral Primario Tipo FG (molienda fina):** Mineral propio para molienda fina, básicamente para producir concentrados para peletización y torta de exportación.

TIPO DE MINERAL	Conc. (Malla -10)	Conc. (Malla -100)
<b>CG</b>	S < 0.800 %	
<b>FGN (normal)</b>	S > 0.800 %	S / FeS < 0.200 %
<b>FGR (refractario)</b>	S > 0.800 %	S / FeS < 0.200 %

La diferencia entre estos tipos de minerales radica en que el mineral de tipo FGR (refractario) se caracteriza por tener un mayor contenido de azufre en los

concentrados magnéticos por la presencia del sulfuro PIRROTITA que tiene propiedades paramagnéticas. Existen dos variedades de pirrotita paramagnética: Pirrotita hexagonal y pirrotita monoclinica, siendo la monoclinica la que presenta un mayor grado de liberación, por lo tanto presenta mayores problemas en el proceso metalúrgico.

Los otros tipos de sulfuros como pirita, calcopirita, bornita, chalcocita, etc, son fáciles de liberar por molienda fina, cosa que no sucede en molienda gruesa por los intercrecimientos que se presentan con la magnetita.

## **1.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO**

### **1.2.1 OPERACIONES MINA**

**Extracción:** El sistema de explotación utiliza el método convencional de tajo abierto y se realiza simultáneamente con un movimiento de grandes cantidades de desmonte, pues la formación de las metaladas por reemplazamiento de terrenos preexistentes y el vulcanismo que ha afectado la zona han determinado la intrusión de rocas estériles dentro de los cuerpos mineralizados. El desmonte, mezcla de rocas y de minerales de baja ley es separado y almacenado para su posterior tratamiento. La extracción comprende los siguientes procesos:

- Exploración: La clasificación del mineral se basa en perforaciones diamantinas é interpretaciones geológicas, determinando la cantidad y calidad de mineral, seleccionando las zonas que deben ser trabajadas.

- Perforación y disparo: Seleccionadas las zonas a trabajar son perforadas y el explosivo es colocado en taladros perforados con brocas rotativas de 9” de diámetro. El explosivo utilizado es el nitrato de amonio aluminizado y petróleo, que es producido en la mina y se le denomina ANFO, su composición es:

Nitrato de Amonio	82,50 %
Ferrosfosfato	8,75 %
Aluminio	5,00 %
Petróleo	3,75 %

Este explosivo es empleado especialmente para tratar minerales primarios y materiales duros aprovechando su gran potencia y su velocidad.

- Carguío y Acarreo: El mineral removido por efecto de los disparos, es recogido por palas eléctricas o mecánicas y depositado en camiones volquete con capacidades de hasta 130 toneladas. Los camiones llevan el mineral según su tipo a una de las dos plantas chancadoras existentes en el área mina.

**Chancado Primario Mina:** El mineral procedente de la mina es descargado en la planta de chancado, existen dos plantas de chancado con las siguientes características

- Planta N°1: Consiste de una chancadora primaria de quijadas 66” x 84” seguida por una chancadora secundaria cónica estándar de 7’. Estas chancadoras conforman un circuito abierto, el tamaño pasante 4” del mineral de descarga es 80 % a razón de 1000 TLH.
- Planta N°2: Consiste de una chancadora primaria giratoria 48” x 74” seguida por dos chancadoras secundarias cónicas Nordberg de 7’, el tamaño de

mineral pasante 2" es de 80%. Las trituradoras están colocadas en serie y trabajan en circuito abierto, su capacidad nominal es de 2000 toneladas largas por hora. Por un sistema de fajas se almacenan en una cancha de crudos con capacidad de 210 000 toneladas. Esta planta chancadora está diseñada para triturar solo mineral primario.

**Transporte Mina – San Nicolás:** La distancia entre la mina y el puerto San Nicolás es de 15,3 Km., habiendo un desnivel entre ambos de 800 metros. Este desnivel geográfico existente no permitía ni la utilización de ferrocarril ni de carretera, alternativas sometidas a consideración, por lo que fue necesario idear otro sistema de transporte, optándose por una faja descendente que une Mina - San Nicolás.



Gráfico N° 3 Operaciones de Mina – Shougang Hierro Perú

### **1.2.2 PLANTAS DE BENEFICIO**

Las plantas de beneficio de Shougang son Plantas Metalúrgicas destinadas al tratamiento de las reservas de minerales de hierro de baja ley para obtener productos de alto contenido de hierro, las plantas de beneficio que se tienen son:

- Planta de Chancado – “Chancado Terciario”
- Planta de Separación Magnética; en la que se dan los siguientes procesos:
  - Molienda Primaria.
  - Separación Magnética.
  - Molienda Secundaria.
  - Separación Magnética Final.
  - Flotación.
- Planta de Filtros.
- Planta de Peletización.
- Transferencia y Embarque de Productos.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES EN LAS PLANTAS DE BENEFICIO**

#### **1.3.1 Planta de Chancado.**

En la Planta de Chancado tenemos dos líneas de producción, las cuales procesan tipos diferentes de mineral de acuerdo al producto a obtener por tanto nos dan granulometrías diferentes; tenemos Planta de Chancado N°1 y Planta de Chancado

Nº2, las cuales se pueden observar en el Gráfico N° 11. El tamaño del mineral es reducido en ambas plantas a 80% pasante malla  $\frac{3}{4}$ "; a continuación se detallará las operaciones en cada una de estas Plantas:

**a) Planta de Chancado N°1.**

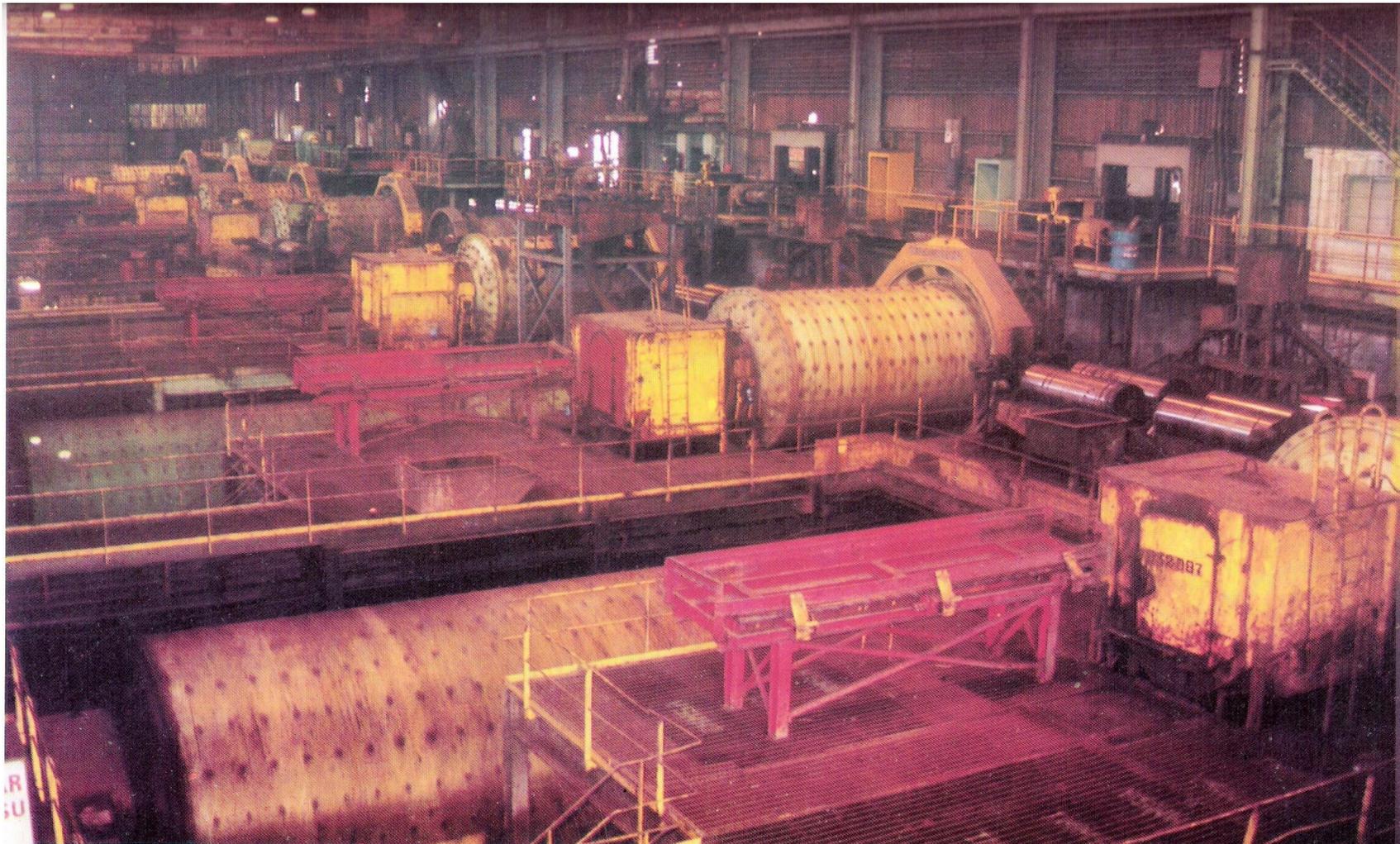
Esta planta trata principalmente mineral utilizado para la obtención de productos que implican granulometría gruesa como son por ejemplo Sinter Calibrado, Sinter Especial, etc, puede trabajar en circuito cerrado como en circuito abierto. Trata mineral primario y mineral cuarcita (se usa para alcanzar niveles de  $\text{SiO}_2$  en el concentrado para la producción de pelets).

- En el chancado de mineral primario (CG, FG o CG/FG) el circuito comprende una alimentación promedio de 450 – 550 TLH hacia una zaranda vibratoria de 5'x10' que tiene una superficie tamizante de varillas de acero al manganeso de diámetro  $\frac{5}{16}$ " distribuidas en forma paralela y de abertura de  $\frac{3}{8}$ ", el over size de esta zaranda ( $+\frac{3}{8}$ ") alimenta a una trituradora Short Head Nordberg de 5  $\frac{1}{2}$ ", el producto de esta trituradora se junta con el under size de la 1ra zaranda y se dirigen a una 2da zaranda Nordberg 5'x12' que tiene una superficie tamizante de polyuretano con alma de acero de sección cuadrada de abertura  $\frac{3}{8}$ "; el over size de esta zaranda alimenta una 2da trituradora Short Head Nordberg de 7' cuyo producto se junta con el under size de la 2da zaranda como producto final triturado, que son alimento para la Planta Magnética.

- En el chancado de mineral de cuarcita se procesa aproximadamente de 100 – 120 TLH, en forma similar al proceso de chancado de mineral primario el producto triturado por la trituradora Short Head Nordberg de 7' alimenta ahora a una zaranda Nordberg 5'x10' que tiene una superficie tamizante de poliuretano con alma de acero de sección cuadrada de abertura promedio de 3/8" – 1/2" cuyo over size retorna a la trituradora haciendo un circuito cerrado, cuyo under size es el producto final triturado, alimento para los circuitos de planta magnética en la obtención de concentrado para pelets.

**b) Planta de Chancado N°2.**

Esta planta trabaja en circuito abierto procesando aproximadamente 1200 TLH, el alimento va directo a una tolva de tres compartimientos los cuales independientemente mediante alimentadores vibratorios de 54"x56" alimentan a sus respectivas zarandas de dos pisos marca Tyler de 6"x12" de superficie tamizante de poliuretano con alma de acero, cuyas aberturas de mallas son de 22-2 1/4" la superior y de 5/8"-3/4" la inferior; el over size de estas zarandas alimenta a sus respectivas trituradoras cónicas Nordberg de 7' cuyo set de descarga es de 1/2", el producto triturado se junta con el under size de las zarandas y van directo a los silos de Planta Magnética.



**Gráfico N° 4 Vista de la Planta de Concentración Magnética Shougang Hierro Peru S.A.A.**

### **1.3.2 Planta de Separación Magnética**

En esta planta se dan diferentes circuitos de molienda de acuerdo al producto a obtener (en esta Planta el medio diluyente es agua de mar) entre estos tenemos:

#### **1.3.2.1 Circuito de Producción de Sinter Especial**

Este circuito consta de tres líneas de molienda con molinos de barras Nordberg de 10'8" de diámetro por 16' de largo con un motor de 700 HP alimentados a razón de 180 – 200 TLH, estos molinos operan en circuito cerrado con hidrociclones D-26" inclinados a 35°, alimentados por bombas de 12"x 10"; el over flow de estos hidrociclones es enviado mediante una bomba de 10"x 8" para su clasificación a hidrociclones D-15", cuyo under flow alimenta a separadores magnéticos de 30"  $\Phi$  x 76" de largo para recuperar lo magnético, mientras que el over flor es enviado a molienda fina.

El concentrado de los separadores magnéticos previamente acondicionados con reactivos Z-6 como colector y DF-1012 como espumante es enviado a las celdas de flotación Galigher – Agitair de 32 pies<sup>3</sup>, aquí se eliminan los sulfuros para obtener el concentrado de acuerdo a los parámetros requeridos por los clientes; este concentrado es enviado nuevamente a clasificación en unos hidrociclones D-15" cuyo under size alimenta a 6 zarandas desaguadotas, el producto final es enviado al stock de Sinter Especial; mientras que el over size de estos hidrociclones va a molienda fina. La fracción fina de las zarandas desaguadoras va a unos hidrociclones cuyo under size regresa a las zarandas y el over size se va a molienda fina.

Todos los finos generados por este circuito son recepcionados en un sumidero denominado 4 vías que distribuye esta carga a tres molinos de bolas de 10'3"  $\Phi$  x 22'5½" de potencia 1250 HP que trabajan en circuito cerrado con una batería de 3 hidrociclones D-15" cada uno, el over flow es enviado a separación magnética, el concentrado acondicionado con colector Z-6 y espumante DF-1012 es enviado a la etapa final de flotación cuyo concentrado va directo a la Planta de Filtración para después ser almacenado en el stock de torta para exportación.

### **1.3.2.2 Circuito de Producción de Torta para Exportación.**

Este circuito trabaja en circuito abierto con un molino de barras Nordberg de 10'8"  $\Phi$  x 16' de largo y 700 HP, el cual es alimentado a razón de 180 – 200 TLH el producto es enviado a un grupo de separadores magnéticos cobbers de doble tambor de  $\Phi$  x 72" de largo cuyo el concentrado magnético alimenta a un molino de bolas de 14"  $\Phi$  x 41.1' de largo y 4000 HP, el producto es enviado a 10 grupos de separadores magnéticos Finisher de tres tambores 30"  $\Phi$  x 72" de largo cuyo concentrado magnético se junta con los finos generados en la producción de sinter especial, es así que este concentrado previamente acondicionado con Z-6 y DF-1012 es enviado a los bancos de flotación para la eliminación de los sulfuros, el concentrado final es luego enviado a la Planta Filtros para su posterior almacenamiento en el stock de torta para exportación.

# OPERACIONES BENEFICIO CIRCUITO DE MOLIENDA GRUESA

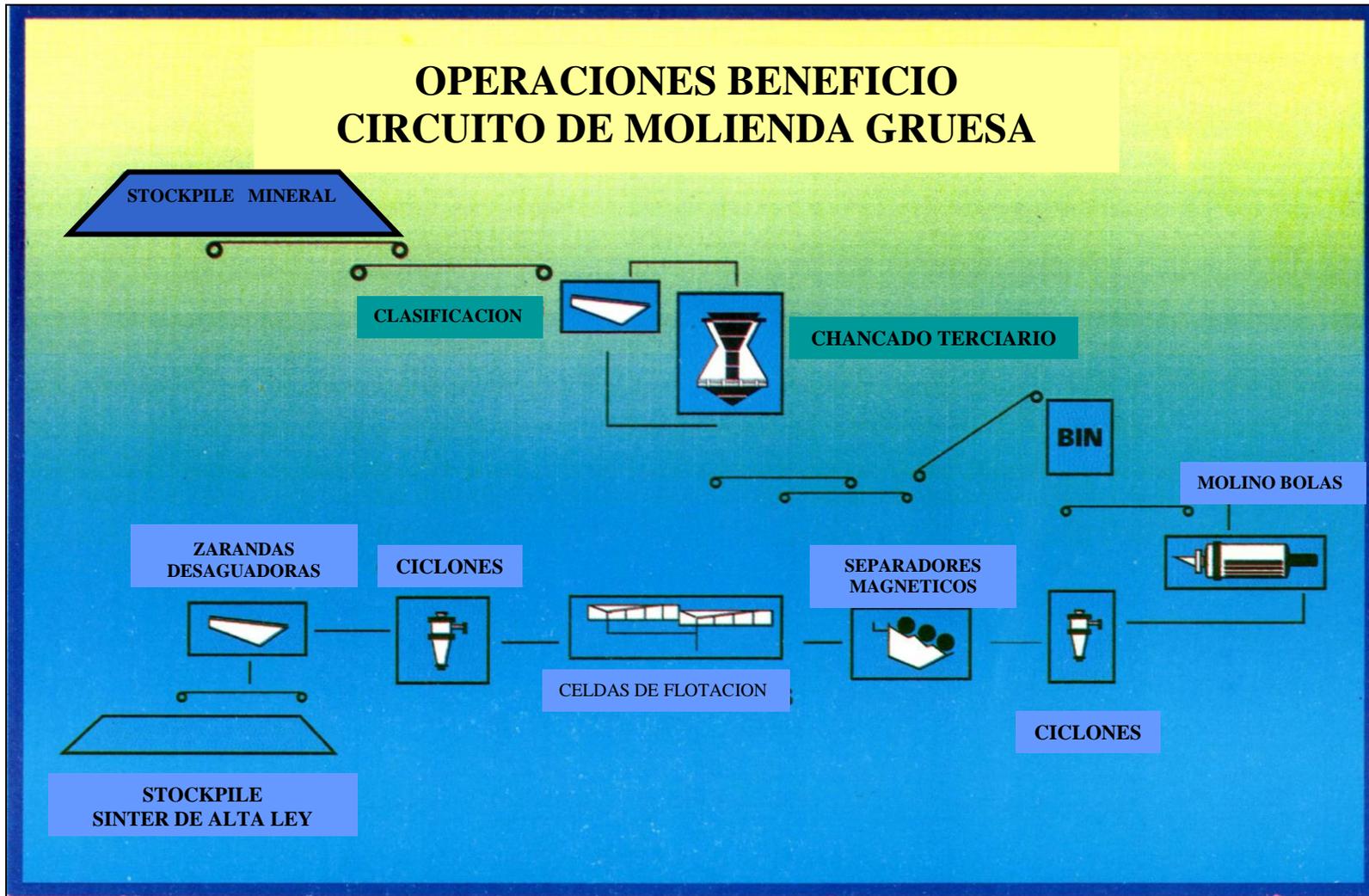


Gráfico N° 5 Circuito de Molienda Gruesa – Operaciones Beneficio

### **1.3.2.3 Circuito de Producción de Filter Cake para Peletización.**

Este circuito consta de 4 líneas de molienda, tres de las cuales trabaja con mineral primario y la cuarta trabaja con mineral oxidado.

Dos de las líneas de molienda que trabajan con mineral primario son alimentados a razón de 180 – 200 TLH a dos molinos de barras de 10'8"  $\Phi$  x 16' de largo, cuyas descargas alimentan cada uno a un grupo de separadores magnéticos cobbers de doble tambor 36"  $\Phi$  x 96" de largo, el concentrado de ambos separadores se juntan y alimentan a un molino de bolas de 14"  $\Phi$  x 41.1' de largo y 4000 HP, el producto de esta primera molienda se envía a 7 grupos de separadores magnéticos finisher de tres tambores de 30"  $\Phi$  x 72" de largo, el concentrado magnético previamente acondicionado con Z-6 y DF-1012 es enviado a la etapa de flotación en 4 celdas de 875 pie<sup>3</sup> cada uno, este concentrado es bombeado a una batería de ciclones D-15" para ser clasificados, el under flow es alimentado a un molino de bolas de remolienda de 14"  $\Phi$  x 41.1' de largo y 4000 HP, este producto junto al over flow de los hidrociclones es enviado directamente a la Planta Filtros para luego alimentar a la Planta de Peletización.

La tercera línea de molienda que trabaja con mineral primario es alimentado a razón de 180 – 200 TLH a un molino de barras de de 10'8"  $\Phi$  x 16' de largo, cuya descarga alimenta a un grupo de separadores magnéticos cobbers de doble tambor 36"  $\Phi$  x 96" de largo, el concentrado alimenta a un molino de bolas de 14"  $\Phi$  x 41.1' de largo y 4000 HP que trabaja en circuito cerrado el producto de este molino es enviado para su clasificación a una batería de 3 hidrociclones cuyo over flow alimenta a 5 grupos de separadores magnéticos finisher de tres tambores de 30"  $\Phi$  x

72" de largo, el concentrado magnético previamente acondicionado es enviado a los bancos de flotación para eliminar los sulfuros, el concentrado es luego enviado a la Planta de Filtros para posteriormente alimentar a la Planta de Peletización.

La cuarta línea de molienda trabaja con mineral oxidado, este se detallará más explícitamente en capítulos posteriores.

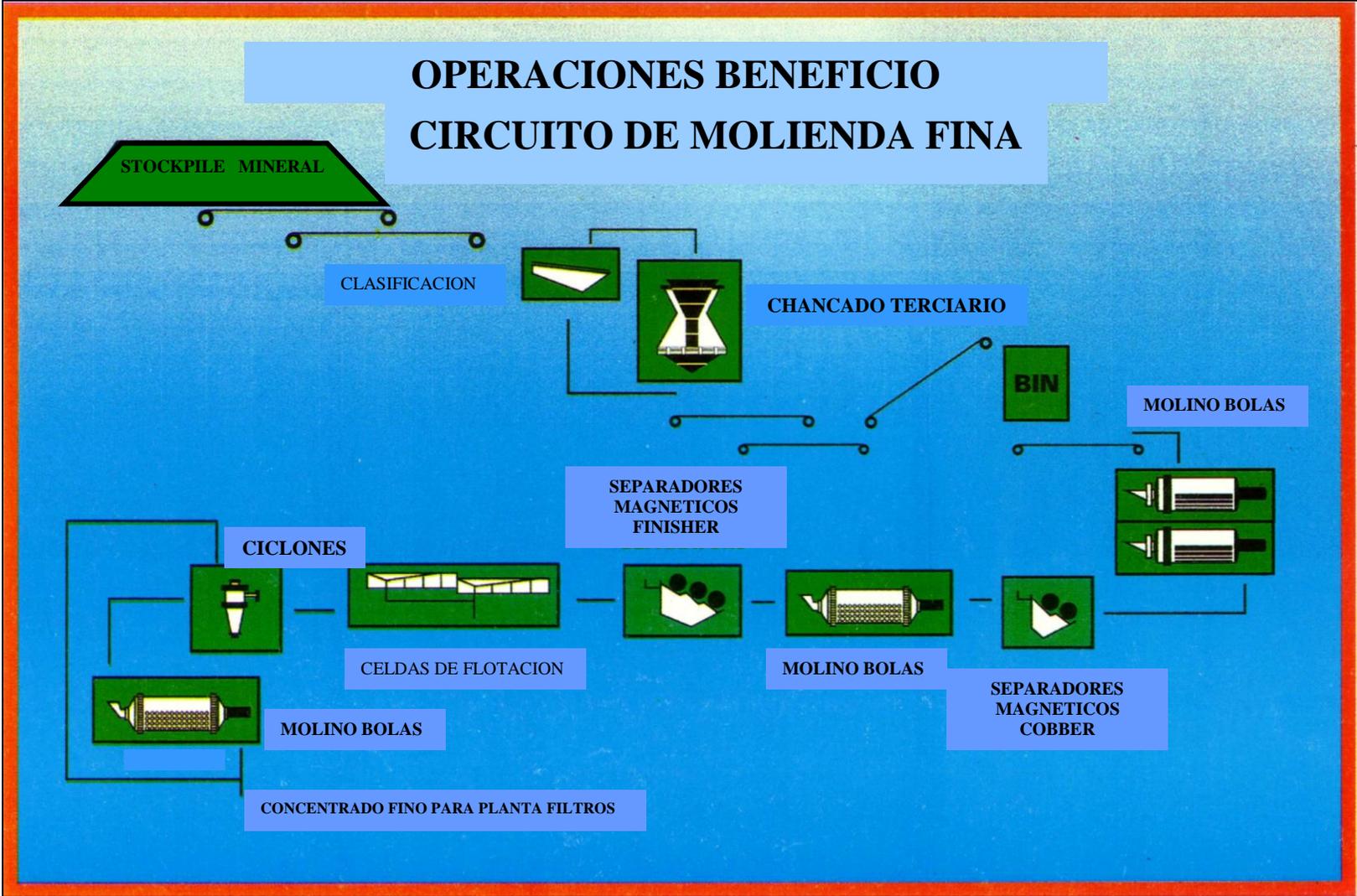


Gráfico N° 6 Circuito de Molienda Fina – Operaciones Beneficio

### 1.3.3 Planta de Filtros

En la Planta de Filtros se realizan tres etapas entre las que tenemos, el espesamiento de la pulpa proveniente de la Planta Magnética, el almacenamiento de esta pulpa y el filtrado propiamente dicho, obteniéndose al final una torta filtrada con las siguientes características:

- a) Humedad constante : 8.7 +/- 0.1 %
- b) Superficie específica (BSA) : 1600 +/- 50 cm<sup>2</sup>/gr.

La primera característica debe lograrse en la Planta de Filtros, mientras que la segunda característica deberá de obtenerse en la Planta Magnética. Si se llega a cumplir con estos requisitos se garantiza una buena aglomeración de la torta filtrada para la formación de los pelets verdes (pelets antes del ingreso al horno), resultados debajo de las especificaciones hará difícil la compactación en la formación de los pelets verdes haciéndolas quebradizas y con baja resistencia a la compresión. Una superficie específica (BSA) muy alta origina alta humedad y por consiguiente formación de pelets verdes plásticas, las que se aglomeran y deforman.

- **Espesamiento.** El objetivo es espesar el concentrado resultante de la flotación. Esta operación se realiza en los espesadores los cuales son tanques grandes que permiten el asentamiento de las partículas sólidas, mientras el agua clara reboza por la parte superior.

En nuestro caso el concentrado magnético obtenido en la planta magnética con 40 a 45% de sólidos es bombeada por medio de 3 bombas centrífugas de 10"x 8" hacia un cajón distribuidor en la Planta Filtros que alimenta a los dos

espesadores de 104' y 125' de diámetro por el cono central, así la carga es espesada hasta obtener una densidad de 70 – 73% de sólidos.

- **Almacenamiento.** Una vez que el concentrado ha sido espesado hasta 70 – 73% de sólidos es bombeada mediante dos bombas centrífugas 10"x8" a tres agitadores de 36' de diámetro x 36' de longitud cuya función es alimentar a los filtros de la planta, homogenizar y mantener en agitación la pulpa, a la vez sirven de almacenamiento de concentrado ya que tienen una capacidad de 1800 toneladas cada uno.
  
- **Filtración.** La pulpa de los agitadores es descargado por gravedad hacia 5 sumideros donde se diluye a 66 – 68% de sólidos, para luego ser bombeado a su respectivo distribuidor Humphrey de donde se alimenta a los filtros por un sistema de mangueras de 3" de diámetro.

La filtración tiene por objetivo eliminar la mayor cantidad de agua que contiene la pulpa.

En la Planta Filtros se cuenta con Filtros de discos con agitación mecánica y nivel de tanques controlado por rebose (Gráfico N° 7 y 8), los elementos principales que intervienen son:

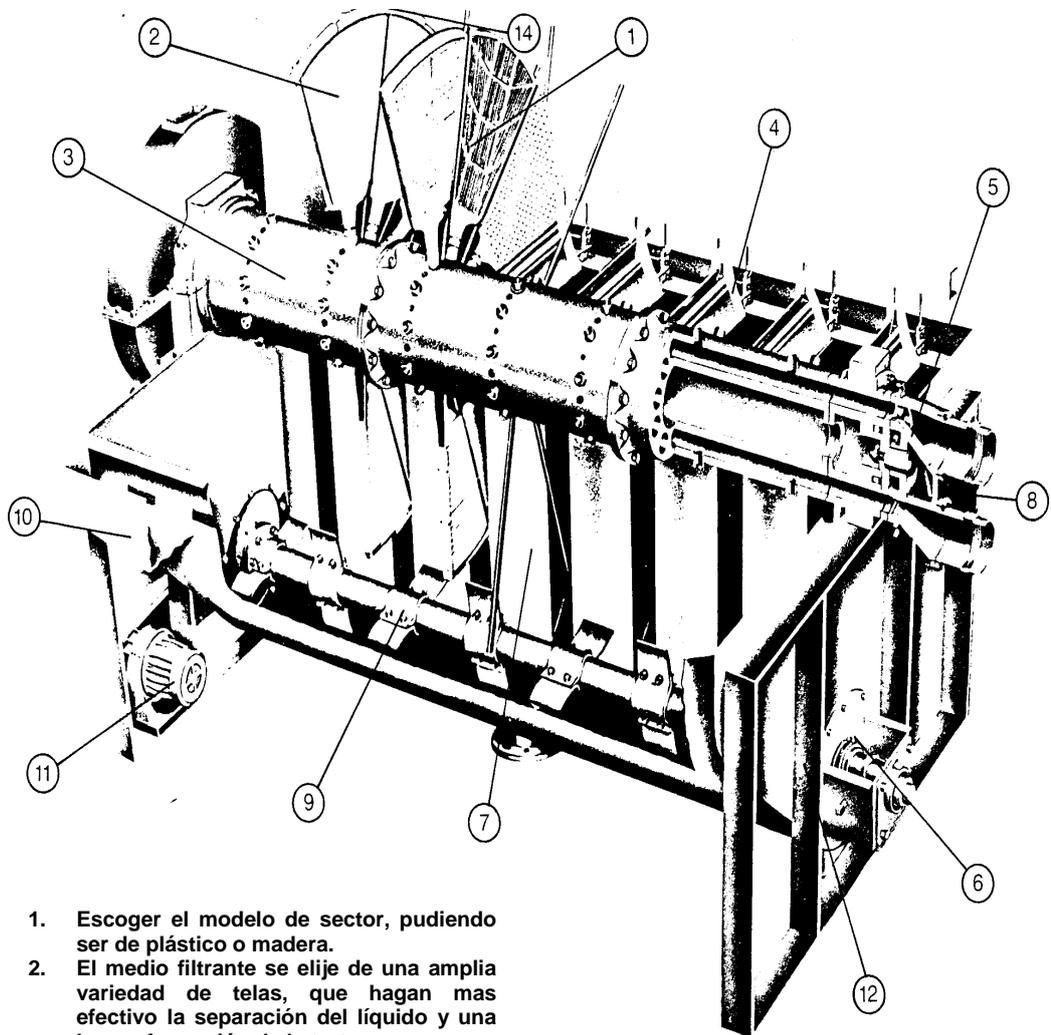
- El medio filtrante (sacas).
- Succión por vacío.
- Soplado.

En la Planta Filtros se cuenta con tres líneas de producción:

- Línea N°1 que cuenta con 9 filtros de 6'9" procesa concentrado para pelets y/o concentrado para exportación.
- Línea N°2 que cuenta con 9 filtros de 6'9" procesa concentrado para pelets.
- Línea N°3 que cuenta con cuatro filtros de 6'9" procesa concentrado para torta para exportación.

La capacidad de producción de concentrado filtrado en las líneas N°1 y 2 es de 300 – 320 TLH cada uno; para el caso de la línea N°3 se tiene una producción de 250 – 270 TLH .

La torta filtrada es transportada a una tolva de 400 ton. de capacidad de la cual se alimenta a la planta de peletización.



1. Escoger el modelo de sector, pudiendo ser de plástico o madera.
2. El medio filtrante se elije de una amplia variedad de telas, que hagan mas efectivo la separación del líquido y una buena formación de la torta.
3. El barril central está disponible en hierro fundido, o poliuretano.
4. Los raspadores protegen el medio filtrante para mayor duración.
5. La válvula Hy-Flow de EIMCO distribuye bien los líquidos y flujos neumáticos.
6. El tipo de empaquetadura instalado evita fuga de pulpa.
7. Los chutes de descarga amplios facilitan la descarga de la torta.
8. El aire a presión que ingresa por el barril central permite el desprendimiento de la torta de los sectores.
9. El sistema de agitación mantiene la mezcla en suspensión con gravedades específicas de hasta 7.5.
10. El cajón de rebose mantiene el nivel del tanque previniendo cualquier tipo de derrame.
11. Constante agitación aproximadamente de 9 - 10 RPM.
12. Tanque resistente apoyado con acero estructural.
13. La alimentación al filtro es múltiple, entre los discos alternados a los largo del barril central. Este método es muy ventajoso para labuena distribución de la carga.
14. Las abrazaderas mantienen alineados a los discos del filtro.

**Gráfico N° 7 Filtro de Disco Rotativo de Vacío - Eimco**

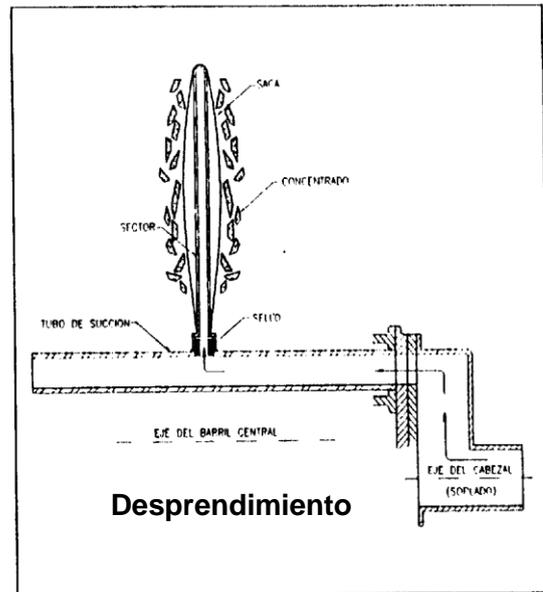
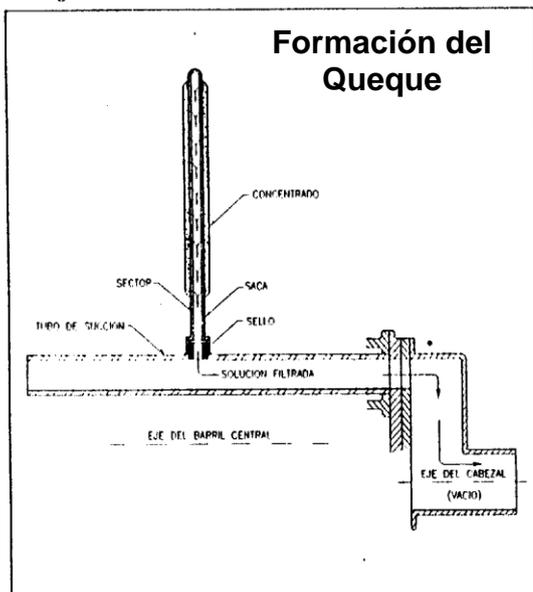
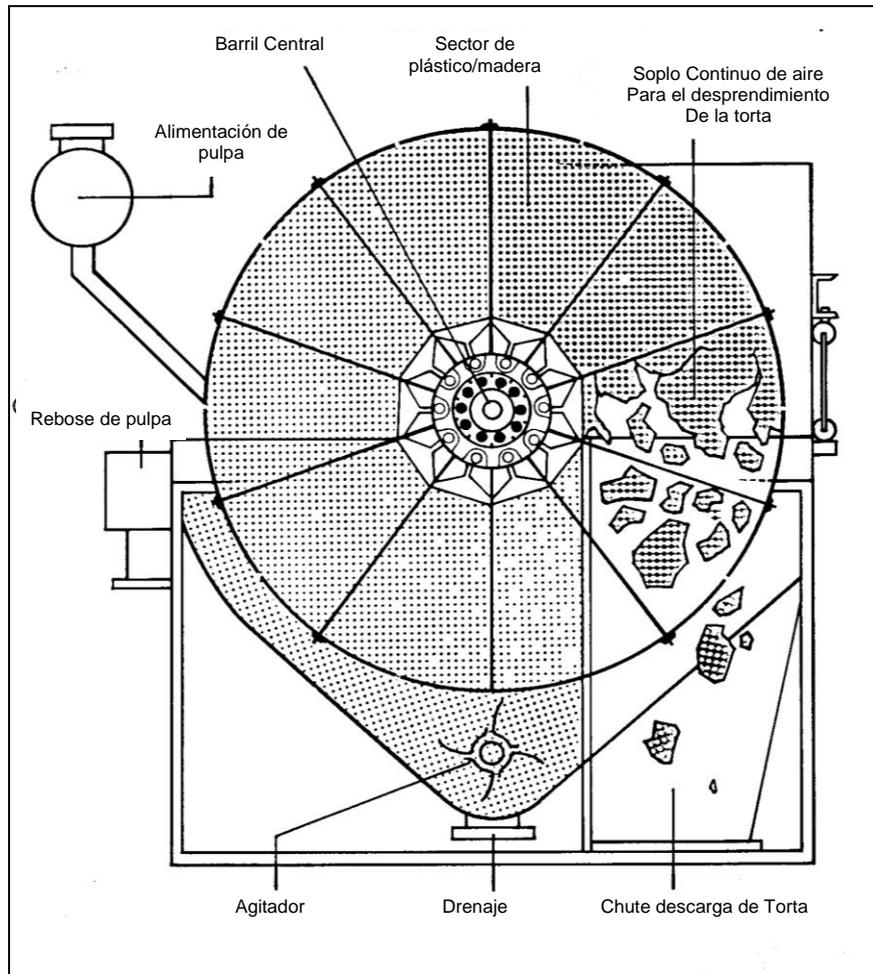


Gráfico N° 8 Ciclos y etapas de Filtrado

### 1.3.4 Planta de Peletización.

La planta pelets consiste básicamente en 3 etapas:

- Mezcla de bentonita con el concentrado filtrado proveniente de planta filtros.
- Aglomeración de los pelets, que se realiza en discos de peletización.
- Transformación de los pelets; de pelets verdes en un inicio (cuya composición inicial es magnetita) a pelets quemados (cuya composición final es hematita), esta transformación se realiza en el horno de parrilla.

El proceso de peletización se inicia con la mezcla de la torta filtrada con bentonita, realizada sobre una faja transportadora con ayuda de un sistema de mezcladores giratorios, esta mezcla se alimenta a los discos peletizadores en donde el mineral es aglomerado (siguiendo el principio de formación de la bola de nieve) formando los pelets verdes, estos pelets luego de ser previamente clasificados pasan al interior del horno de parrilla mediante carros transportadores de parrilla los cuales son sometidos a unas condiciones determinadas de temperatura para su proceso de transformación a pelets quemados.

El horno horizontal comprende tres zonas básicas: zona de secado, zona de quemado y zona de enfriamiento, la temperatura es gradual y va desde los 400 a 1300 °C. Estas diferentes temperaturas se logran mediante la aplicación directa de calor mediante quemadores (que producen la combustión del petróleo con la ayuda de aire atomizado) instalados en las diferentes troneras a lo largo de todo el horno, estas temperatura se mantienen constantes debido a que son controladas

automáticamente desde un cuarto de control, en donde se establecen los set points (valores óptimos) de cada zona.

Los pelets quemados pasan luego por un sistema de clasificación en zarandas de un piso de doble abertura para obtener los pelets comprendidos entre  $-5/8'' + 1/2''$  que se usan para la protección de parrilla de los carros dentro del horno y la fracción  $-1/2'' + 7/16''$  que son los que van directo al stock de planta listos para la transferencia y embarque.

La planta de peletización cuenta con 2 líneas de producción (2 hornos) con una capacidad de alimentación nominal en los hornos de 130 TLH para la Línea N°1 y de 340 TLH para la línea N°2. En el horno de peletización N°2 se diferencian las siguientes zonas:

- Zona de secado ascendente.
- Zona de secado descendente.
- Zona de pre-quemado.
- Zona de quemado.
- Zona de post-quemado.
- 1ra Zona de enfriamiento.
- 2da zona de enfriamiento.

**Zona de secado ascendente.** Se inyecta aire caliente a 320 – 340 °C, desde la parte inferior hacia la superior con el objetivo de ir secando la humedad de los pelets verdes.

**Zona de secado descendente.** El aire caliente de 320 - 360°C se inyecta desde la parte superior hacia la inferior con el objetivo de continuar el secado de los pelets verdes, en esta zona se realiza un secado uniforme en la cama de los pelets verdes.

**Zona de pre – quemado.** En esta zona los pelets terminan su secado e inician el quemado a una temperatura de 600 a 1000°C. El flujo de aire es hacia abajo.

**Zona de quemado.** En esta zona los pelets van recibiendo gradualmente una temperatura de 1000 a 1300°C continuando el proceso de oxidación. El flujo de aire es hacia abajo.

**Zona de post – quemado.** En esta zona se culmina la oxidación de los pelets en toda la cama, el flujo de aire es hacia abajo.

**1ra y 2da Zona de enfriamiento.** En esta zona se inyecta aire del ambiente desde la parte inferior hacia la parte superior con la finalidad de enfriar los pelets que salen de la zona de post – quemado. El aire que atraviesa los pelets calientes se recupera y es enviado a los ductos de las troneras para facilitar la combustión del petróleo en los quemadores.

# OPERACIONES BENEFICIO

## FILTRACION Y PELETIZACION

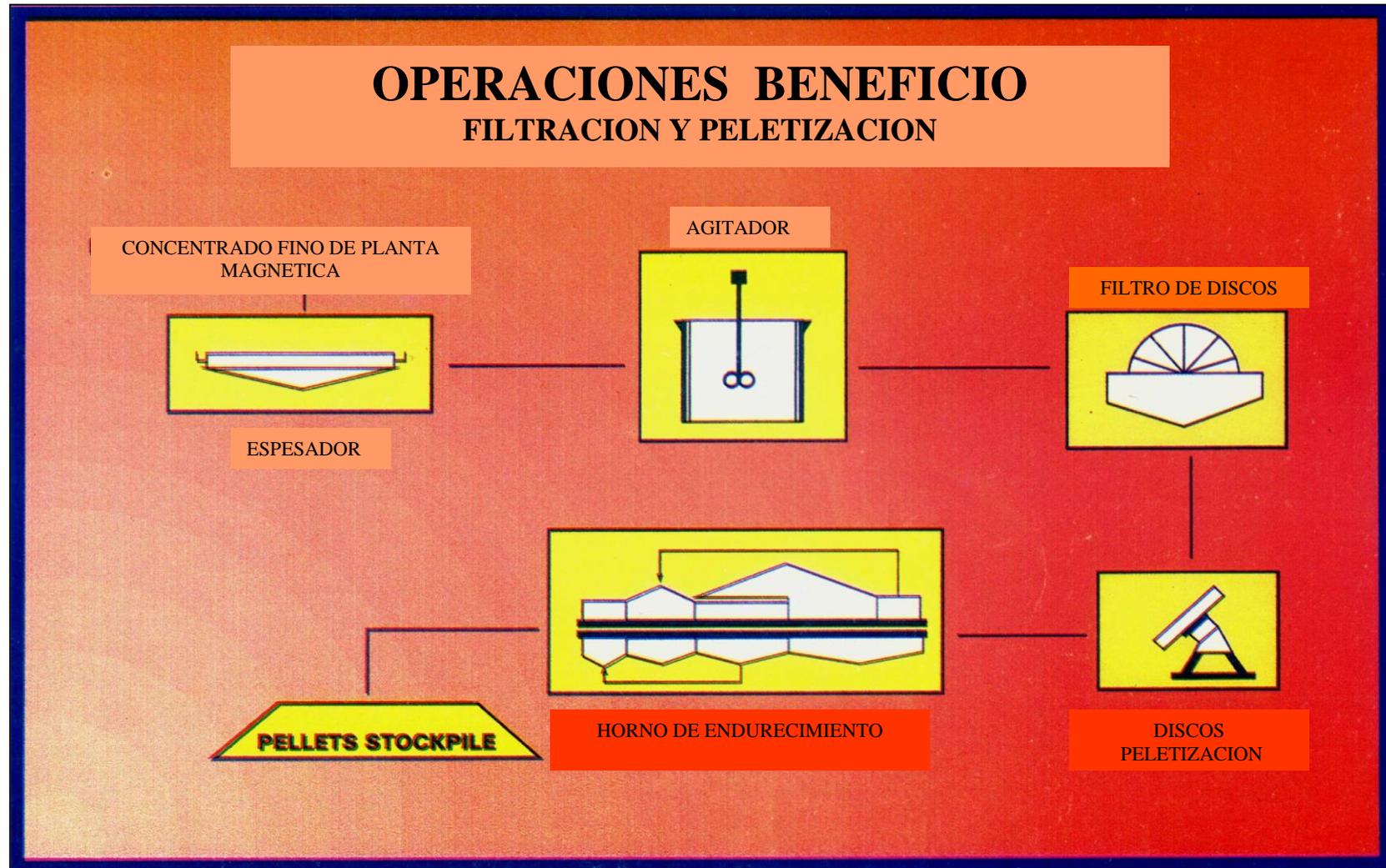


Gráfico N ° 9 Diagrama del proceso de Filtración y Peletización

### **1.3.5 Transferencia y embarque.**

La transferencia de los productos (Sinter especial, sinter calibrado, pelets para alto horno, pelets para reducción directa y torta para exportación) se realiza desde los stocks planta hacia el stock de puerto mediante un sistema de fajas transportadoras que llevan cada producto a su respectivo stock.

En el stock del puerto se distinguen las áreas donde se almacenan los diferentes productos, tenemos el stock de sinter especial y/o sinter calibrado que tiene una capacidad de 300 000 TM, el stock de pelets para alto horno tiene una capacidad de 360 000 TM, el stock de pelets para reducción directa tiene una capacidad de 50 000 TM y el stock de torta para exportación tiene una capacidad de 70 000 TM.

El embarque se realiza en el puerto de San Nicolás cuyo muelle tiene una longitud aproximada de 300m, en el cual atracan los barcos para poder ser cargados con los diferentes productos a través de un sistema de fajas que saca el producto de los stocks del puerto y los envía a las bodegas de los barcos.

# OPERACIONES BENEFICIO

## TRANSFERENCIA Y EMBARQUE

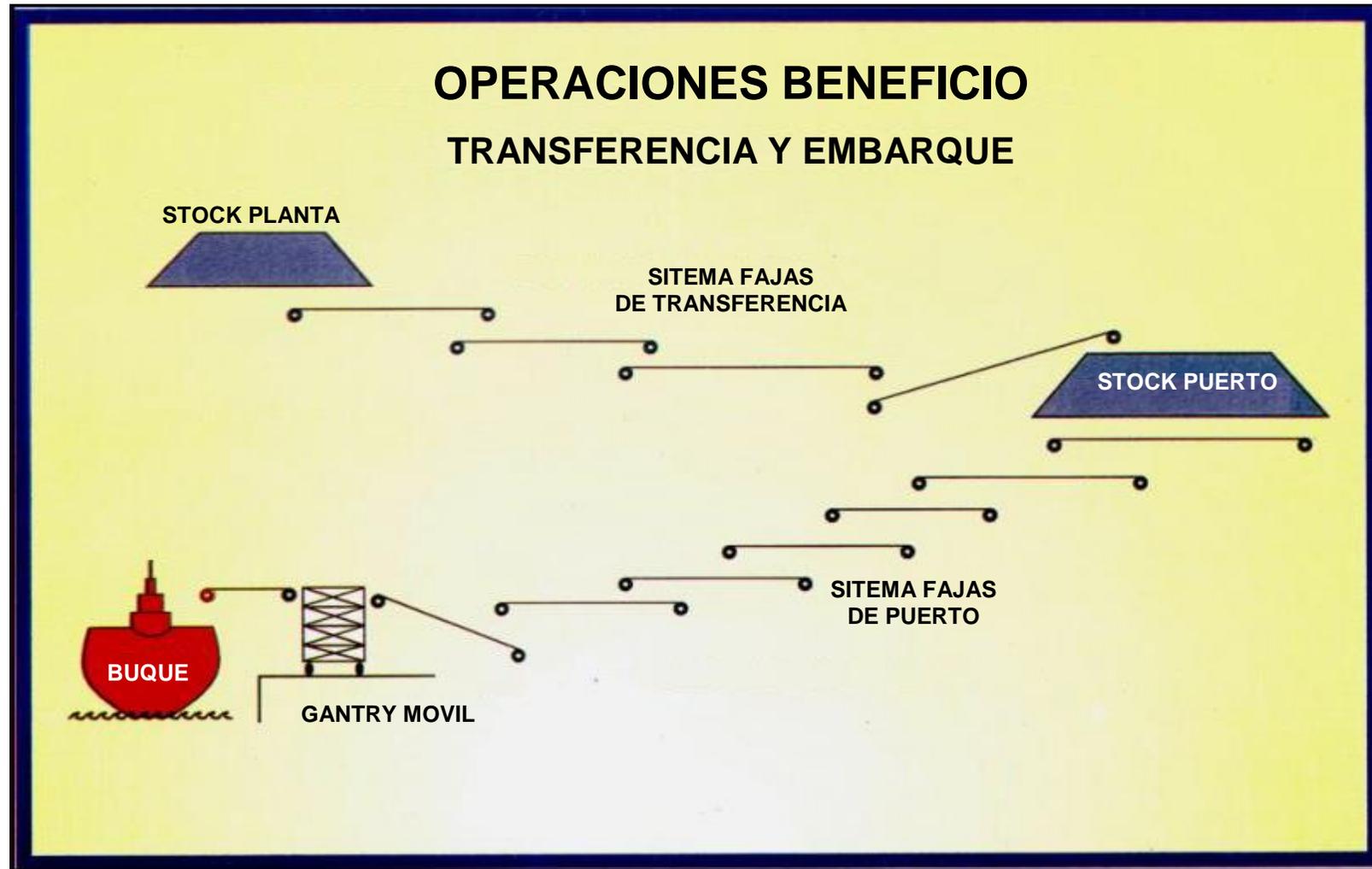
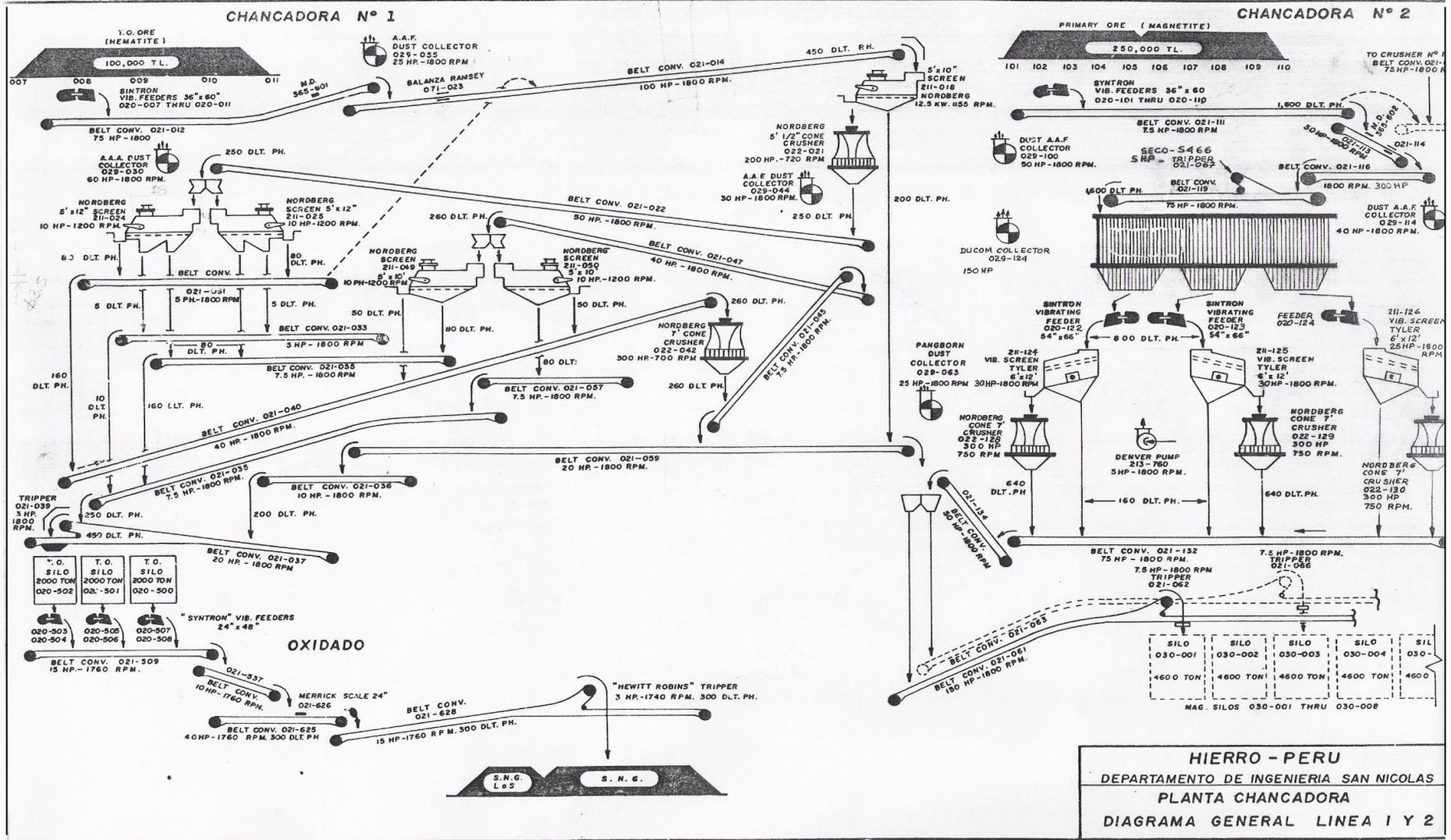


Gráfico N° 10 Diagrama del Área de Transferencia y Embarque



**HIERRO - PERU**  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA SAN NICOLAS  
 PLANTA CHANCADORA  
 DIAGRAMA GENERAL LINEA I Y 2

18-06-99

NAVC

Gráfico N° 11 Diagrama de Flujo de Planta Chancadora

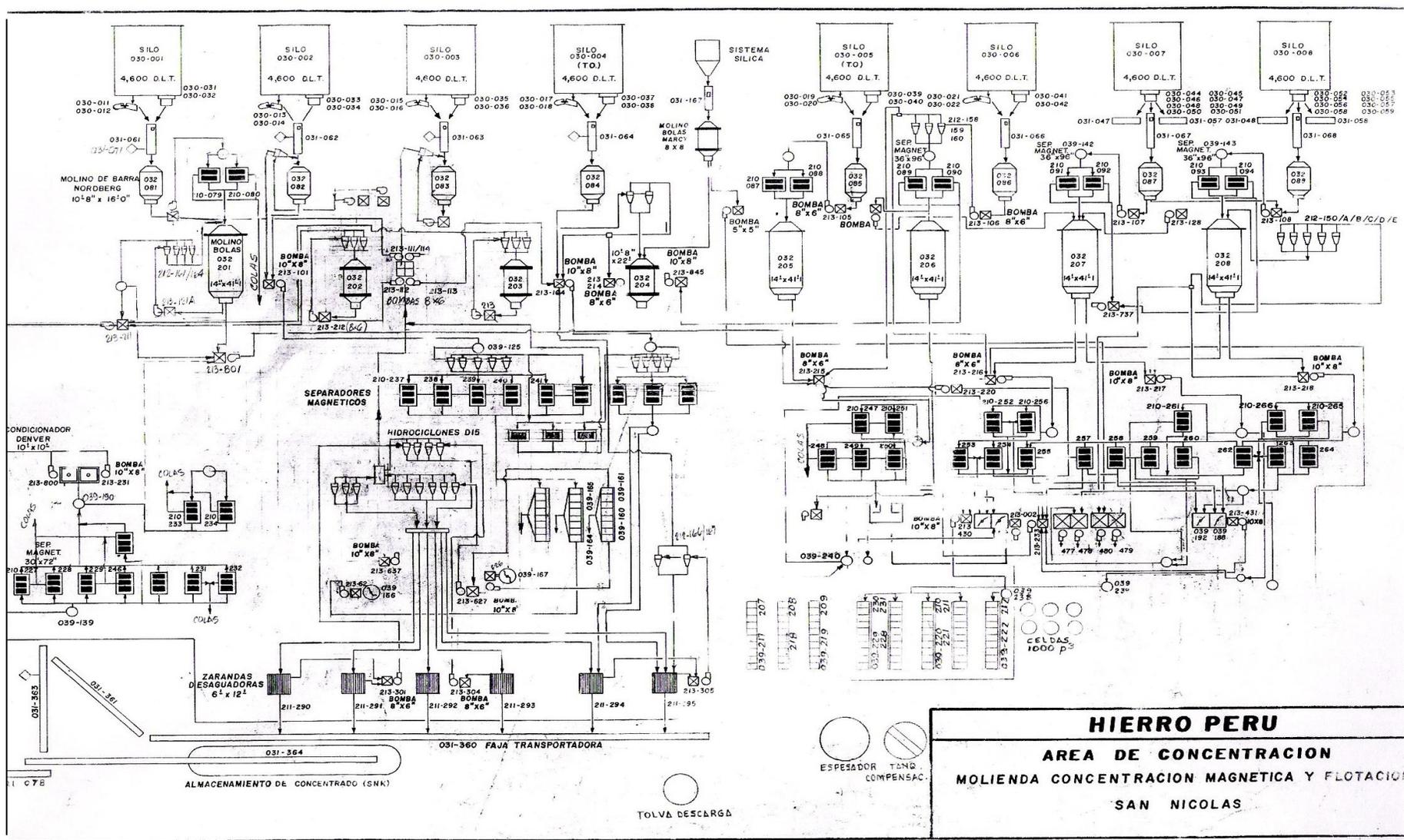


Gráfico N° 12 Diagrama de Flujo de la Planta de Concentración Magnética

**HIERRO PERU**  
**AREA DE CONCENTRACION**  
**MOLIENDA CONCENTRACION MAGNETICA Y FLOTACION**  
**SAN NICOLAS**

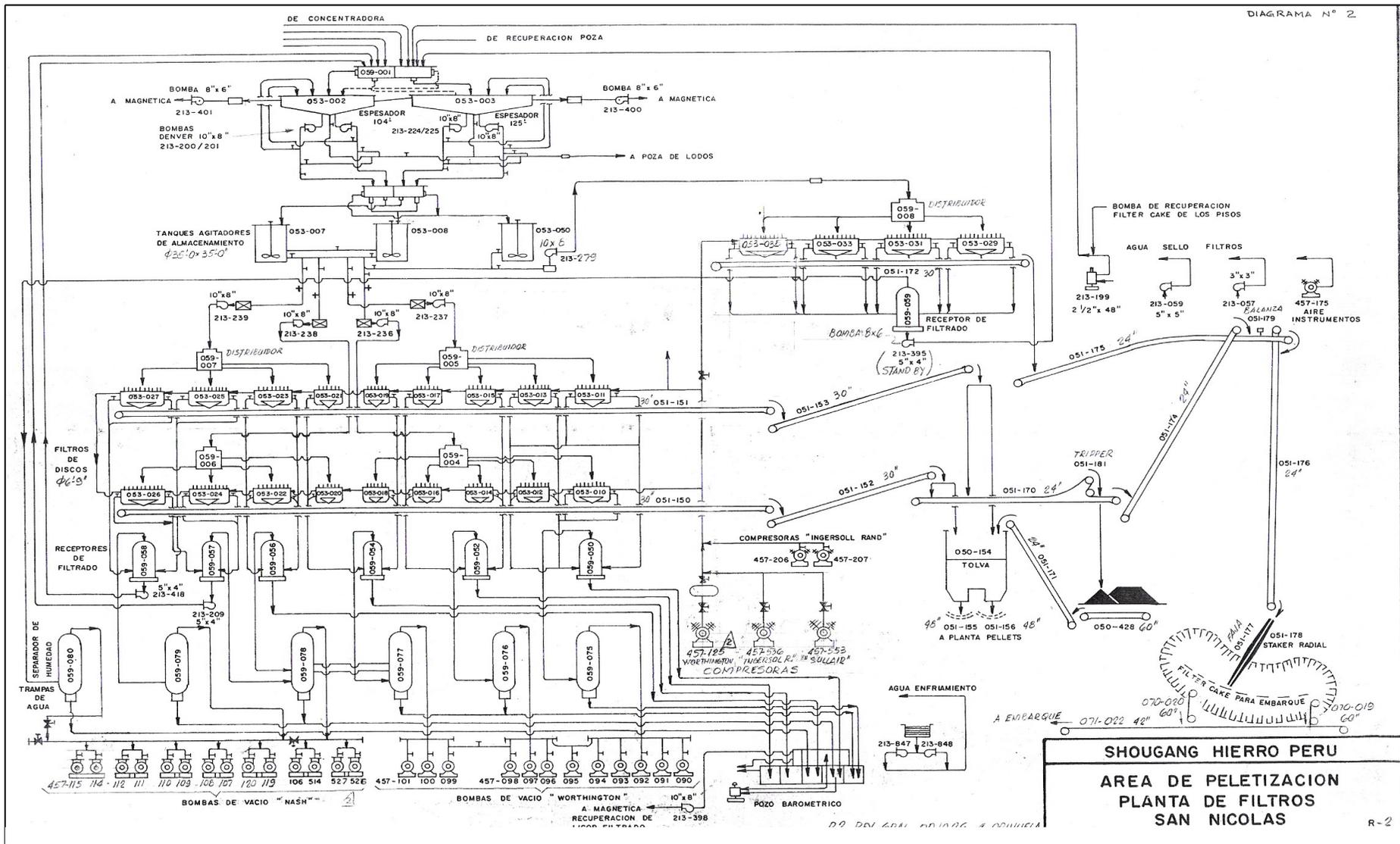
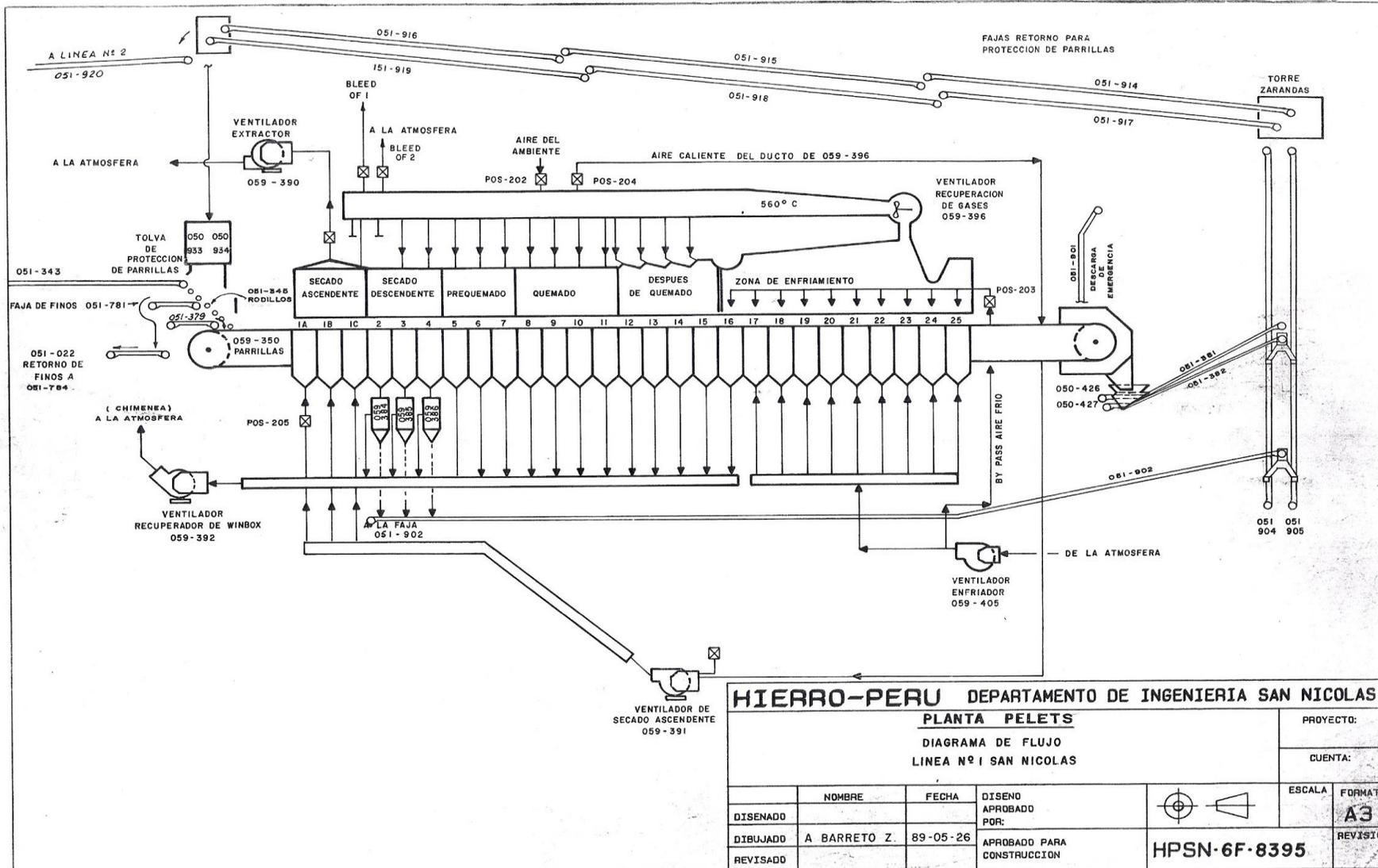
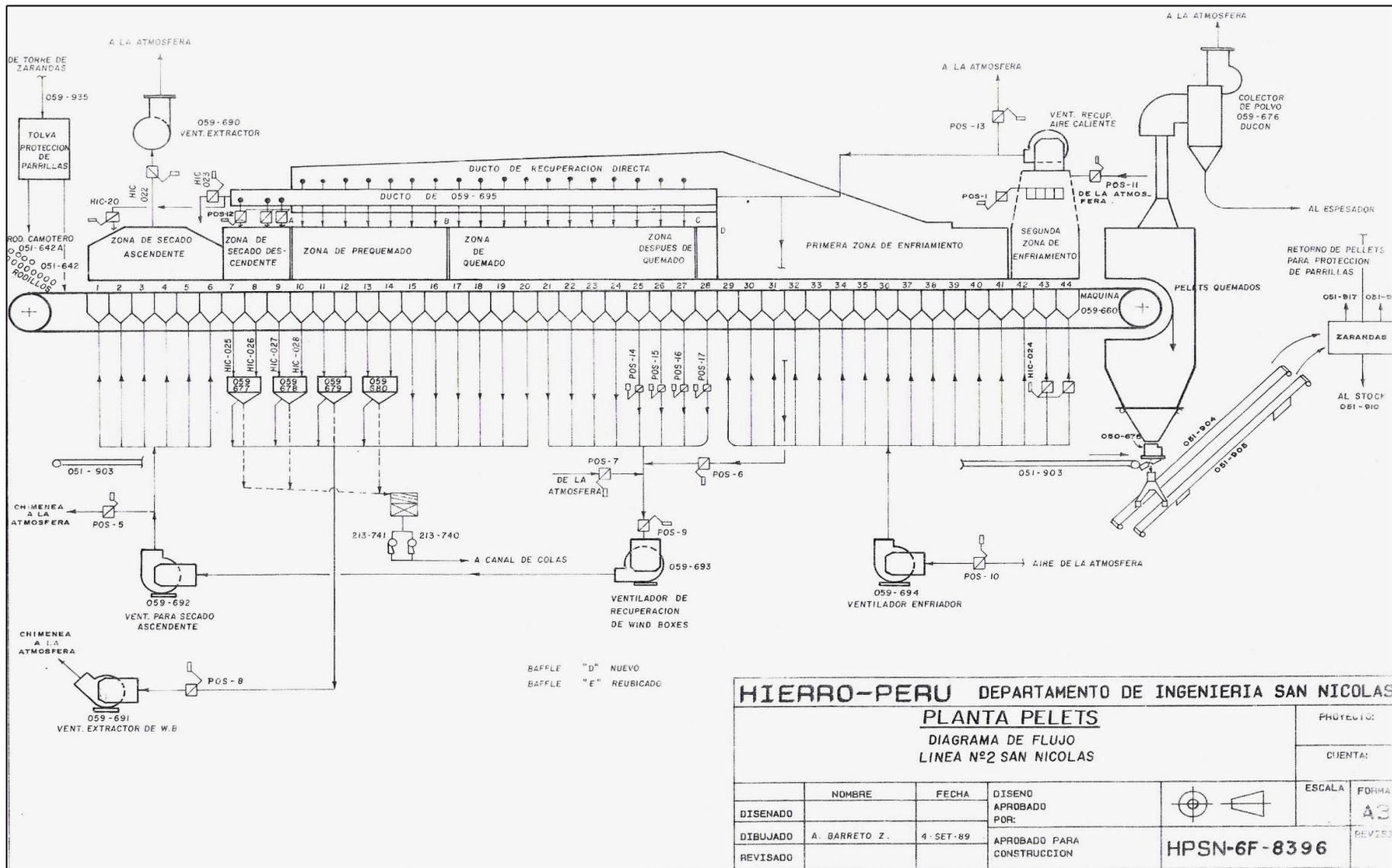


Gráfico N° 13 Diagrama de Flujo de Planta Filtros



<b>HIERRO-PERU DEPARTAMENTO DE INGENIERIA SAN NICOLAS</b>					
<b>PLANTA PELETS</b>					
DIAGRAMA DE FLUJO					
LINEA N° 1 SAN NICOLAS					
				PROYECTO:	
				CUENTA:	
	NOMBRE	FECHA	DISEÑO APROBADO POR:	ESCALA	FORMATO
DISEÑADO					<b>A3</b>
DIBUJADO	A BARRETO Z.	89-05-26	APROBADO PARA CONSTRUCCION		
REVISADO					
				<b>HPSN-6F-8395</b>	REVISOR

Gráfico N°14 Diagrama de Flujo del Horno de Línea N°1 Planta Pelets



**Gráfico N° 15 Diagrama de Flujo del Horno de Línea 2 Planta Pellets**

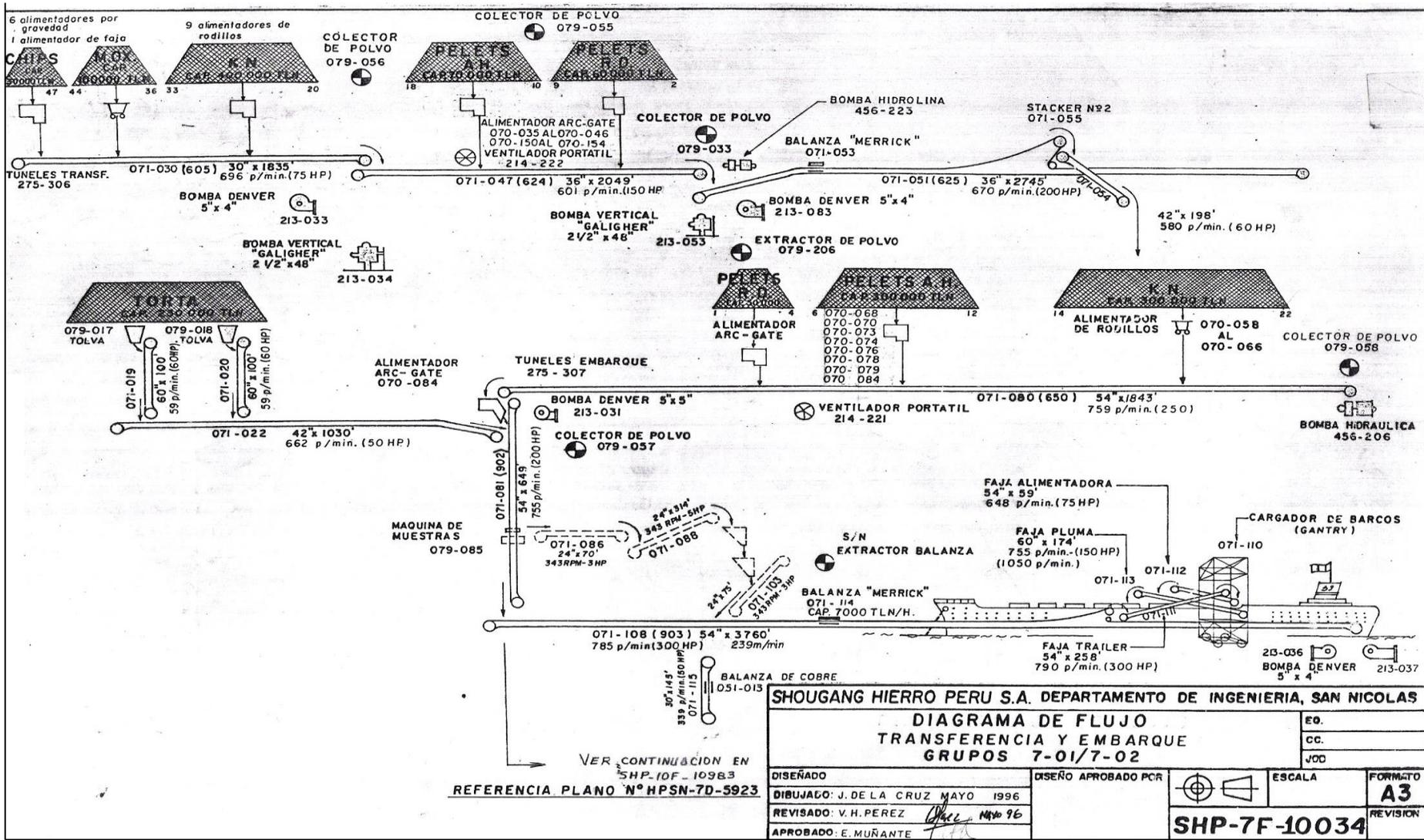


Gráfico N° 16 Diagrama de Flujo de Transferencia y Embarque

## **CAPITULO II**

### **PRIMERA ETAPA: EVALUACION DE 3 CIRCUITOS PARA TRATAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL Y OXIDADO**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

De acuerdo a las estadísticas del procesamiento de mineral transicional T.O. y oxidado, la recuperación global promedio obtenida con los circuitos tradicionales usados durante el periodo mayo '98 – enero 2001 se mantenía entre 50 – 52%; estos circuitos utilizaban molinos de barras, molinos de bolas, separación magnética con dos tambores y flotación.

Es así que se programó realizar una serie de pruebas cuyo principal objetivo era de poder lograr incrementar la recuperación en peso global del mineral transicional y del mineral oxidado.

En esta primera etapa de evaluación de circuitos para el tratamiento de minerales transicional y oxidado, se evaluaron tres circuitos a nivel planta, las cuales se fueron modificando con la finalidad de obtener los resultados requeridos. Estas pruebas tenían las siguientes características:

**1er Circuito:** Realizada entre el 27 junio al 02 julio del 2001 cuya característica radicaba en el retratamiento de las colas de separación magnética por doble cicloneo y remolienda intermedia de las mismas.

**2do Circuito:** Realizada entre el 14 y 20 de julio del 2001 en esta prueba se hizo remolienda en un molino de bolas de mayor dimensión, retratamiento de colas con doble cicloneo con remolienda final

**3er Circuito:** Realizada en dos etapas; la primera comprendida entre 23 y 25 de agosto del 2001 cuya característica era el empleo de separadores magnéticos finisher 30"x 72" y la segunda etapa comprendida entre el 25 y 30 de agosto del 2001 en la que se usaron separadores magnéticos cobber 36" x 96".

## **2.2 PRIMER CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL.**

En este circuito a evaluar se consideró el retratamiento de las colas de separación magnética por doble cicloneo y remolienda intermedia de las mismas, sin perjudicar la calidad del concentrado final.

Estas pruebas se llevaron a cabo entre el 27 junio y el 02 de julio del 2001 a nivel industrial.

En el Gráfico N° 17 se observa el Diagrama de Flujo de este circuito.

### 2.2.1 DESCRIPCION DEL CIRCUITO.

El circuito comprendió las siguientes etapas:

- Molienda en molinos de barras Nordberg de 10'8" de diámetro por 16' de largo con un motor de 700 HP y remolienda en molinos de barras modificados a bolas para poder obtener una granulometría 30 – 35% -325M.
- Uso de tambores magnéticos de alta intensidad (700 – 100 Gauss), de 36"  $\Phi$  x 96" de longitud.
- Tratamiento de las colas de separación magnética con doble cicloneo con remolienda intermedia para mejorar la recuperación en peso y la eliminación de azufre, cobre e insolubles.
- Tercera etapa de molienda (en molinos de bolas de 10'3" de diámetro por 22'51/2" de largo con un motor de 1250HP) del concentrado magnético unido al U/F de la 2da etapa de cicloneo de colas de separación magnética.
- Flotación.

### 2.2.2 ANALISIS DEL CIRCUITO.

#### - Molienda de barras.

El molino de barras operó en circuito abierto a un ritmo de 153,9 TLH recibiendo mineral chancado en Planta 1 con fracción +1/2" entre 10 – 15%. El consumo específico de energía fue de 2,79 kw-hr/TC valor relativamente alto, tanto por la dureza característica del mineral como por la necesidad de mantener el tonelaje de

alimentación estable en +/- 160 TLH, además trabajo con una carga nominal de 89,7%.

- **Segunda etapa de molienda.**

Se realizó en los molinos de barras modificados a bolas BM 3A y BM 4A operando ambos en circuito cerrado. La performance de cada circuito fue la siguiente:

Circuito Cerrado	TLH	Eficiencia	% Carga Nominal	-325 Malla Alimento	-325 Malla O/F Cy
BM 3A	99,4	0,512	76,4	14,3	33,0
BM 4A	54,5	0,404	77,2	14,3	41,3

Observamos con claridad que en el circuito cerrado del BM 4A la eficiencia fue mayor debido al uso de ciclones D-15 comparado con el circuito cerrado del BM 3A el cual usó un ciclón D-26 (inclinado).

- **Clasificación en ciclones.**

Se usó una batería de 4 ciclones, tratándose de evitar la clasificación del material y su concentración gravimétrica pero en promedio un 14,0% de la carga pasó al O/F en tanto que el 86,0% pasó al U/F ambos para ser tratados por separación magnética.

- **Separación magnética finisher.**

El U/F fue tratado en 4 separadores magnéticos (210 – 237 al 240) de un solo tambor cada uno. La recuperación en peso promedio fue de 54,3%. El O/F fue tratado en el separador 210 – 242 con una recuperación en peso promedio de 10,8%. A continuación se muestra los resultados de estos separadores:

	Sep. Mag. 210-237 al 240 Alimentado por el U/F	Sep. Mag. 210 – 242 Alimentado por el O/F
Recuperación de Fe	60,5	15,5
Eliminación de S	73,1	97,7
Eliminación de Cu	66,4	95,1
Eliminación de Insolubles	70,8	98,3

- **Tercera etapa de molienda.**

Se realizó en los molinos de bolas BM2 y BM4 operando ambos en circuito cerrado.

La performance de cada circuito fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -h	% Carga nominal	-325M. Alim	-325M O/F
BM 2	55,1	0,355	99,0	27,9	61,3
BM 3 *	53,1	0,356	96,3	23,1	58,7
BM 3 **	46,9	0,347	96,3	25,4	65,7
BM 4	43,6	0,332	97,6	27,9	67,7

El BM3 \*\* se utilizó primero en la remolienda de las colas en el retratamiento con doble cicloneo y a partir del 30 de junio operó conjuntamente con el BM2 y BM4. La dificultad para regular la carga de alimentación a los molinos, desde el sumidero de 4 vías ha causado variación en la granulometría del producto de los circuitos cerrados, por lo que siempre a pesar de las regulaciones, ha habido desbalances de carga.

- **Flotación.**

Se realizó con los bancos de flotación 039-211/212/214 en promedio con un porcentaje de sólidos de 20-22% y 10,0 minutos de tiempo de flotación. El consumo de reactivos ha sido elevado (Xantato 0,1448 lb/TL alim, y de espumante 0,0789 lb/TL alim) debido al mayor contenido de material hematítico en alimento a flotación

por el retratamiento de colas. La recuperación en peso del concentrado fue de 88,17%, en tanto la eliminación de azufre para esta etapa fue de 62,5% y la eliminación de cobre fue de 36,6% en promedio.

### **2.2.3 PRUEBA DE RETRATAMIENTO DE COLAS NO-MAGNETICAS POR MEDIO DE DOBLE CICLONEO.**

Habiéndose implementado el circuito para el retratamiento de colas no-magnéticas, este operó desde el inicio con la siguiente secuencia:

- Colas Sep. Magnéticos – Cicloneo – Remolienda en BM 3 – cicloneo – U/F a mezcla con el conc. Magnético.

A partir del 30 de Junio se operó de la siguiente manera:

- Colas Sep. Magnéticos – cicloneo – cicloneo – U/F a mezcla con el conc. Magnético.

El sistema de retratamiento con remolienda intermedia permitió recuperar 45.1% de las colas con leyes de Fe 53,9%, S 1,237%, Cu 0,097%, FeO 2,3%, Insol 16,53%.

El sistema de retratamiento sin remolienda intermedia permitió recuperar 65,8% de las colas con leyes de Fe 54,1%, S 1,016%, Cu 0,086%, FeO 2,6%, Insol 15,99%.

Se ha observado que los contenidos de FeO han ido disminuyendo con el transcurrir de la prueba, habiéndose mantenido la recuperación global de 67,2% +/- 2,9 variando la composición del material magnético y no magnético en el concentrado final de T.O.:

TABLA N°1

Día	FeO Alimento al RM2	% Concentrado magnético	% Concentrado no magnético
27 – Junio	9,5	77,5	22,5
	8,2	76,2	23,8
28 – Junio	7,7	76,8	23,2
	7,3	73,9	26,1
	7,1	70,8	29,2
29 – Junio	4,3	54,8	45,2
	4,7	58,4	41,6
	4,6	58,3	42,7
30 – Junio	5,3	53,8	46,2
	5,6	51,7	48,3
01 – Julio	6,0	64,6	35,4
	5,8	66,3	33,7
02 – Julio	6,9	59,3	40,7
	6,9	56,3	43,7

#### 2.2.4 CONCLUSIONES

- Según los resultados de este primer circuito se cumplió con el principal objetivo, la recuperación global en peso del concentrado de mineral transicional fue de 67,2%, recuperando la parte magnética en separadores de 1 tambor y retratamiento de colas por doble cicloneo, pese a la constante variación de FeO. Por lo tanto se planteó este circuito como el primero para beneficiar el mineral transicional.
- En la Tabla N°2 podemos comparar los resultados obtenidos de un circuito tradicional de producción versus el primer circuito de beneficio de mineral transicional, de estos resultados vemos que logramos incrementar en más del

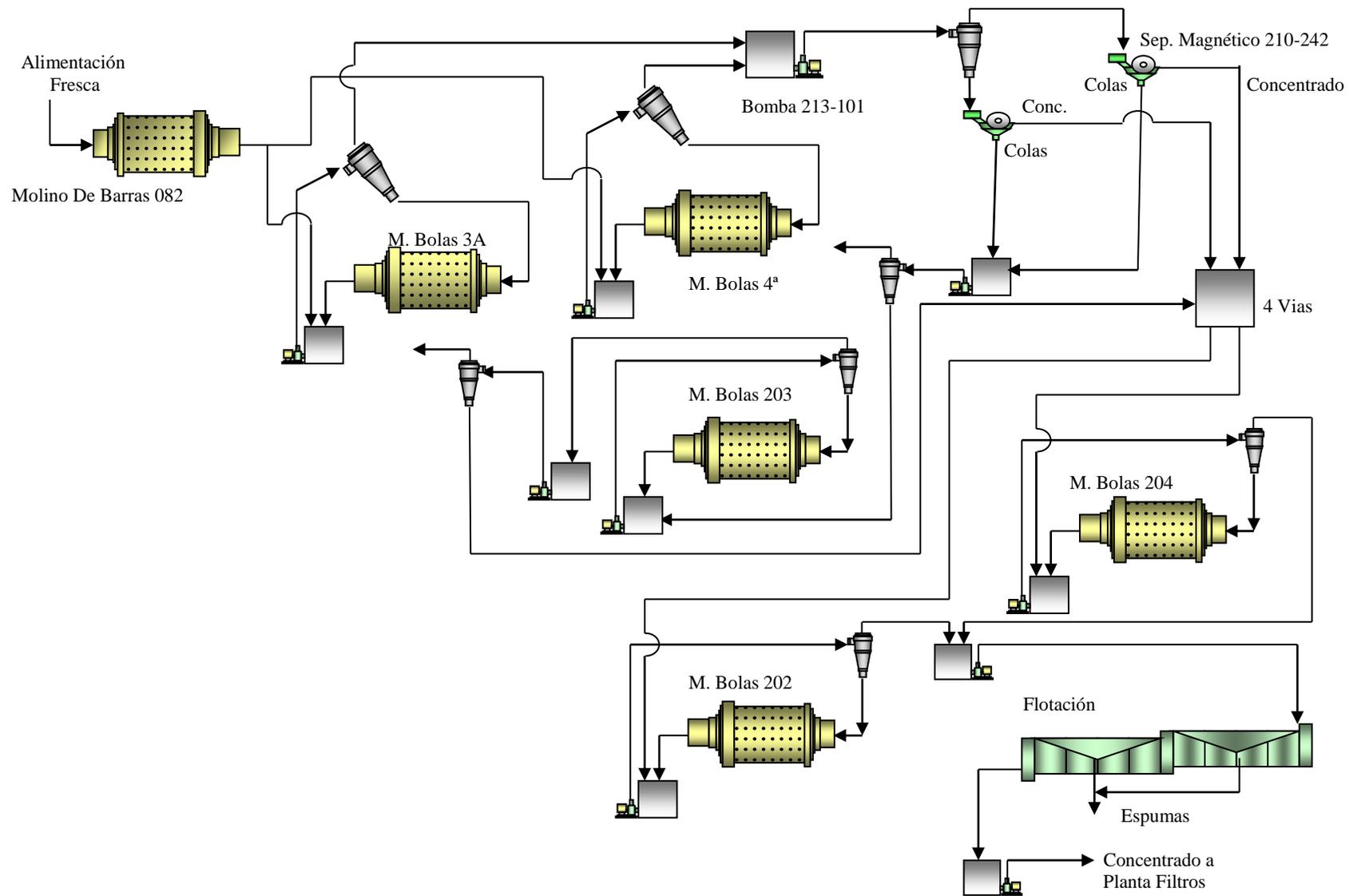
30,0% la recuperación en peso global, de igual forma la recuperación de Fe se ha incrementado, mientras que la eliminación de azufre, cobre e insolubles han disminuido notablemente.

**TABLA N°2**

<b>Concentrado T.O. Final 1ra Prueba</b>	<b>Fe : 61,7%</b>	<b>S : 0,286%</b>	<b>Cu : 0,047%</b>
	<b>Circuito Tradicional</b>		<b>1ra prueba</b>
<b>% Recup. en peso global</b>	51,0		67,2
<b>% Recuperación de Fe</b>	60,7		74,4
<b>% Eliminación de S</b>	96,2		82,1
<b>% Eliminación de Cu</b>	86,4		66,3
<b>% Eliminación de insolubles</b>	90,4		56,5
<b>-325 Malla conc. T.O.</b>	72,5		63,1
<b>Consumo de agua</b>	TL agua / TL alim. Al circuito		4,61
	TL agua / TL de conc.		6,86
<b>Consumo de energía</b>	5126 Kw-hr	49,58 Kw-hr / TL conc.	
		33,31 Kw-hr / TL alimentada	

- De acuerdo a estos resultados, como acción inmediata se sugirió mejorar la calidad del concentrado de doble cicloneo haciendo uso de una mayor cantidad de ciclones D-15, D-10 o D-6; que nos garantizará una mejor granulometría de las colas.

- Planteé mejorar la eficiencia de flotación con uso de reactivos específicos, mejorar la remolienda de colas en los molinos de bolas haciendo uso de molinos de mayores dimensiones para garantizar una mejor remolienda.
  
- En la Tabla N°3 se puede observar el cuadro resumen del control horario del concentrado final de este primer circuito, ahí podemos ver como es que la recuperación global de Fe llega a 61,7%, en cuanto a la eliminación de S aún no se obtiene valores por debajo del máximo permisible.
  
- En el Gráfico 18 observamos la variación puntual cada 2 horas del Fe, S, FeO y Malla -325, en la que se observa como varían con el transcurrir de la prueba, llegando a sobrepasar los rangos permisibles para cada elemento en algunos casos.
  
- En el anexo 5.1 se muestran los balances metalúrgicos mas representativos de este primer circuito, cada balance representa un compósito de 8 horas que lo hace representativo considerando que la ley de cabeza del mineral transicional no es uniforme, en cada uno de estos balances podemos observar que la recuperación metalúrgica del Fe es elevada, al igual que la recuperación en peso global, lo que demuestra que el retratar las colas de los separadores magnéticos es bastante beneficioso.



**Gráfico N° 17 Diagrama de Flujo del Primer Circuito de Beneficio de Mineral Transicional**

**TABLA N°3**

**CONCENTRADO FINAL DE MINERAL TRANSICIONAL T.O.  
PRIMER CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL**

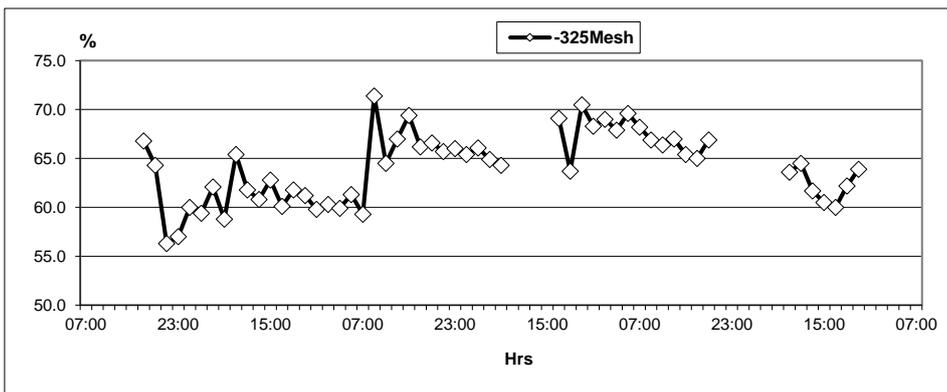
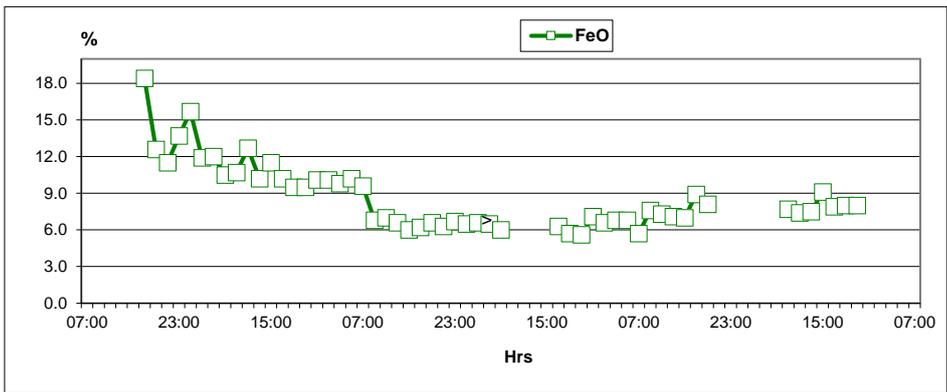
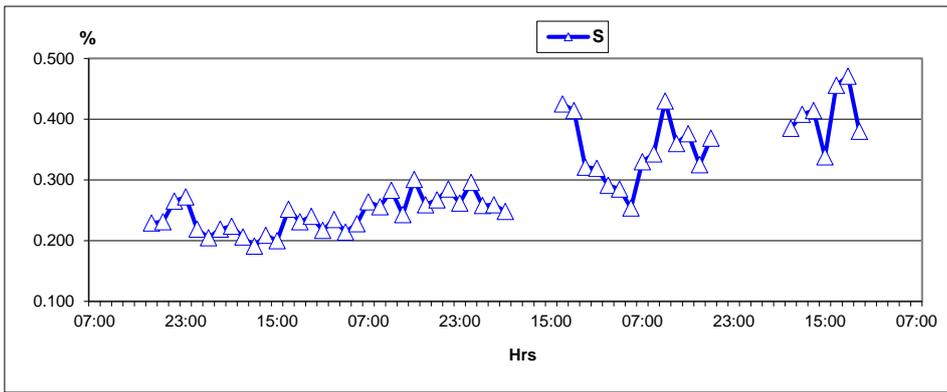
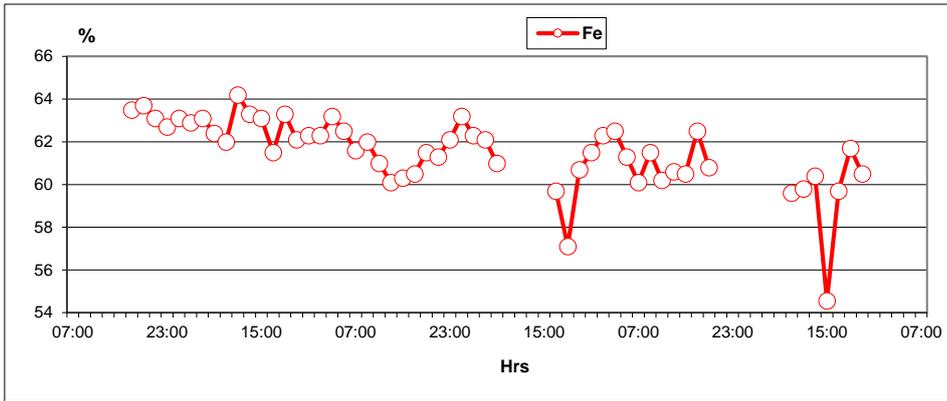
Fecha	Hora	Fe	S	Cu	FeO	-325Mesh
27-jun-01	07:00					
	09:00					
	11:00					
	13:00					
	15:00					
	17:00	63.5	0.229	0.035	18.4	66.8
	19:00	63.7	0.231	0.042	12.6	64.3
	21:00	63.1	0.265	0.038	11.5	56.3
	23:00	62.7	0.272	0.038	13.7	57.0
	01:00	63.1	0.219	0.034	15.7	60.0
	03:00	62.9	0.205	0.034	11.9	59.4
	05:00	63.1	0.219	0.039	12.0	62.1
	28-jun-01	07:00	62.4	0.224	0.044	10.5
09:00		62.0	0.206	0.048	10.7	65.4
11:00		64.2	0.191	0.041	12.7	61.8
13:00		63.3	0.209	0.041	10.2	60.8
15:00		63.1	0.200	0.020	11.5	62.8
17:00		61.5	0.252	0.046	10.2	60.1
19:00		63.3	0.231	0.038	9.5	61.8
21:00		62.1	0.240	0.048	9.5	61.2
23:00		62.3	0.217	0.045	10.1	59.8
01:00		62.3	0.235	0.049	10.1	60.3
03:00		63.2	0.214	0.046	9.8	59.9
05:00		62.5	0.228	0.049	10.2	61.3
29-jun-01		07:00	61.6	0.264	0.049	9.6
	09:00	62.0	0.256	0.041	6.8	71.4
	11:00	61.0	0.283	0.039	7.0	64.5
	13:00	60.1	0.243	0.042	6.6	67.0
	15:00	60.3	0.301	0.048	6.0	69.4
	17:00	60.5	0.259	0.050	6.2	66.2
	19:00	61.5	0.267	0.047	6.6	66.6
	21:00	61.3	0.285	0.050	6.3	65.7
	23:00	62.1	0.262	0.041	6.7	66.0
	01:00	63.2	0.296	0.045	6.5	65.4
	03:00	62.3	0.258	0.047	6.6	66.1
	05:00	62.1	0.259	0.044	6.5	64.9
	30-jun-01	07:00	61.0	0.248	0.049	6.0
09:00						
11:00						
13:00						
15:00						

Fecha	Hora	Fe	S	Cu	FeO	-325Mesh
30-jun-01	17:00	59.7	0.425	0.055	6.3	69.1
	19:00	57.1	0.414	0.060	5.7	63.7
	21:00	60.7	0.321	0.057	5.6	70.5
	23:00	61.5	0.319	0.045	7.1	68.3
	01:00	62.3	0.291	0.049	6.6	69.0
	03:00	62.5	0.285	0.047	6.8	67.9
	05:00	61.3	0.254	0.049	6.8	69.6
	01-jul-01	07:00	60.1	0.330	0.052	5.7
09:00		61.5	0.343	0.060	7.6	66.9
11:00		60.2	0.430	0.059	7.3	66.4
13:00		60.6	0.360	0.049	7.1	67.0
15:00		60.5	0.376	0.052	7.0	65.4
17:00		62.5	0.325	0.049	8.9	65.0
19:00		60.8	0.369	0.060	8.1	66.9
21:00						
02-jul-01	23:00					
	01:00					
	03:00					
	05:00					
	07:00					
	09:00	59.6	0.385	0.067	7.7	63.6
	11:00	59.8	0.408	0.059	7.4	64.5
	13:00	60.4	0.414	0.052	7.5	61.7
	15:00	54.6	0.338	0.042	9.1	60.5
	17:00	59.7	0.456	0.064	7.9	60.0
19:00	61.7	0.471	0.062	8.0	62.2	
21:00	60.5	0.380	0.056	8.0	63.9	
23:00						
01:00						
03:00						
05:00						
07:00						

PROMEDIO GLOBAL	61.7	0.286	0.047	8.8	63.9
-----------------	------	-------	-------	-----	------

PROMEDIO 1ra Etapa	62.3	0.243	0.043	9.7	63.0
--------------------	------	-------	-------	-----	------

PROMEDIO 2da Etapa	60.4	0.366	0.055	7.2	65.7
--------------------	------	-------	-------	-----	------



**GRAFICO N° 18**

**CONCENTRADO FINAL DE MINERAL TRANSICIONAL T.O.  
PRIMER CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL**

## **2.3 SEGUNDO CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL.**

En el primer circuito de beneficio de mineral transicional realizada en junio-julio del 2001 se usaron molinos de barras, molinos de bolas chicos y separación magnética con un tambor, se consideró el retratamiento de las colas de separación magnética por doble cicloneo y remolienda intermedia de las mismas, los resultados mostraron que las recuperaciones globales fueron 67,2% +/- 2,5 por lo que se realizó un segundo circuito entre el 14 y 20 de julio del 2001, en este circuito se hizo remolienda en un molino de bolas de mayor dimensión y retratamiento de colas con doble cicloneo con remolienda final.

El mineral utilizado para esta prueba fue transicional de bajo contenido de FeO aprox. de 5,0 – 6,5%, y mineral oxidado de FeO 4,0 – 5,0% y S 0,300 – 0,400%.

En el Gráfico N° 19 se observa el Diagrama de Flujo de este circuito.

### **2.3.1 DESCRIPCION DEL CIRCUITO**

El circuito comprendió las siguientes etapas:

- Molienda en molinos de barras Nordberg de 10'8" de diámetro por 16' de largo con un motor de 700 HP y remolienda en molinos de bolas grande de 14"  $\Phi$  x 41,1' de largo y 4000 HP para poder obtener una granulometría 60 – 65% -325M.
- Uso de tambores magnéticos de alta intensidad (700 – 1000 Gauss), de 36"  $\Phi$  x 96" de longitud.

- Tratamiento de las colas de separación magnética con doble cicloneo con remolienda final para mejorar la recuperación en peso y la eliminación de azufre, cobre e insolubles.
- Flotación del concentrado magnético unido al U/F remolido de la 2da etapa de cicloneo de colas de separación magnética.

### 2.3.2 ANÁLISIS DEL CIRCUITO

#### - Molienda de barras.

El molino de barras 085 operó en circuito abierto a un ritmo de 145,8 TLH recibiendo mineral chancado en Planta 1 con fracción +1/2" entre 12-16%. El consumo específico de energía ha sido 3,17 kw-h/TC valor relativamente alto, tanto por la dureza característica del mineral como por la necesidad de mantener reducido el tonelaje de alimentación en  $\pm$  140 TLH. Este molino operó a 96,6% de carga nominal.

#### - Remolienda en circuito cerrado de molino de bolas.

Se realizó en el molino de bolas 206 operando en circuito cerrado y recibiendo la descarga del molino de barras 085. La performance de este circuito fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	% Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 206	145,8	0,429	97,2	17,8	64,6

Se observa una buena eficiencia debido al uso de ciclones D-15. Sin embargo la granulometría del O/F ha sido un poco baja, ya que debió situarse entre 65 - 70% -325M de manera que el concentrado de separación magnética no se engrosará demasiado, habiendo operado el molino a 70% de sólidos. La carga circulante promedio fue 83,5%.

- **Separación magnética Finisher.**

El O/F del circuito cerrado del BM 206 fue tratado en 5 Sep. Magnéticos Finisher de un solo tambor.

La ley de FeO alimentado ha fluctuado entre 4,2 y 6,7%. La recuperación en peso promedio ha sido 39,3%, ocurriendo que cuando la ley de FeO es de 4,2% (mineral oxidado) la recuperación en peso solo fue 28,5%.

Recuperación de Fe	44,4
Eliminación de S	86,6
Eliminación de Cu	78,8
Recuperación de FeO	75,5

Se observa que a mayor liberación del mineral y menor ley de FeO, la separación magnética genera menor recuperación en peso, pero con un concentrado más limpio eliminando mejor las impurezas S y Cu.

- **Retratamiento de colas no-magnéticas.**

Las colas de separación magnética fueron doblemente cicloneadas (utilizando el mismo sistema empleado en la primera prueba). La mayor finura de las colas fue favorable a una mejor concentración de Fe y FeO así como para mejorar la

eliminación de S y Cu. Este sistema de doble cicloneo permitió recuperar 48,0% de las colas no-magnéticas generadas, con leyes de Fe: 58,3%, S: 0,709%, Cu: 0,080%, FeO 2,8%.

Las leyes de FeO del mineral alimentado al circuito mostraron valores de hasta 4,2% cuando se procesó mineral Oxidado.

- **Remolienda del U/F del 2do. Cicloneo.**

Se realizó inicialmente en el molino de bolas BM 4A y luego en el BM 4 por su mayor capacidad, operando ambos en circuito cerrado. La performance del circuito cerrado del BM 4 fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	% Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 204	42,1	0,303	99,5	26,6	62,8

Se observa una baja performance de molienda por el paulatino incremento de la cantidad de colas no-magnéticas para remoler. Cuando los niveles de FeO disminuyeron a 4,2-4,3 la cantidad a remoler se incrementó hasta 56,7 TLH desde un inicial 34,3 TLH.

El molino BM 4 operó a 79% de sólidos con una carga circulante de 148,7%.

- **Flotación.**

Reunidas las dos cargas: concentrado de separación magnética y el U/F del 2do. cicloneo remolido, se alimentó a los bancos de flotación 039-230/231/210/211 en promedio con un porcentaje de sólidos de 20-22% y 12,5 minutos de tiempo de

flotación. El consumo de reactivos ha sido alto (Xantato 0,1884 lb/TL alim, Espumante 0,0878 lb/TL alim.) debido al mayor contenido de material hematítico en alimento a flotación, por el retratamiento de colas.

La recuperación en peso del concentrado ha sido 90,0%, en tanto la eliminación de azufre para esta etapa, ha sido 54,3% y la eliminación de cobre: 40,2% en promedio.

### 2.3.3 CONCLUSIONES

- En este circuito se ha utilizado mineral transicional y luego mineral oxidado, en consecuencia existió variación en el contenido de FeO.

Según los resultados este circuito nos dio una baja recuperación en peso global (comparada con los resultados del primer circuito realizada en junio-julio) debido al bajo contenido de FeO en los crudos y a la separación magnética con mineral mas fino (60-65% -325M).

Operar el BM 206 a un ritmo de 145,8 TLH no fue ventajoso para el circuito, este molino normalmente trabaja a 120-130 TLH para obtener una granulometría > 70,0% -325M.

- El concentrado final dado por este circuito tiene menor contenido de S, Cu e Insolubles y mayor nivel de Fe, sin embargo comparado con el concentrado del circuito del primer circuito (prueba de junio-julio) es de menor finura, a pesar de las menores TLH alimentadas al circuito.

➤ Para determinar la mejor granulometría en la que obtendríamos una buena recuperación en peso se planteó realizar pruebas en laboratorio, de estas pruebas se determinó que es mejor efectuar la separación magnética de los minerales transicional y oxidado a una granulometría gruesa (30-35% -325M ver Gráfico N° 20) debido a que al estar ligados todavía no-magnéticos a la parte magnética, parte de los primeros va hacia el concentrado incrementando el % de recuperación, lo que no ocurre al efectuar la separación magnética a mayor finura, en la que el Fe no-magnético se va a las colas bajando el porcentaje de recuperación pero con mayor eliminación de impurezas.

➤ Planteamos dos circuitos nuevos para tratar los minerales transicional y Oxidado, similar al del primer circuito con ligeras modificaciones (ver Gráficos N° 21 y N° 22) de la manera siguiente :

- **Circuito para el Tratamiento de Mineral T.O.**

Molino de barras - Circuito cerrado molino de bolas – Cicloneo -Separación magnética de 1 tambor para el U/F - Separación magnética de 3 tambores para el O/F - Retratamiento de colas con doble cicloneo - Unión del conc. de Sep. Magnética con el U/F del 2do. cicloneo – Remolienda en 2 molinos de bolas, BM4A – Flotación.

(Circuito similar al utilizado en la primera prueba de junio-julio 2001 en Línea 2)

- **Circuito para el tratamiento de Mineral Oxidado**

Molino de barras - Circuito cerrado molino de bolas - Cicloneo para elevar la ley de Fe y eliminar S, Cu, Insol. - Remolienda del U/F en 3 molinos de bolas – Flotación.

(El mineral Oxidado tiene leyes aproximadas: Fe 58 – 60,0%, S < 0,400%, FeO < 5,0%)

- En la Tabla N°4 podemos comparar los resultados obtenidos del primer circuito versus el segundo circuito de beneficio de mineral transicional, en el segundo circuito la recuperación en peso global ha disminuido, así como la recuperación metalúrgica del Fe, esto debido en su mayor parte al bajo contenido de FeO en el mineral de cabeza alimentado al circuito, pero el contenido de S, Cu, Insolubles en el concentrado final es menor que el de la primera prueba es decir se ha dado una mayor eliminación de estos elementos.
  
- En la Tabla N° 5 se puede observar el cuadro resumen del control horario del concentrado final de este segunde circuito, ahí podemos ver como es que la recuperación global de Fe llega a 62,0%, en cuanto a la eliminación de S aún no se obtiene valores por debajo del máximo permisible, pero junto con el Cu e insolubles son valores mas bajos comparados a los del primer circuito.

TABLA N°4

<b>Concentrado T.O. Final 2do Circuito</b>	<b>Fe : 62,0 %</b>	<b>S : 0,227%</b>	<b>Cu : 0,039%</b>	<b>FeO : 7,8 %</b>
	<b>1er Circuito</b>		<b>2do Circuito</b>	
<b>% Recup. en peso global</b>	67,2		61,3	
<b>TLPH alimentadas al circuito</b>	153,9		145,8	
<b>% Recuperación de Fe</b>	74,4		67,7	
<b>% Eliminación de S</b>	82,1		83,2	
<b>% Eliminación de Cu</b>	66,3		72,9	
<b>% Eliminación de insolubles</b>	56,5		62,5	
<b>-325 Malla conc. T.O.</b>	63,1		61,5	
<b>Consumo de agua</b>	TL agua / TL alim. al circuito		6,06	
	TL agua / TL de concentrado		9,80	
<b>Consumo de energía</b>	5126 Kw-hr	57,11 Kw-hr / TL conc.		
		35,00 Kw-hr / TL alimentada		

**TABLA N°5**  
**CONCENTRADO FINAL DE MINERAL TRANSICIONAL T.O.**  
**SEGUNDO CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL**

Fecha	Hora	Fe	S	Cu	FeO	-325Mesh	
14-jul-01	07:00						
	09:00	62.5	0.255	0.054	7.8	48.7	
	11:00						
	13:00	62.7	0.256	0.048	10.5	61.8	
	15:00	60.3	0.297	0.047	8.6	55.7	
	17:00	62.5	0.249	0.043	8.4	57.8	
	19:00	62.3	0.259	0.048	7.6	60.1	
	21:00	62.7	0.252	0.062	8.7	59.6	
	23:00	62.5	0.275	0.048	8.4	65.6	
	01:00	58.0	0.254	0.060	7.1	66.2	
	03:00	57.8	0.279	0.058	6.7	63.3	
	05:00	59.6	0.231	0.056	9.4	66.4	
	15-jul-01	07:00	58.7	0.310	0.058	9.6	63.0
		09:00	62.1	0.309	0.052	7.2	67.1
11:00		62.7	0.268	0.046	9.1	64.8	
13:00		63.1	0.228	0.048	9.1	58.7	
15:00		62.7	0.249	0.059	9.7	58.3	
17:00		62.5	0.239	0.047	9.7	65.8	
19:00		62.3	0.267	0.043	8.5	65.3	
21:00		62.7	0.280	0.058	8.3	58.1	
23:00		62.3	0.218	0.054	8.0	60.7	
01:00		62.5	0.300	0.061	6.6	60.1	
03:00		64.9	0.240	0.053	12.0	62.3	
05:00		63.9	0.225	0.038	12.6	61.0	
16-jul-01		07:00	60.9	0.372	0.044	9.8	57.8
		09:00	61.5	0.284	0.057	8.2	61.7
	11:00	62.1	0.237	0.044	8.0	54.9	
	13:00	63.1	0.264	0.047	7.6	64.8	
	15:00	63.8	0.263	0.043	8.7	68.5	
	17:00	62.7	0.279	0.045	8.1	63.7	
	19:00	61.5	0.263	0.043	7.6	65.9	
	21:00	61.9	0.270	0.048	8.9	59.8	
	23:00	61.1	0.268	0.038	9.2	59.5	
	01:00	61.9	0.269	0.042	7.9	62.0	
	03:00	62.7	0.255	0.036	7.9	60.3	
	05:00	61.1	0.295	0.048	8.1	59.8	
	17-jul-01	07:00	61.5	0.258	0.039	8.7	60.1
		09:00	60.5	0.316	0.050	8.1	64.7
11:00		61.1	0.261	0.036	8.3	61.9	
13:00		61.9	0.264	0.037	8.8	61.1	
15:00		61.1	0.261	0.042	8.4	64.5	

Fecha	Hora	Fe	S	Cu	FeO	-325Mesh
17-jul-01	17:00	62.5	0.311	0.045	8.2	59.2
	19:00	62.9	0.281	0.044	7.7	60.7
	21:00	62.7	0.263	0.046	7.2	62.0
	23:00	61.8	0.316	0.044	7.3	57.5
	01:00	63.2	0.280	0.040	8.8	56.3
	03:00	64.0	0.272	0.047	8.8	61.9
	05:00	64.0	0.253	0.046	8.5	59.2
	18-jul-01	07:00	61.7	0.286	0.024	7.5
09:00		61.9	0.279	0.025	8.0	61.9
11:00		61.4	0.264	0.025	7.3	59.4
13:00		61.6	0.258	0.022	7.6	61.3
15:00		62.6	0.201	0.045	8.1	64.4
17:00		62.3	0.168	0.038	6.4	62.1
19:00		62.0	0.220	0.043	6.9	60.1
21:00		63.2	0.162	0.041	6.1	58.4
23:00		62.8	0.137	0.022	8.3	59.0
01:00		61.8	0.144	0.022	6.7	64.8
03:00		61.2	0.160	0.021	6.6	61.9
19-jul-01	07:00	63.1	0.135	0.030	6.7	61.1
	09:00	62.5	0.154	0.027	7.4	65.9
	11:00	61.5	0.161	0.030	5.5	60.2
	13:00	62.8	0.147	0.028	6.4	58.3
	15:00	63.1	0.125	0.023	11.9	66.5
	17:00	61.9	0.157	0.030	5.5	62.4
	19:00	62.5	0.178	0.031	6.8	61.0
	21:00	62.3	0.164	0.031	7.0	63.5
	23:00	62.6	0.161	0.023	6.7	62.8
	01:00	60.3	0.162	0.023	6.5	63.0
	03:00	61.1	0.153	0.020	6.0	61.3
20-jul-01	07:00					
	09:00	61.1	0.183	0.027	7.1	60.2
	11:00	62.5	0.133	0.024	6.0	57.2
	13:00	62.7	0.139	0.026	5.1	54.4
	15:00	60.7	0.141	0.028	8.3	62.1
	17:00	61.5	0.190	0.032	6.7	63.2
	19:00	61.9	0.206	0.038	6.1	65.3
	21:00	61.5	0.177	0.035	6.7	62.0
23:00	62.9	0.152	0.028	6.4	59.9	
01:00	61.3	0.148	0.025	5.1	57.1	
03:00	62.5	0.129	0.021	6.2	55.8	

PROMEDIO GLOBAL	62.0	0.227	0.039	7.8	61.5
-----------------	------	-------	-------	-----	------

- En el Gráfico 23 observamos la variación puntual cada 2 horas del Fe, S, FeO y Malla -325, en la que se observa como varían con el transcurrir de la prueba, llegando a sobrepasar los rangos permisibles para cada elemento en algunos casos.
  
- En el anexo 5.2 se muestran los balances metalúrgicos mas representativos de este segundo circuito, cada balance representa un compósito de 8 horas, en estos balances se observan los días en el que se procesó mineral oxidado, es claro ver que se obtiene una baja recuperación en peso por el bajo contenido de FeO presente en el mineral oxidado.
  
- En la Tabla N°6 se presenta el cuadro comparativo del circuito tradicional y de los diferentes circuitos realizados hasta el momento; en él vemos como la recuperación en peso global subió en el 1er circuito y bajo en el 2do circuito, por tanto se concluye que nos conveniente afinar el mineral antes de la separación magnética ya que se pierden muchas unidades de Fe, por tanto queda por analizar si obtenemos mayor recuperación con una etapa finisher o una etapa cobber, eso se plantea en el tercer circuito como ya se verá.

TABLA N°6

	<b>Circuito Tradicional</b>		<b>1er Circuito</b>	<b>2do Circuito</b>
Período	Mayo '98 – enero 2001		Junio-julio 2001	Julio 2001
TLH alim.	167,4	150,8	153,9	145,8
% Recup. Peso	51,0	48,3	67,2	61,3
% Recup. Fe	60,7	59,1	74,4	67,7
% Eliminac. S	96,2	96,4	82,1	83,2
% Eliminac. Cu	86,4	86,5	66,3	75,9
% Eliminac. Insol	90,4	92,9	56,5	----
<b>CARACTERISTICAS DEL CONCENTRADO FINAL</b>				
Contenido de Fe	67,7	67,4	61,7	62,0
Contenido de S	0,112	0,112	0,286	0,227
Contenido de Cu	0,059	0,048	0,047	0,039
Contenido de FeO	16,3	15,5	8,8	7,8
Malla -325M	72,5	71,5	63,1	61,5



Separación magnética de 1 tambor a diferente granulometría

Malla -325M	% Recuperación
30	40.6
40	41.5
60	43.4
70	42.5
75	41.1



Separación magnética de 1 tambor a diferente granulometría

\* Eliminación de S y Cu a diferente granulometría

Malla -325M	% Elim. S	% Elim. Cu
30	77.4	68.2
40	79.2	71.8
60	80.5	72.6
70	85.4	71.8
75	85.6	74.4

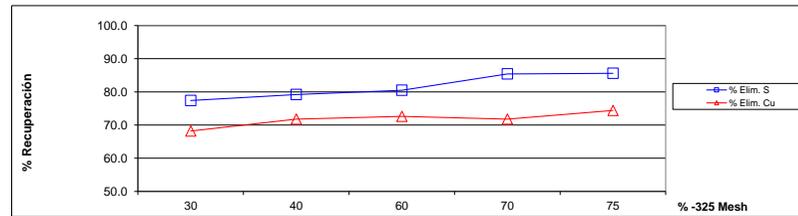
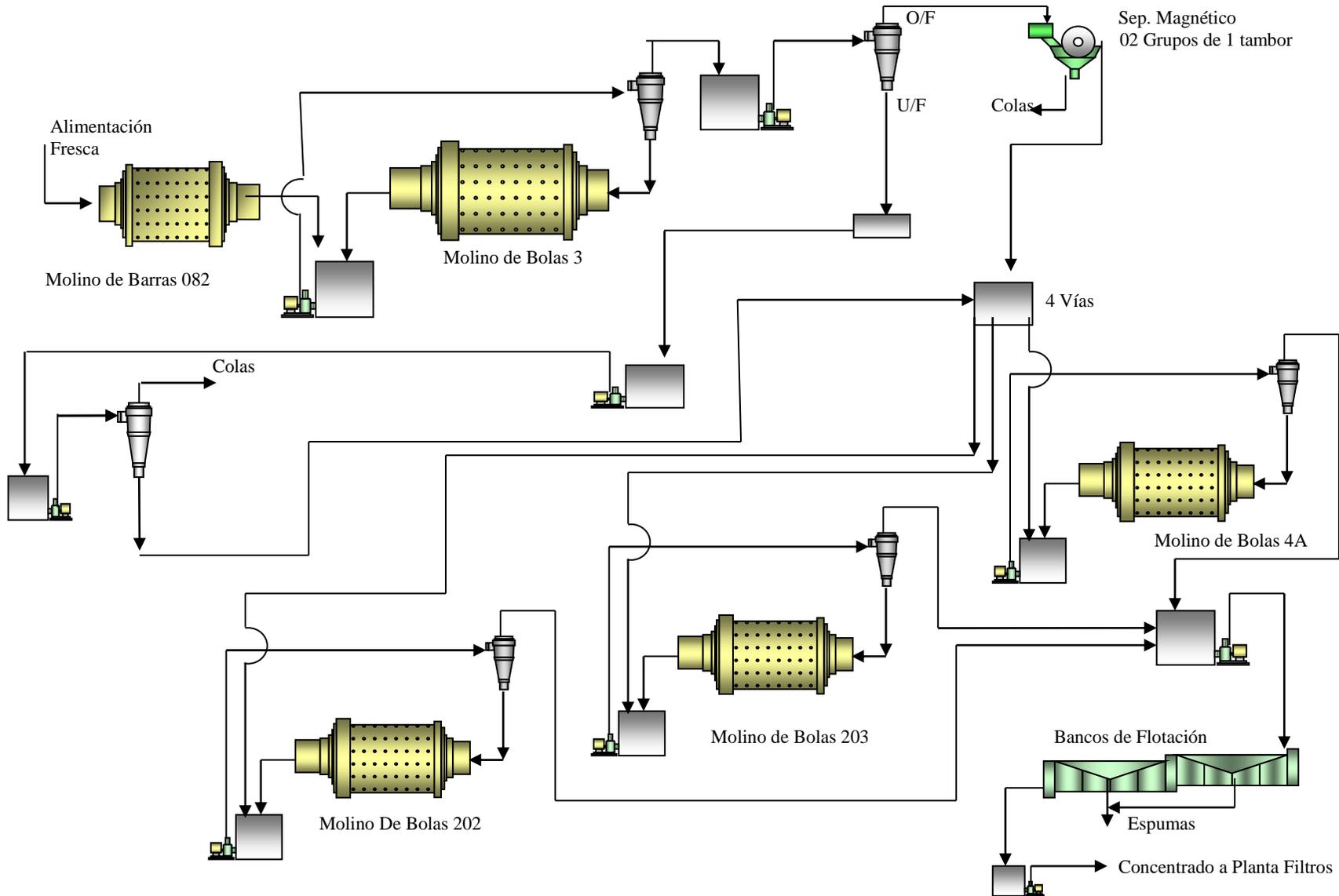


Gráfico N° 20 PRUEBAS DE LABORATORIO CON MINERAL TRANSICIONAL





**Gráfico N° 22 Diagrama de Flujo propuesto para el tratamiento de mineral oxidado.**

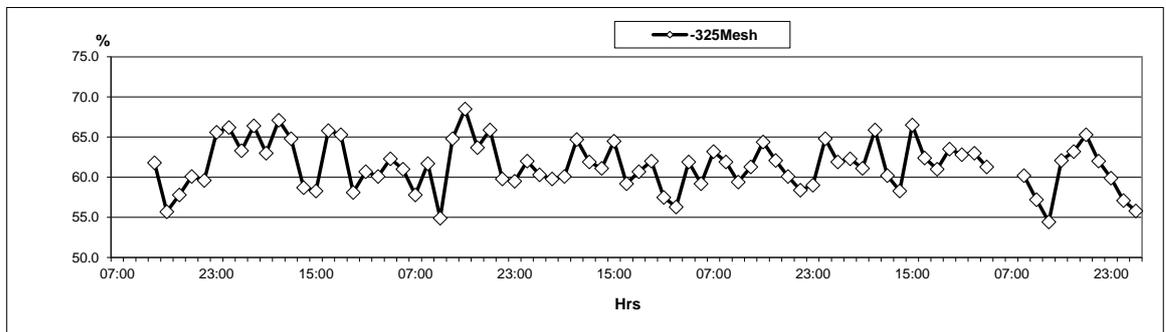
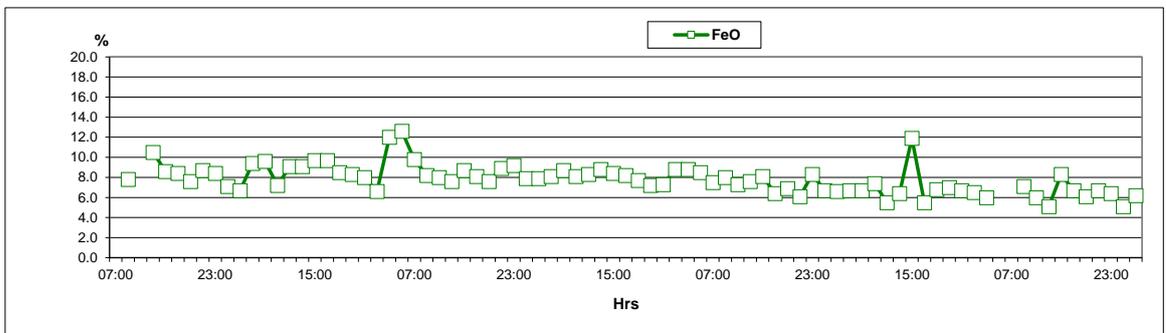
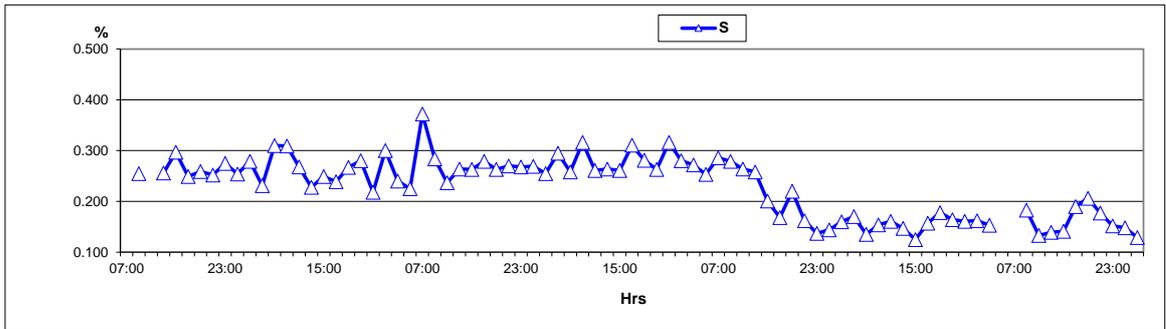
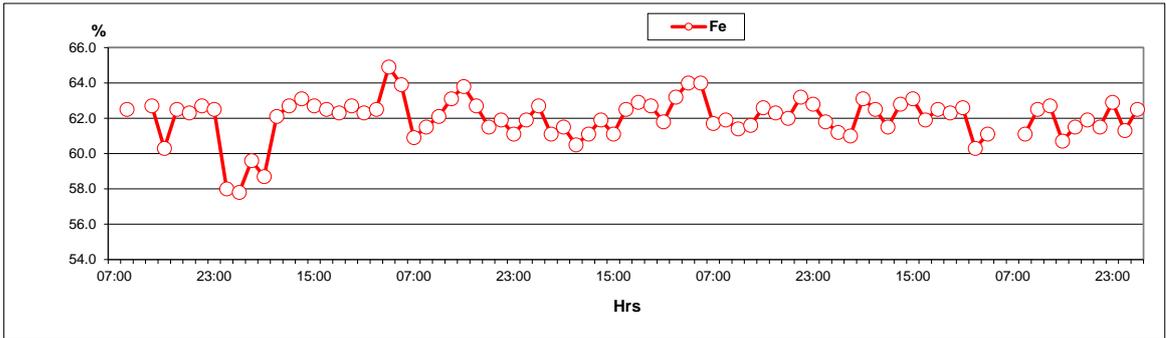


GRAFICO N° 23

CONCENTRADO FINAL DE MINERAL TRANSICIONAL T.O.  
 SEGUNDO CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL

## **2.4 TERCER CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL**

### **2.4.1 ANTECEDENTES**

En la segunda prueba de beneficio de mineral Oxidado realizada el mes de Julio del 2001 en el circuito de la Línea 6 (utilizando molino de barras, molino de bolas grande y separación magnética con un tambor), los resultados mostraron que las recuperaciones globales fueron 61,3% por lo que hubo la necesidad de programar una 3ra prueba con mineral Oxidado en la Línea 2 con la inclusión del retratamiento de las colas por doble cicloneo y remolienda de las mismas.

Esta 3ra. prueba se dividió en dos etapas: la primera con el empleo de Separadores Magnéticos Finishers de 30" x 72" (Gráfico N° 24), la cual se realizó entre los días 23 y 25 de Agosto y la segunda con el empleo de Separadores Magnéticos Cobbers de 36" x 96" (Gráfico N° 25), se realizó entre los días 25 y 30 de Agosto.

### **2.4.2 PRIMERA ETAPA UTILIZANDO SEPARADORES MAGNÉTICOS FINISHER**

#### **2.4.2.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO**

El circuito de prueba comprendió las siguientes etapas:

- Molienda en molino de barras 2 y remolienda en molino de bolas 3A para obtener una granulometría más homogénea.
- Uso de tambores magnéticos Finisher de alta intensidad (700 - 800 gauss)

- Tratamiento de las colas de Separación Magnética con doble cicloneo con remolienda previa para mejorar la recuperación en peso y la eliminación de S, Cu e Insolubles.
- Remolienda en los molinos de bolas 202, 203 y 204 del concentrado magnético más el U/F de cicloneo de colas de Sep. Magnética.
- Flotación.

#### 2.4.2.2 ANÁLISIS DEL CIRCUITO

##### - Molienda de barras.

El molino de barras 082 operó en circuito abierto a rate de alimentación de 138.6 TLH recibiendo mineral chancado en Planta 1 con fracción +1/2" entre 12-14%. El consumo específico de energía ha sido 3.02 kw-h/TC valor relativamente por debajo del obtenido en las pruebas anteriores , debido a la dureza característica del mineral así como por mantener reducido el tonelaje de alimentación en  $\pm$  140 TLH. Este molino operó a 94.0% de carga nominal.

##### - Remolienda en circuito cerrado de molino de bolas.

Se realizó en el molino de bolas 3A operando en circuito cerrado y recibiendo la descarga del molino de barras 082. La performance de este circuito fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	% Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 3A	138,6	0,341	80,3	10,8	19,7

Se observa una reducida eficiencia debido al uso de ciclón D-26 inclinado. Sin embargo la granulometría del O/F ha sido un poco baja, ya que debió situarse entre 25-30% -325M debido a la baja carga nominal de diseño, pero obteniéndose un producto más homogéneo, habiendo operado el molino a 81% de sólidos. La carga circulante promedio fue 197,6 %.

- **Clasificación en ciclones.**

Al utilizarse ciclones, se busco preconcentrar el mineral hacia el U/F habiéndose utilizado 04 ciclones, los cuales clasificaron un 8,0% de la carga hacia el O/F, en tanto un 92,0% pasó al U/F para separación magnética.

- **Separación magnética Finisher 30" x 72".**

El U/F fue tratado en los separadores 210-237 al 240 operando con 01 tambor, con una recuperación en peso promedio de 35,2%. El O/F fue tratado en el separador 210-242 son una recuperación en peso promedio de 11,5%.

	Separadores 210-237 al 240 Alimentados por el U/F	Separador 210-242 Alimentados por el O/F
Recuperación de Fe	39,5	13,7
Eliminación de S	90,7	95,0
Eliminación de Cu	78,2	93,2
Recuperación de FeO	77,5	61,1

Se observa poca recuperación de Fe hacia el concentrado de Sep. Magnética, lo que nos confirma que para este mineral Oxidado no es conveniente utilizar separación

magnética ya que las unidades de Fe que van a las colas, si no se retratan por métodos gravimétricos se perderán.

**- Retratamiento de colas no-magnéticas.**

Las colas de separación magnética fueron doblemente cicloneadas (utilizando el mismo sistema empleado en la Línea 2 en la primera prueba). La mayor finura de las colas fue favorable a una mejor concentración de Fe y FeO así como para mejorar la eliminación de S y Cu. Este sistema de doble cicloneo permitió recuperar 50,6% de las colas no-magnéticas generadas, recuperando 50,9% de Fe, eliminado 60,1% de S y 54,6% de Cu y recuperando 67,4% de FeO.

**- 2da. etapa de remolienda.**

La remolienda de las colas de sep. magnéticos se realizó en el BM 4A y la 2da. etapa de remolienda en los molinos de bolas BM 2, BM 3, BM4 operando todos en circuito cerrado. La performance de cada circuito fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	%Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 4A	82,8	0,495	78,4	12,7	35,0
BM 2	32,6	0,317	94,6	13,0	62,9
BM 3	35,5	0,329	97,3	15,9	64,3
BM 4	33,9	0,387	97,4	15,9	74,7

La dificultad para regular la carga de alimentación a los molinos, desde el sumidero de 4 vías ha causado variación en la granulometría del producto de los circuitos cerrados, notándose altas cargas circulantes en los molinos de remolienda.

#### - **Flotación.**

Se utilizaron los bancos de flotación 039-230/231/210/211 en promedio con un porcentaje de sólidos de 20-22%, con 10,5 minutos de tiempo de flotación. El consumo de reactivos ha sido alto, debido al mayor contenido de material hematítico en alimento a flotación, por el retratamiento de colas.

La recuperación en peso del concentrado ha sido 94,1%, en tanto la eliminación de azufre para esta etapa, ha sido 38,6% y la eliminación de cobre: 36,9% en promedio.

### **2.4.3 SEGUNDA ETAPA UTILIZANDO SEP. MAGNÉTICOS COBBERS**

#### **2.4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO**

El circuito de prueba comprende las siguientes etapas:

- Molienda en molino de barras 2.
- Uso de tambores magnéticos Cobbers de alta intensidad (900 - 1000 gauss)
- Tratamiento de las colas de Separación Magnética con remolienda en dos etapas con doble cicloneo para mejorar la recuperación en peso y la eliminación de S, Cu e Insolubles.

- Remolienda en los molinos de bolas 202, 203 y 204 del concentrado magnético más el U/F de cicloneo de colas de Sep. Magnética.
- Flotación.

#### 2.4.3.2 ANÁLISIS DEL CIRCUITO

##### - Molienda de barras.

El molino de barras 082 operó en circuito abierto a un rate de alimentación de 142.9 TLH recibiendo mineral chancado en Planta 1 con fracción +1/2" entre 12-14%. El consumo específico de energía ha sido 3.04 kw-h/TC valor similar al obtenido en la primera etapa, debido a mantener reducido el tonelaje de alimentación en  $\pm$  140 TLH. Este molino operó a 92.1% de carga nominal.

##### - Separación magnética Cobber 36" x 96".

Se utilizaron dos grupos de 01 tambor, los cuales recibieron la descarga del RM 082. Se ha observado baja recuperación en peso, de acuerdo a los niveles de FeO del mineral. La recuperación en peso promedio ha sido: 46.6%.

Recuperación de Fe	51,5
Eliminación de S	77,8
Eliminación de Cu	62,9
Recuperación de FeO	92,5

- **Retratamiento de colas no-magnéticas.**

Las colas de separación magnética cobber fueron sometidas a doble etapa de remolienda en los molinos de bolas 3A y 4A para que al moler más fino las colas, la limpieza por doble cicloneo fuese más efectiva y eliminar mejor el S, Cu e Insolubles.

La performance de los molinos de remolienda de colas fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	% Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 3A	76,3	0,376	78,8	13,1	30,8
BM 4A	76,3	0,525	76,2	30,8	56,0

La performance del BM 4A ha sido mejorada al operar con una bomba 10"x8" habiéndose elevado su productividad de molienda. La mayor finura de las colas fue favorable a una mejor concentración de Fe y FeO así como para mejorar la eliminación de S y Cu. Este sistema de doble cicloneo permitió recuperar 62,1% de las colas no-magnéticas generadas, recuperando 64,5% del Fe, eliminado 53,2% de S y 49,9% de Cu y recuperando 88,3% de FeO.

- **2da. etapa de remolienda.**

La 2da. etapa de remolienda se efectuó en los molinos de bolas BM 2, BM 3, BM4 operando todos en circuito cerrado. La performance de cada circuito fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	%Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 2	43,4	0,441	92,3	12,3	64,5
BM 3	35,2	0,425	93,8	12,3	74,2
BM 4	34,9	0,434	93,3	12,3	75,7

Se observa que con respecto a la primera etapa, los molinos han trabajado a menor carga nominal, habiendo sin embargo mejorado su productividad de molienda por la mejor distribución de carga, desde el sumidero de 4 vías, operando constantemente con los tres molinos de bolas pese a la falta de energía en planta.

#### - **Flotación.**

Se utilizaron los bancos de flotación 039-230/231/210/211 en promedio con un porcentaje de sólidos de 23-25%, con 11,6 minutos de tiempo de flotación. El consumo de reactivos ha sido alto, debido al mayor contenido de material hematítico en alimento a flotación, por el retratamiento de colas.

La recuperación en peso del concentrado ha sido 90,6%, en tanto la eliminación de azufre para esta etapa, ha sido 59,4% y la eliminación de cobre: 34,5% en promedio.

#### **2.4.4 CONCLUSIONES**

- El mineral utilizado en este 3er. circuito ha sido netamente mineral oxidado (FeO: 4,1). Al comparar los resultados de la prueba con Separadores Finishers y la prueba con Separadores Cobbers, este último tiene más recuperación por la mayor intensidad magnética de sus tambores y por la granulometría más gruesa de su alimento (8,1-14,5% -325M) aumentando la recuperación de Fe y FeO.
- La separación magnética finisher recupera solo 35,2% en peso, la separación magnética cobber se recupera 46,6% (por los niveles de FeO bajos típicos del

mineral oxidado), por tanto se sugirió el retratamiento de las colas por doble cicloneo para elevar la recuperación en peso.

- En la Tabla N° 7 se ve en resumen el control horario del concentrado final de este tercer circuito, la recuperación global de Fe llega a 61,6%, la recuperación de FeO con el uso de separadores cobber (5,7%) es mayor que el dado con separadores finisher (5,3%).
- En este circuito se dio un alto incremento del nivel de álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) > 0,300% en los pélets quemados (el rango máximo permisible es de 0,200%). El análisis por álcalis del concentrado de mineral oxidado fue:

	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>álcalis</b>
<b>Concentrado mineral Oxidado</b>	<b>0,616</b>	<b>0,378</b>	<b>0,994</b>

La presencia de álcalis se debe a que las gangas del mineral oxidado están en forma de feldespato (insolubles), ligados a los óxidos de hierro en tamaños muy finos. El mayor aporte de insolubles es proveniente del retratamiento de las colas por remolienda y doble cicloneo.

- En la Tabla N°8 se muestra los resultados con separadores finisher y cobbers, se concluye que debe haber una etapa separación magnética en el circuito de tratamiento de mineral oxidado con separadores magnéticos COBBERS de 36” x 96” por tener mayor recuperación en peso, mayor recuperación de Fe y FeO.

- Respecto a la eliminación de S, Cu existe una desventaja por su menor eliminación, para lo cual es necesario remoler las colas no-magnéticas hasta obtener aproximadamente 50-60% malla -325 para que se pueda realizar el doble cicloneo y así poder eliminar las impurezas.
- En el anexo 5.3 se muestran los balances metalúrgicos más representativos, cada balance representa un compósito de 8 horas, en estos balances se muestran los días en el que se utilizaron los separadores magnéticos finisher y cuando se usaron los separadores magnéticos cobbers, en el concentrado final se ve el porcentaje de recuperación en peso global mayor en los separadores cobber.

**TABLA N°7**  
**CONCENTRADO FINAL DE MINERAL TRANSICIONAL T.O.**  
**TERCER CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL**

Fecha	Hora	Fe	S	Cu	FeO	-325m
14-jul-01	07:00					
	09:00					
	11:00					
	13:00					
	15:00					
	17:00					
	19:00	64.1	0.180	0.023	6.6	70.1
	21:00	62.9	0.128	0.024	5.6	69.2
	23:00	64.3	0.174	0.021	6.3	82.4
	01:00	64.9	0.120	0.021	6.5	71.1
	03:00	62.7	0.143	0.022	7.0	68.9
05:00	62.5	0.139	0.023	6.8	69.8	
15-jul-01	07:00	62.9	0.147	0.023	7.2	67.8
	09:00	62.9	0.132	0.025	7.6	79.1
	11:00	62.7	0.143	0.030	7.2	70.2
	13:00	63.5	0.138	0.020	6.8	77.7
	15:00					
	17:00	63.9	0.187	0.025	7.2	74.6
	19:00	63.1	0.184	0.027	6.2	72.2
	21:00	63.9	0.127	0.026	4.7	66.4
	23:00	61.5	0.114	0.021	4.3	61.4
	01:00	62.3	0.122	0.020	4.2	64.1
	03:00	62.5	0.128	0.021	4.3	65.8
05:00	61.3	0.132	0.024	4.0	64.6	
16-jul-01	07:00	60.9	0.128	0.022	3.9	66.9
	09:00	62.9	0.107	0.024	4.0	64.7
	11:00	62.1	0.113	0.025	4.4	66.3
	13:00	62.3	0.110	0.023	4.6	67.1
	15:00	61.7	0.114	0.022	4.0	68.1
	17:00	62.9	0.117	0.023	4.5	64.2
	19:00	62.1	0.114	0.024	4.2	65.3
	21:00	62.1	0.130	0.024	4.0	67.1
	23:00	61.8	0.115	0.021	4.1	69.5
	01:00	61.9	0.099	0.022	4.2	64.3
	03:00	61.1	0.127	0.021	4.9	74.3
	05:00	62.6	0.103	0.019	4.9	65.5
	17-jul-01	07:00	62.3	0.105	0.017	5.6
09:00		61.7	0.116	0.021	5.4	66.5
11:00		62.5	0.111	0.020	5.2	65.0
13:00		61.5	0.120	0.027	5.0	66.7
15:00		62.3	0.147	0.032	5.1	65.8

Fecha	Hora	Fe	S	Cu	FeO	-325m
17-jul-01	17:00	64.3	0.186	0.031	5.0	65.5
	19:00	64.1	0.195	0.029	5.1	64.3
	21:00	61.9	0.152	0.031	5.0	65.7
	23:00	60.7	0.177	0.050	5.2	67.1
	01:00	60.7	0.177	0.046	6.0	67.4
	03:00	60.5	0.178	0.042	5.7	66.2
	05:00	60.1	0.173	0.038	5.7	69.2
18-jul-01	07:00					
	09:00					
	11:00					
	13:00	61.5	0.144	0.026	6.6	75.0
	15:00	62.1	0.152	0.037	6.9	67.1
	17:00	61.3	0.177	0.015	7.2	67.0
	19:00	61.5	0.198	0.039	7.0	65.1
	21:00	62.1	0.167	0.035	7.1	66.8
	23:00	62.4	0.199	0.026	6.0	71.1
01:00	60.0	0.193	0.025	6.0	67.2	
03:00	59.2	0.200	0.036	6.4	68.4	
05:00	59.0	0.240	0.036	6.2	70.2	
19-jul-01	07:00	60.3	0.195	0.031	6.1	69.5
	09:00	60.5	0.171	0.025	5.8	70.0
	11:00	60.4	0.188	0.030	6.1	63.3
	13:00	61.1	0.165	0.026	5.8	61.5
	15:00	58.6	0.118	0.037	5.3	68.2
	17:00	59.0	0.177	0.038	5.6	72.0
	19:00	58.6	0.150	0.040	5.7	69.3
	21:00	60.6	0.205	0.042	6.1	67.9
	23:00	59.1	0.131	0.033	5.0	64.5
01:00	60.5	0.127	0.030	4.9	67.9	
03:00	60.4	0.105	0.032	4.9	68.2	
05:00	60.5	0.144	0.029	4.8	69.1	
29-ago-01	07:00	60.5	0.155	0.034	4.8	75.5

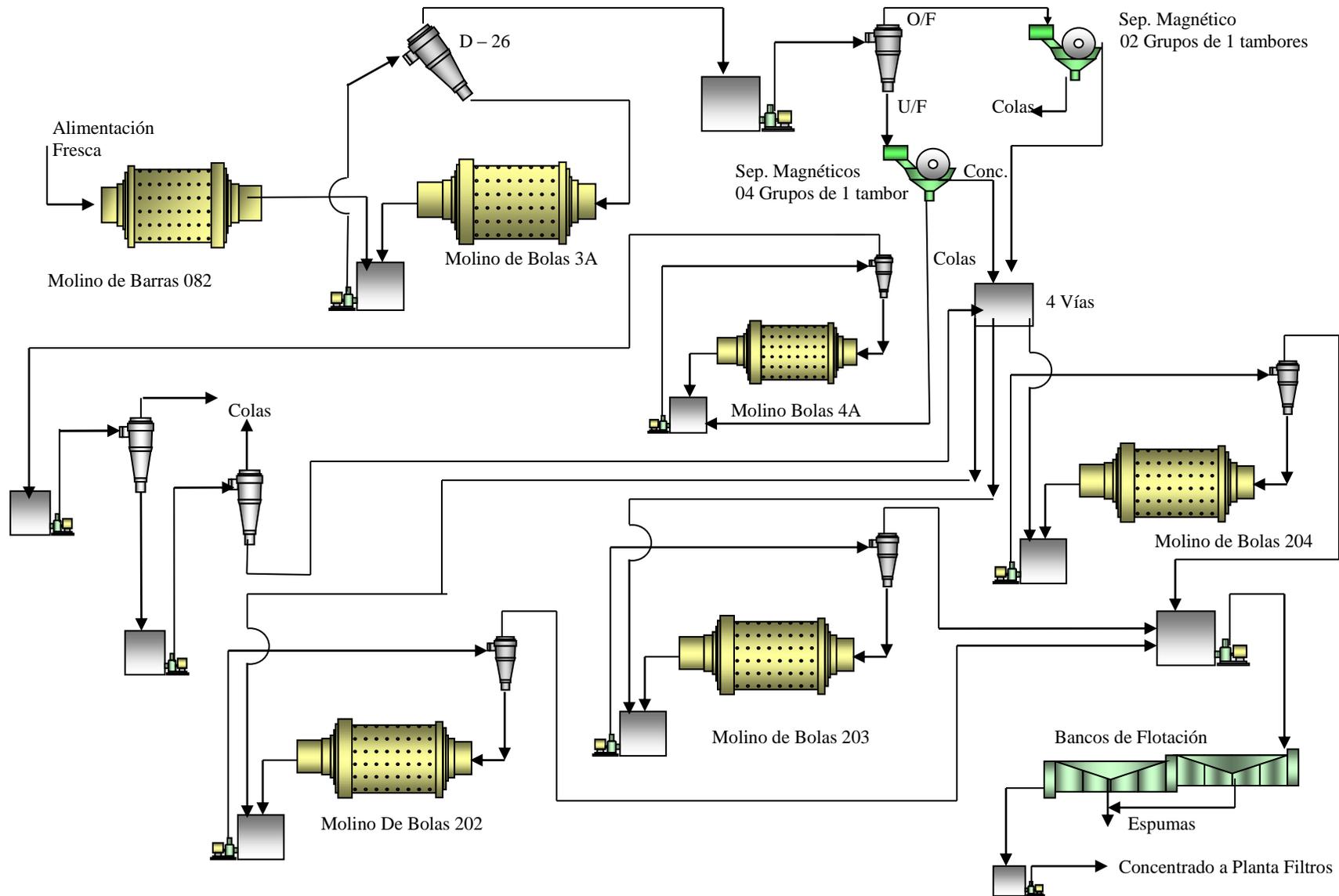
PROMEDIO GLOBAL	61.6	0.147	0.028	5.6	68.3
-----------------	------	-------	-------	-----	------

PROMEDIO 1ra Etapa	62.7	0.133	0.023	5.3	68.8
con tambores 30" x 72"					

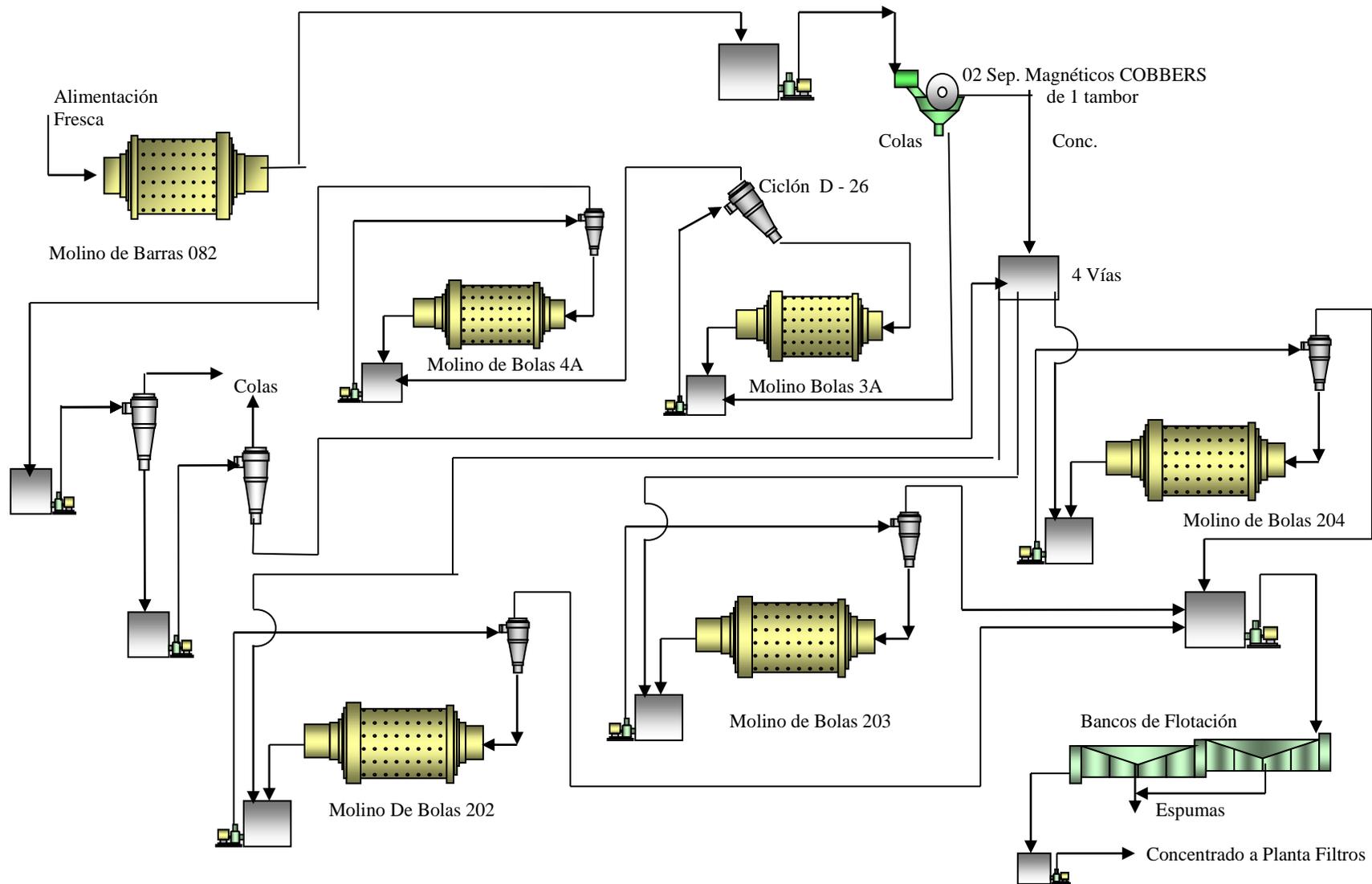
PROMEDIO 2da Etapa	61.0	0.160	0.031	5.7	67.7
con tambores de 36" x 96"					

TABLA N°8

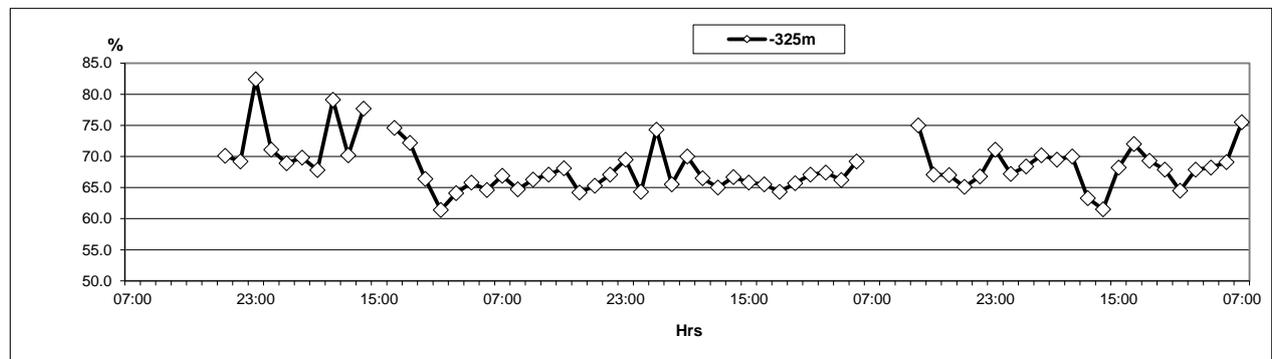
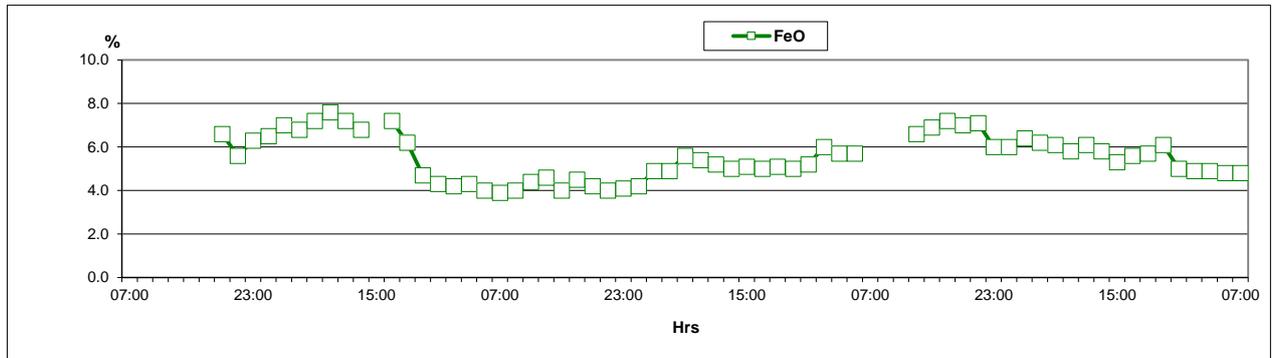
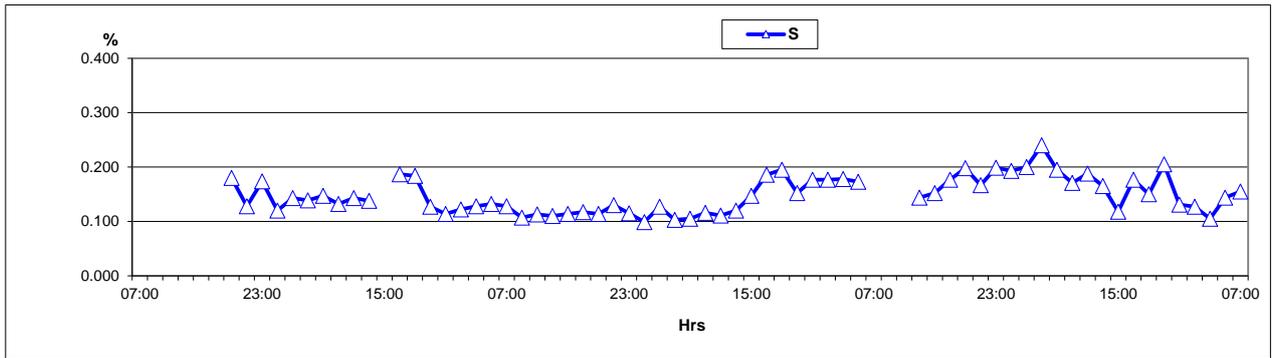
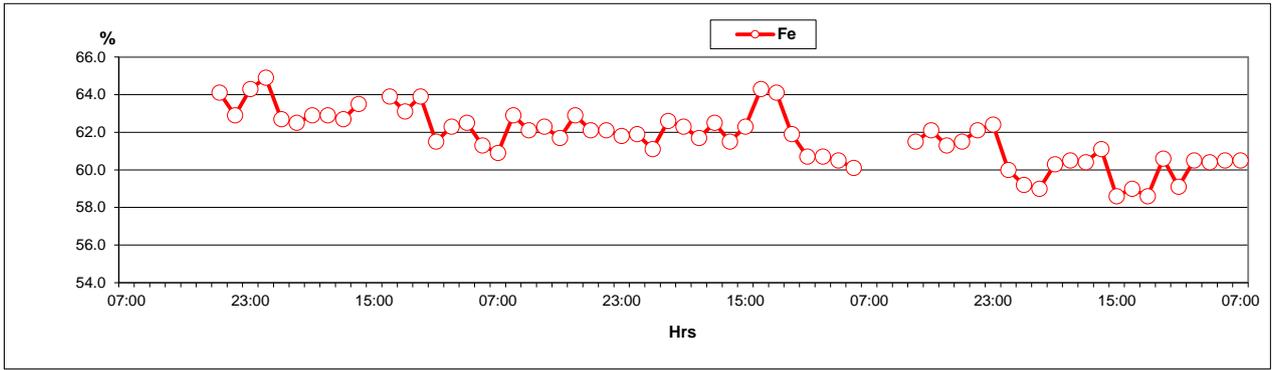
	Sep. Magnéticos Finisher	Sep. Magnéticos Cobbers
Periodo	23 Agosto – 25 Agosto	25 Agosto – 30 Agosto
TLH alimentadas	138,6	142,9
% Recup. en peso	59,6	71,8
% Recup. Fe	63,2	75,3
% Eliminac. S	76,0	76,4
% Eliminac. Cu	67,2	55,4
% Recup. FeO	85,3	93,5
<b>Características del concentrado final</b>		
	Sep. Magnéticos Finisher	Sep. Magnéticos Cobbers
Contenido de Fe	62,7	61,0
Contenido de S	0,133	0,160
Contenido de Cu	0,023	0,031
Contenido de FeO	5,3	5,7
Mallas -325M	68,8	67,7
<b>Etapas de Separación Magnética</b>		
	Sep. Magnéticos Finisher	Sep. Magnéticos Cobres
% Recup. en peso	35,2	46,6
% Recup. Fe	39,5	51,5
% Eliminac. S	90,7	77,8
% Eliminac. Cu	78,2	62,9
% Recup. FeO	77,5	92,5
<b>Nota :</b>	Sep. Magnéticos Finisher 30" x 72" :	4 grupos de 1 tambor c/u
	Sep. Magnéticos Cobres 36" x 96" :	2 grupos de 1 tambor c/u



**Gráfico N° 24 Diagrama de Flujo del "Tercer Circuito" de tratamiento de mineral oxidado con Sep. Magnética Finisher.**



**Gráfico N° 25 Diagrama de Flujo del “Tercer Circuito” de tratamiento de mineral oxidado con Sep. Magnética Cobber.**



**GRAFICO N° 26**

**CONCENTRADO FINAL DE MINERAL TRANSICIONAL T.O.  
TERCER CIRCUITO DE BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL**

### **CAPITULO III**

## **SEGUNDA ETAPA: EVALUACION DE 2 CIRCUITOS PARA EL TRATAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL Y OXIDADO**

### **3.1 ANTECEDENTES**

El mineral oxidado y transicional están compuestos por una mezcla de hematina y magnetita (en menor cantidad), lo que complica el beneficio de este mineral con los equipos que se tienen actualmente en planta; ya que en su mayor parte no es magnético. Actualmente se tiene gran cantidad de mineral oxidado y transicional en los Stock de crudos de Mina por lo que se hace urgente obtener una línea de producción que beneficie a estos minerales, de esta manera se estará logrando disminuir costos de exploración y producción de nuevos frentes para la empresa.

Después de realizadas las pruebas en la Primera etapa de evaluación de circuitos para el tratamiento de mineral transicional y oxidado, se estuvo operando en forma intermitente, es decir el beneficio de estos minerales se dio por campañas no llegó a ser una producción continua, debido a los requerimientos de producción y ventas de la Empresa; es así que durante el periodo del 2002 a mediados del 2003 se proceso mineral oxidado y transicional por campañas con los resultados ya mencionados, ya

por los meses de agosto del 2003 se retomaron nuevamente las pruebas con mineral oxidado y transicional.

En esta segunda etapa de evaluación de circuitos a comienzos del 2004 se introduce un equipo nuevo para el beneficio de mineral oxidado/transicional el “SLON 1750” que viene a ser un separador magnético de alta intensidad (genera de 0 a 10000 Gauss), con este equipo se obtiene un circuito de beneficio óptimo para el tratamiento de los minerales oxidado / transicional, el porcentaje de recuperación en peso se incremento comparado al obtenido en la primera etapa de evaluación de circuitos, de esta manera el beneficio de los minerales oxidado/transicional se hizo continuo hasta la fecha.

### **3.2 PRIMER CIRCUITO DE MINERAL OXIDADO CON EQUIPO SLON**

#### **3.2.1 ANTECEDENTES**

Este circuito entra a operación a inicios de marzo del 2004, las etapas que comprenden este circuito mantienen la idea del retratamiento de las colas no-magnéticas de la separación magnética cobber obtenida en las pruebas de la primera etapa, en este circuito se implementa un nuevo equipo el “SLON 1750” que es un separador magnético de alta intensidad, el objetivo primordial de usar el equipo “Slon 1750” es el de elevar la ley de Fe de las colas retratadas hasta valores aproximados o mayores de 60,0% las que al final eleven la ley de Fe en el concentrado final para peletización, y a la vez incremente la recuperación en peso global.

### **3.2.2 SEPARADOR MAGNETICO SLON 1750**

El Slon 1750 viene a ser un separador magnético de alta intensidad, es un equipo muy eficiente para procesar los minerales magnéticos débiles (poca atracción magnética) tales como hematita, limonita, volframita, ilmenita, manganeso, tantalio, niobio y puede también ser aplicado en la purificación de los minerales de no-metálicos.

Este equipo genera una alta intensidad magnética de 0 a 10000 gauss, por lo que la intensidad con la que se trabajará se determinará según los requerimientos propios de cada mineral a tratar.

Este equipo posee un anillo de separación magnética que rota verticalmente sobre el cual cae el mineral alimentado, la dirección del flujo de productos magnéticos obtenidos es opuesta a la de la alimentación. Un mecanismo de pulsaciones está situado debajo de la zona de separación del anillo y es la que obtiene el material no magnético a eliminar. Una gran ventaja del Slon es su amplio radio de beneficio, alta recuperación, no se atora con facilidad, gran adaptabilidad a diversos tamaños de partícula, densidad de pulpa, buena confiabilidad, fácil de operar y mantener.

#### **3.2.2.1 PARTES Y PRINCIPIO DE OPERACIÓN**

En el Gráfico N° 27 se observa las partes del Slon 1750:

- 1 : Mecanismo de pulsación.
- 2 : Bobinas de energización.
- 3 : Yugo magnético.
- 4 : Anillo de trabajo.
- 5 : Caja de alimentación.

- 6 : Caja del agua de lavado.
- 7 : Flujo de agua de lavado de concentrado.
- 8 : Canal receptor de concentrado.
- 9 : Canal receptor de concentrado semi-limpio.
- 10 : Canal receptor de colas.
- 11 : Caja de nivel de pulpa.
- 12 : Conductor del anillo.
- 13 : Soporte de equipo.
- F : Alimento.
- W : Agua.
- C : Concentrado.
- M : Concentrado semi limpio
- T : Colas

El principio de funcionamiento del Slon consiste principalmente de pulsaciones mecánicas en la caja de recepción de colas, una bobina energizada, flujo magnético (yugo magnético), y un anillo que se encarga de separar de la alimentación el producto magnético según lo demostrado en el Gráfico N° 3.1, placas de metal o barras redondas hechos del acero inoxidable magnético se utilizan como matriz.

A lo largo de la periferia del anillo hay un número de compartimientos rectangulares en cuya matriz las placas de metal ampliadas o las barras hechas del acero inoxidable magnético son llenadas con la pulpa, cuando el separador magnético de alta intensidad (Slon) está en la operación, el anillo rota a la derecha, en sentido horario.

La pulpa alimentada desde la caja de la alimentación ingresa al anillo a través de ranuras en el yugo superior, la matriz en la zona de trabajo se magnetiza, las partículas magnéticas son atraídas de la pulpa hacia la superficie de la matriz, luego

se llevan a la tapa del anillo donde el campo de inducción magnético es mínimo, y después es sometido a las duchas lavado en la caja del concentrado, para finalmente convertirse en concentrado final del Slon.

Las partículas no magnéticas pasan a través de la matriz y entran en la caja de recepción de las colas a través de ranuras debajo del yugo bajo la acción combinada de pulsaciones de pulpa, gravedad y del arrastre hidrodinámico. El mecanismo de pulsaciones, mueve el diafragma de goma en la caja de las colas de modo que se mueva hacia adelante y hacia atrás. Mientras el nivel de la pulpa se ajusta sobre el nivel fijo en la caja del nivel de pulpa, la energía cinética debido a la pulsación se puede transmitir con eficacia a la zona de funcionamiento.

Este método no sólo asegura la recuperación eficiente de partículas pequeñas de débil magnetismo (0,01 milímetros), sino también extiende la gama de tamaños del material alimentado hasta 1,3 milímetros, simplificando la operación de la clasificación.

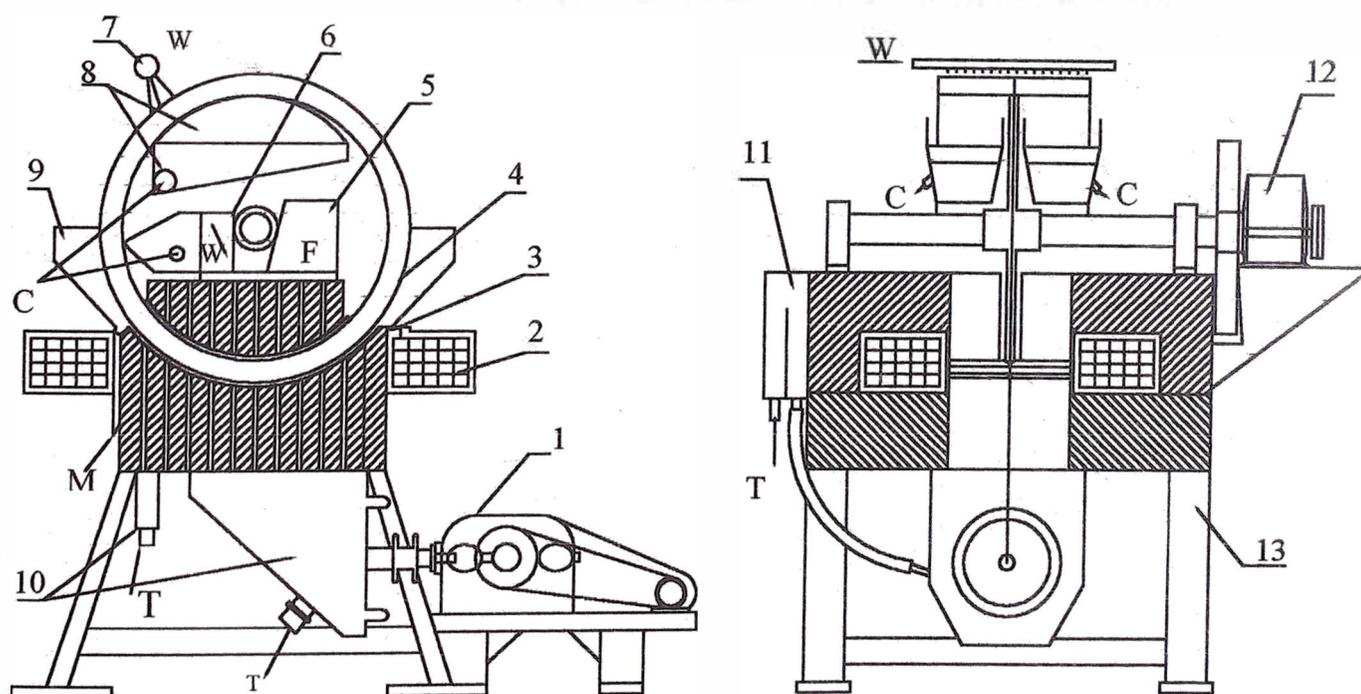
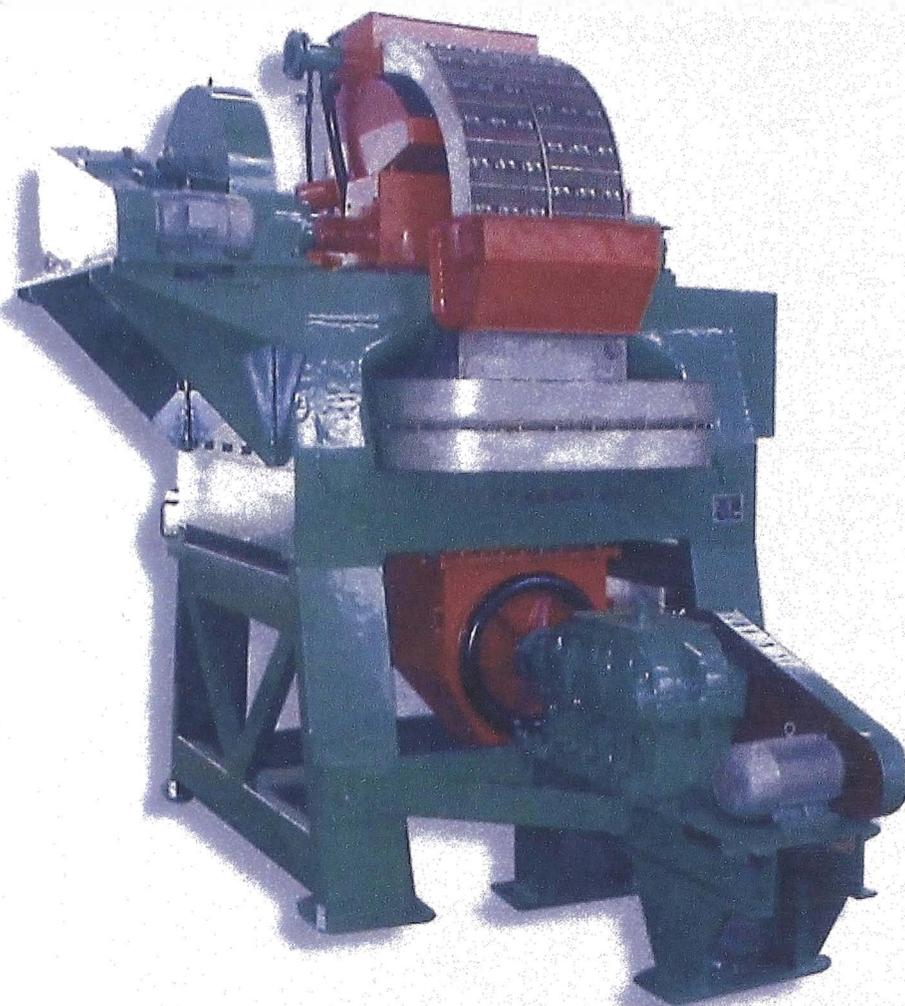


Gráfico N° 27 Separador Magnético de Alta Intensidad SLON 1750

### **3.2.3 PRIMER CIRCUITO PARA EL TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARADOR MAGNETICO SLON**

Después de la primera etapa de evaluación de circuitos se determinó que es conveniente seguir retratando las colas de separación magnética cobber, ahora el objetivo primordial es incrementar la ley de Fe en el concentrado obtenido del retratamiento de colas y el de incrementar el tonelaje de producción a niveles de 170 – 180 TLH, para lo cual se estableció un nuevo circuito de tratamiento de mineral oxidado y se utilizó el separador magnético Slon 1750 como el que iba a concentrar el Fe de las colas del separador magnético cobber.

La intensidad magnética con la que se trabajará estará aproximadamente en un rango de 1100 a 1200 gauss que es lo requerido para poder concentrar las colas de la separación magnética cobber, esta intensidad es al ideal para el proceso ya que se tiene conocimiento que en otras plantas en China se trabaja a esta intensidad con muy buenos resultados.

Estas pruebas se llevaron acabo desde el arranque del circuito en el mes de marzo a mediados del mes de abril del 2004.

En el Gráfico N° 28 se observa el Diagrama de Flujo de este circuito.



### 3.2.3.1 DESCRIPCION DEL PRIMER CIRCUITO.

El circuito comprendió las siguientes etapas:

- Molienda primaria en el molino de barras 086 (Nordberg de 10'8" de diámetro por 16' de largo con un motor de 700 HP) en circuito cerrado con un ciclón D-26 inclinado 30° cuyo O/F (con una granulometría 20 – 25% - 325M) alimentaba al separador magnético Cobber.
- Separación magnética cobber con un tambor magnético de alta intensidad (700 – 1000 Gauss), de 36"  $\Phi$  x 96" de longitud, cuyo concentrado alimentaba al molino de bolas 6.
- Tratamiento de las colas de separación magnética cobber mediante clasificación en una zaranda trommel cuyo under size alimenta al Slon para su concentración...
- Tratamiento del U/S del trommel en el Slon 1750 para su concentración, el concentrado del Slon se une con el concentrado magnético del separador coobber y alimentan al molino de bolas 6.
- Remolienda de concentrados de separación magnética cobber y del concentrado del Slon en molino de bolas grande de 14"  $\Phi$  x 41.1' de largo y 4000 HP para poder obtener una granulometría 65 – 70% -325m, este molino trabajo en circuito cerrado para garantizar la finura del concentrado.
- Flotación del O/F del circuito cerrado del molino de bolas, cabe mencionar que en esta etapa la flotación realizada se llevó acabo con mezcla de mineral primario, ya que por requerimientos de producción no se cuentan con celdas independientes para realizar la flotación individual del concentrado oxidado,

por lo que era necesario mezclarlo con concentrado de mineral primario proveniente de otras líneas de producción para poder obtener un concentrado final para peletización.

### 3.2.3.2 ANALISIS DEL PRIMER CIRCUITO.

#### - Molienda de barras.

El molino de barras 086 operó en circuito cerrado a un ritmo de 158,5 TLH recibiendo mineral chancado en Planta 1 con fracción +1/2" entre 15 – 20%.

#### - Separación magnética cobber.

El O/F fue tratado en 1 separador magnético de un solo tambor. La recuperación en peso promedio fue de 54,0%. A continuación se muestra los resultados de estos separadores:

	Sep. Magnético Cobber Alimentado por el O/F
Recuperación de Fe	60,2
Eliminación de S	77,9
Eliminación de Cu	65,1
Eliminación de Insolubles	69,1
Recuperación de FeO	91,0

#### - Tratamiento de Colas.

Se realizó primero una clasificación de las colas en una zaranda giratoria Trommel de 2,0 mm de abertura con el objetivo de eliminar las fracciones gruesas, ya que

según análisis por fracciones realizado a las colas no-magnéticas del cobber hay mayor presencia de azufre en las partículas gruesas y ligeramente menor en las partículas finas.

Una vez clasificadas las colas el Under size del trommel alimenta al Slon, cuyo concentrado se junta con el concentrado magnético del separador cobber para alimentar al circuito cerrado de remolienda. La performance del Slon es la siguiente:

Performance Slon 1750	
Recuperación de Fe	64.3
Eliminación de S	66.7
Recuperación de FeO	89.8

- **Remolienda de conc. magnético cobber y conc. Slon.**

Se realizó en el molino de bolas 206 operando en circuito cerrado y recibiendo el concentrado de separación magnética cobber y del concentrado del Slon. La performance de este circuito fue la siguiente:

	TLH	Eficiencia TL/m <sup>3</sup> -hr	% Carga Nominal	-325M Alim.	-325M O/F
BM 206	88.9	0.362	94.4	15.8	72.5

Se observa una buena eficiencia debido al uso de ciclones D-15. Se observa además que la granulometría del O/F obtenida está dentro de lo requerido de manera que en

la siguiente etapa de flotación se de una buena eliminación de S, Cu e Insol. La carga circulante promedio fue 93,5%.

#### - Flotación.

Esta etapa no se ha evaluado debido a que el concentrado oxidado se mezcla continuamente con mineral primario proveniente de otras líneas de producción pero se obtuvo aproximadamente una recuperación en peso de 90 – 92%.

### 3.2.3.3 CONCLUSIONES

- Los resultados nos muestran que la ley de Fe se ha elevado de 49,6% hasta 59,4% en promedio de los muestreos realizados generando una cola con 26,9% de Fe, por lo tanto este separador magnético resulta muy eficiente para concentrar el Fe.
- El porcentaje de eliminación de S fluctúa entre 70 – 72%, en los balances metalúrgicos mostrados en el Anexo 5.4 se observa que el contenido de azufre en el concentrado del Slon está alto en promedio tiene 0,887 %, el cual es elevado debiendo ser menor a 0,500 % para poder eliminarlo en flotación. Para este problema se sugirió liberar más al azufre en la etapa previa al Slon, con una remolienda de las colas en un molino de bolas.
- En la Tabla N° 10 se compara las leyes de Fe, S y FeO de la alimentación al circuito y las leyes finales obtenidas (O/F del circuito cerrado de la etapa de

remolienda) se observa en promedio como se ha elevado la ley de Fe. De igual manera se muestra también las características metalúrgicas de operación del Slon, donde vemos el incremento de la ley del Fe en el concentrado y el contenido de Fe en las colas a eliminar. En el Gráfico N° 29 se observa la variación del contenido de Fe en el equipo Slon durante todo el periodo de muestreo de la prueba.

- En la etapa de flotación el concentrado final ha presentado valores aceptables de Fe y Azufre lo cual no ha afectado la calidad del concentrado para peletización, esto a razón que se mezcla con mineral primario cuyo concentrado tiene bajo contenido de azufre.
  
- El efecto del mineral oxidado en el proceso de filtración de concentrados ha repercutido en un incremento de humedad (Tabla N°10) del concentrado final, llegando a niveles de 9,1% (rango aceptable para peletización es de 8,5 – 8,8%), esto se debe a la presencia de lamas propia del mineral oxidado que obstruyen las telas filtrantes del filtro bajándole la eficiencia de producción. Esto se puede visualizar en el Gráfico N° 30

**TABLA N° 9**

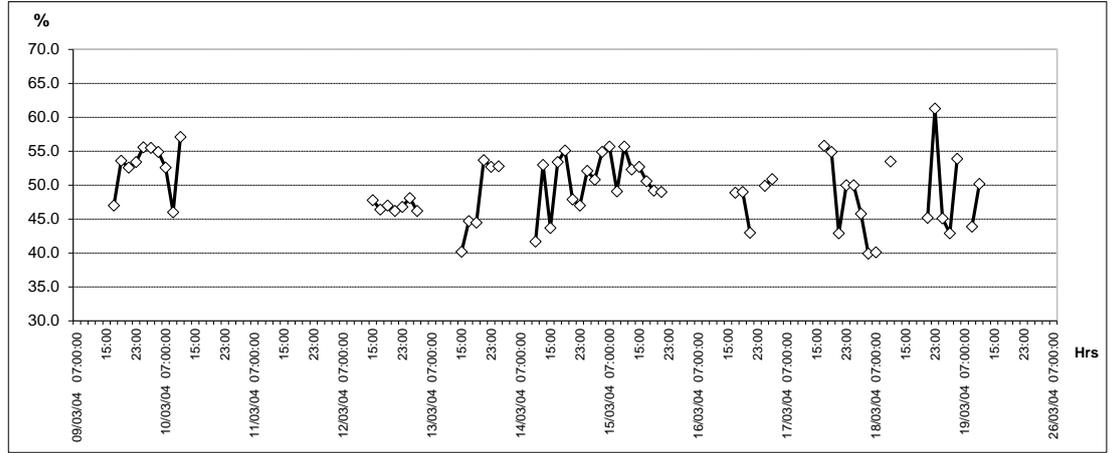
**CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO  
CUADRO COMPARATIVO DE LA ALIMENTACION Y O/F CC BM6**

Fecha	Alimentación al circuito			O/F Circuito cerrado BM6		
	Fe	S	FeO	Fe	S	FeO
09/03/2004	57.2	0.982	8.1	61.2	0.684	9.1
	56.8	1.440	9.4	63.4	0.638	10.7
	59.9	1.202	7.6	63.0	0.605	8.0
10/03/2004	59.3	1.605	7.4	62.1	0.855	9.7
	56.2	1.175	6.5	62.5	0.678	8.8
	58.5	1.201	7.1	60.3	0.756	8.2
11/03/2004	57.2	1.289	6.8	61.5	0.754	7.7
	60.2	1.485	7.8	61.3	0.845	8.1
	55.2	1.223	7.6	61.2	0.689	7.5
12/03/2004	53.3	1.173	6.0	58.8	1.115	7.3
	57.8	1.008	8.4	61.6	0.652	9.5
	56.1	1.150	7.8	62.5	0.625	8.5
13/03/2004	60.5	1.282	7.6	62.8	0.625	8.5
	55.8	0.933	8.7	61.3	0.460	9.9
	62.2	1.187	1.8	62.7	0.521	6.1
14/03/2004	62.2	1.025	7.6	63.8	0.832	8.3
	56.6	0.898	7.1	60.6	0.565	8.1
	59.2	1.173	7.5	61.2	0.619	8.0
15/03/2004	60.5	1.138	8.2	61.5	0.625	8.8
	55.9	1.228	6.9	61.9	0.709	8.5
	56.4	1.325	7.2	61.8	0.812	8.5
16/03/2004	57.5	1.333	6.8	62.3	0.655	9.2
	56.3	1.308	7.7	62.5	0.685	10.1
	54.3	0.980	6.6	63.5	0.808	8.1
17/03/2004	56.5	1.385	6.7	61.5	0.702	8.3
	55.1	1.260	3.9	61.8	0.622	5.2
	58.1	1.487	9.9	59.2	0.918	9.3
18/03/2004	58.1	1.291	9.2	63.6	0.629	11.8
	51.3	1.313	10.0	61.3	0.777	10.4
	54.3	1.620	7.2	59.6	0.970	7.8
19/03/2004	56.8	1.184	6.8	61.5	0.705	7.8
	55.4	1.052	6.5	62.8	0.635	8.2
	58.2	0.958	8.2	63.1	0.711	8.1
<b>Promedio</b>	<b>57.2</b>	<b>1.221</b>	<b>7.4</b>	<b>61.8</b>	<b>0.712</b>	<b>8.5</b>

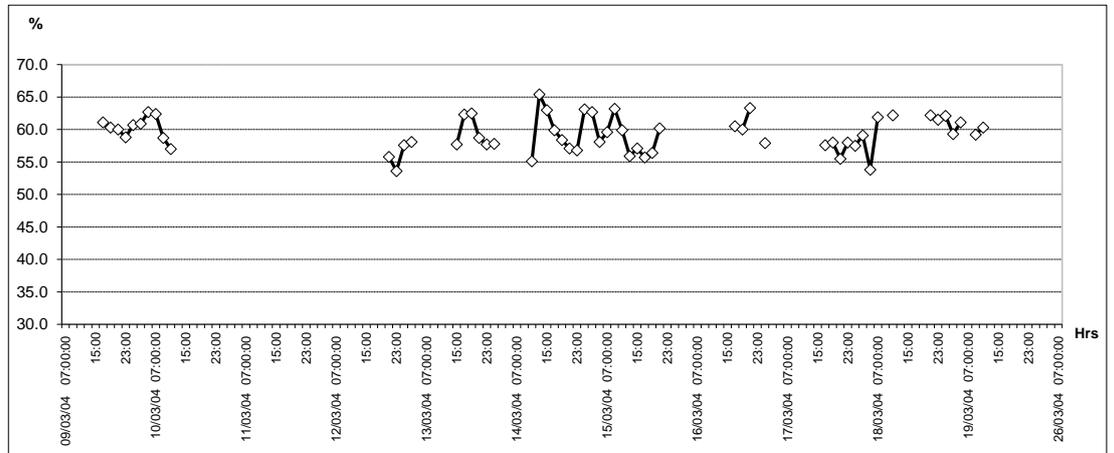
**CARACTERISTICAS METALURGICAS EN EQUIPO SLON**

	Alimentación al Slon			Concentrado del Slon			Cola Slon		
	Fe	S	FeO	Fe	S	FeO	Fe	S	FeO
<b>Promedio</b>	49.6	2.238	1.6	59.4	0.887	2.7	26.9	3.956	0.5
<b>Máximo</b>	61.3	4.757	2.8	65.4	1.348	11.5	44.5	6.279	1.4
<b>Mínimo</b>	39.9	1.069	0.7	53.6	0.426	1.5	19.8	1.790	0.2

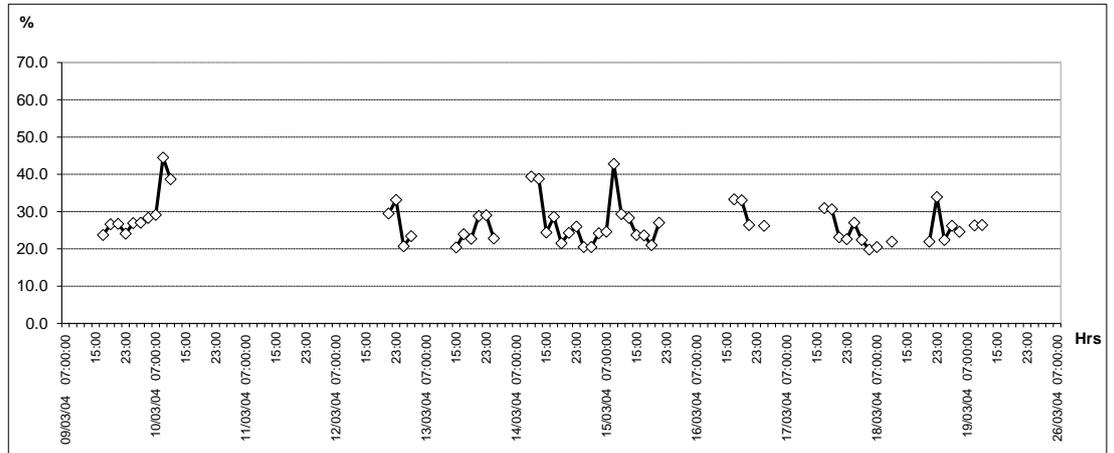
**CONTENIDO DE Fe EN LA ALIMENTACION AL SLON**



**CONTENIDO DE Fe EN EL CONCENTRADO DEL SLON**



**CONTENIDO DE Fe EN LA COLA DEL SLON**



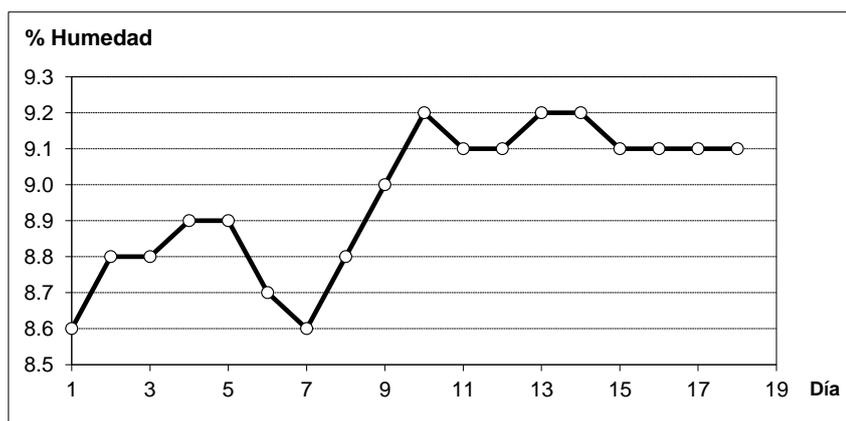
**GRAFICO N° 29**

**Tabla N° 10**

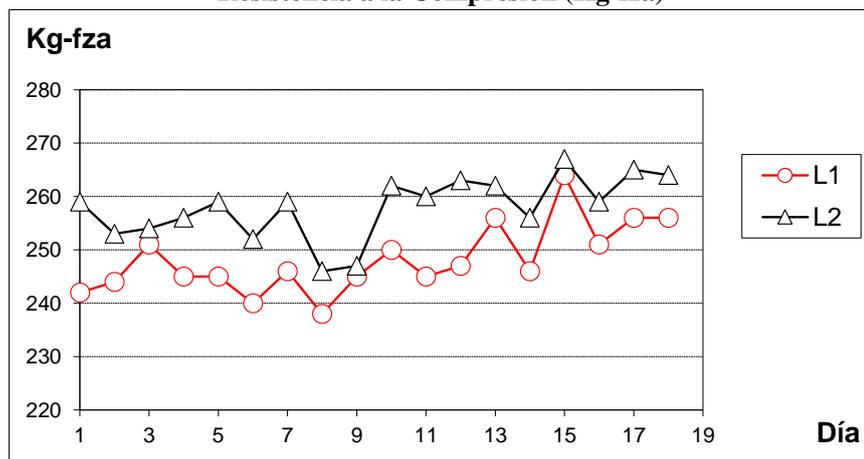
Día	%H2O	Compresión	
		L1	L2
1	8.6	242	259
2	8.8	244	253
3	8.8	251	254
4	8.9	245	256
5	8.9	245	259
6	8.7	240	252
7	8.6	246	259
8	8.8	238	246
9	9.0	245	247
10	9.2	250	262
11	9.1	245	260
12	9.1	247	263
13	9.2	256	262
14	9.2	246	256
15	9.1	264	267
16	9.1	251	259
17	9.1	256	265
18	9.1	256	264

**GRAFICO N°30**

**% Humedad en concentrado para peletización**



**Resistencia a la Compresión (Kg-fza)**



### **3.2.4 SEGUNDO CIRCUITO PARA EL TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARADOR MAGNETICO SLON**

#### **3.2.4.1 ANTECEDENTES**

El mineral oxidado está compuesto por una mezcla de magnetita y hematita, de acuerdo al primer circuito evaluado con el equipo Slon se tuvo que el proceso se iniciaba con una separación magnética de alta intensidad Cobber a granulometría gruesa (O/F del circuito cerrado del molino de barras) el concentrado en su mayor parte magnetita va a la remolienda en tanto la cola de la separación magnética de alta intensidad Cobber (hematinas e impurezas) va a remolienda y posterior separación magnética de alta intensidad en el equipo SLON; el concentrado del equipo Slon se remuele en circuito cerrado conjuntamente con el primer concentrado y se envía a flotación (inversa) para eliminar los sulfuros y otros materiales estériles.

En este circuito final se plantea una remolienda de las colas no-magnéticas del separador magnético cobber (en forma similar a las pruebas realizadas en la primera etapa) en un circuito cerrado inverso de un molino de bolas chico cuyo producto alimentará al circuito del Slon.

En la etapa de flotación se observa por los resultados obtenidos que la eliminación de S y Cu no ha sido eficiente pudiendo ser por la presencia de óxidos y/o sulfatos presentes.

En el Gráfico N° 31 se observa el Diagrama de Flujo de este circuito.

### 3.2.4.2 DESCRIPCION DEL SEGUNDO CIRCUITO

El circuito comprendió las siguientes etapas:

- Molienda primaria en el molino de barras 086 (Nordberg de 10'8" de diámetro por 16' de largo con un motor de 700 HP) en circuito cerrado con un ciclón D-26, la granulometría promedio obtenida en Malla -325 fue de 17,5%.
- Separación magnética cobber con un tambor magnético de alta intensidad (700 – 100 Gauss), de 36"  $\Phi$  x 96" de longitud, cuyo concentrado alimentaba al molino de bolas 6 y las colas pasaban a remolienda
- Remolienda de las colas de separación magnética en circuito cerrado inverso en un molino de bolas chico con una batería de tres ciclones D-15, el producto final (O/F ciclones + descarga del molino de bolas) alimentaban a la zaranda giratoria trommel.
- Clasificación en la zaranda trommel de las colas remolidas cuyo under size alimenta al Slon para su concentración...
- Tratamiento del U/S del trommel en el Slon 1750 para su concentración, el concentrado del Slon alimenta a dos ciclones para su clasificación, el U/F va a remolienda en el molino de bolas 6 junto con el concentrado magnético del separador cobber, mientras que el O/F va directo a flotación...
- Remolienda del concentrado de separación magnética cobber y del U/F de los ciclones del concentrado del Slon en el molino de bolas 6 (14"  $\Phi$  x 41.1' de largo y 4000 HP) para poder obtener una granulometría 65 – 70% -325m,

este molino trabajo en circuito cerrado para garantizar la finura del concentrado.

- Flotación del O/F del circuito cerrado del molino de bolas más el O/F del ciclón del slon, esta etapa se mantiene idéntica al del primer circuito con el equipo Slon referido a la mezcla con concentrado de mineral primario para su flotación.

### **3.2.4.3 ANALISIS DEL SEGUNDO CIRCUITO.**

#### **- Molienda de barras.**

En esta etapa se observa un trabajo homogéneo del circuito cerrado del molino de barras con el ciclón D-26, obteniéndose una granulometría promedio en -325m de 17,5%, con una carga circulante de 141,3% y con una partición al U/F de 0,5856 y una partición al O/F de 0,4144.

#### **- Separación magnética cobber.**

El O/F fue tratado en 1 separador magnético de un solo tambor. Debido a los niveles de FeO presentes en el mineral oxidado la recuperación en peso promedio obtenida fue de 53,7%, el restante 47,3% iba directo a remolienda en el molino de bolas 204 para luego ser alimentado al Slon.

#### **- Clasificación Trommel.**

En el primer circuito se daban pérdidas de las colas por el O/S del trommel en 3,2% en tanto luego de la etapa de remolienda en el molino de bolas chico este porcentaje disminuyó a 0,9%.

- **Equipo Slon.**

Los resultados con las variaciones en la recuperación en peso, eliminación de S, etc comparadas con la etapa sin remolienda se muestran en la Tabla N°12, de igual forma se observa como es que la granulometría del concentrado y colas han variado.

**TABLA N° 11**

<b>Etapa antes de la remolienda de las Colas</b>							
	Leyes (%)			% Peso	% Distribución		
	Fe	S	FeO		Fe	S	FeO
Alimentación	50,0	2,077	2,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Concentrado	60,4	0,898	3,2	64,3	77,8	33,3	89,8
Colas	31,1	3,545	0,7	35,7	22,2	66,7	10,2
<b>Etapa con remolienda de las Colas</b>							
	Leyes (%)			% Peso	% Distribución		
	Fe	S	FeO		Fe	S	FeO
Alimentación	47,7	2,524	1,8	100,0	100,0	100,0	100,0
Concentrado	58,8	1,072	3,0	57,7	71,6	27,5	89,7
Colas	31,8	4,048	0,5	42,3	28,4	72,5	10,3
<b>% -325 Malla</b>							
	<b>Antes de remolienda</b>			<b>Con remolienda</b>			
Concentrado	9,7 %			38,9 %			
Colas	48,1 %			69,5 %			

- **Remolienda de conc. magnético cobber y conc. Slon.**

Se realizó en el molino de bolas 206 operando en circuito cerrado y recibiendo el concentrado de separación magnética cobber y del concentrado del Slon. La performance de este circuito fue la siguiente:

	% Carga circulante	Partición al U/F	Partición al O/F	-325m O/F
BM 206	94,1	0,4848	0,5152	73,9

- **Flotación.**

Esta etapa se ha evaluado referencialmente debido a la adición constante de concentrado de mineral primario (por necesidad de producción), se estima la recuperación de esta etapa en 90 – 92%.

#### 3.2.4.4 CONCLUSIONES

- La recuperación global del circuito obtenida se encuentra entre 70 – 75% en peso con un mineral oxidado – transicional habiéndose alcanzado uno de los objetivos de estas pruebas, el cual era llegar a obtener una recuperación igual a la obtenida con el mineral primario.
- Con este circuito final se ha podido llegar a incrementar el tonelaje de alimentación al circuito del mineral oxidado, así como mejorar la eficiencia del equipo Slon.
- Referente al contenido de S, Cu, insoluble y álcalis presentes en el concentrado final se planteó mejorar la etapa de flotación con la finalidad de disminuir estos porcentajes que comparados con los dados por el mineral

primario son muy elevados, para lo cual es necesario hacer pruebas con reactivos especiales.

- En el Anexo 5.6 se muestran los balances metalúrgicos más representativos, del circuito de tratamiento de mineral oxidado con remolienda de colas y separador magnético Slon, vemos como varia el contenido de S e insolubles en el concentrado Slon, aun se mantienen elevados.

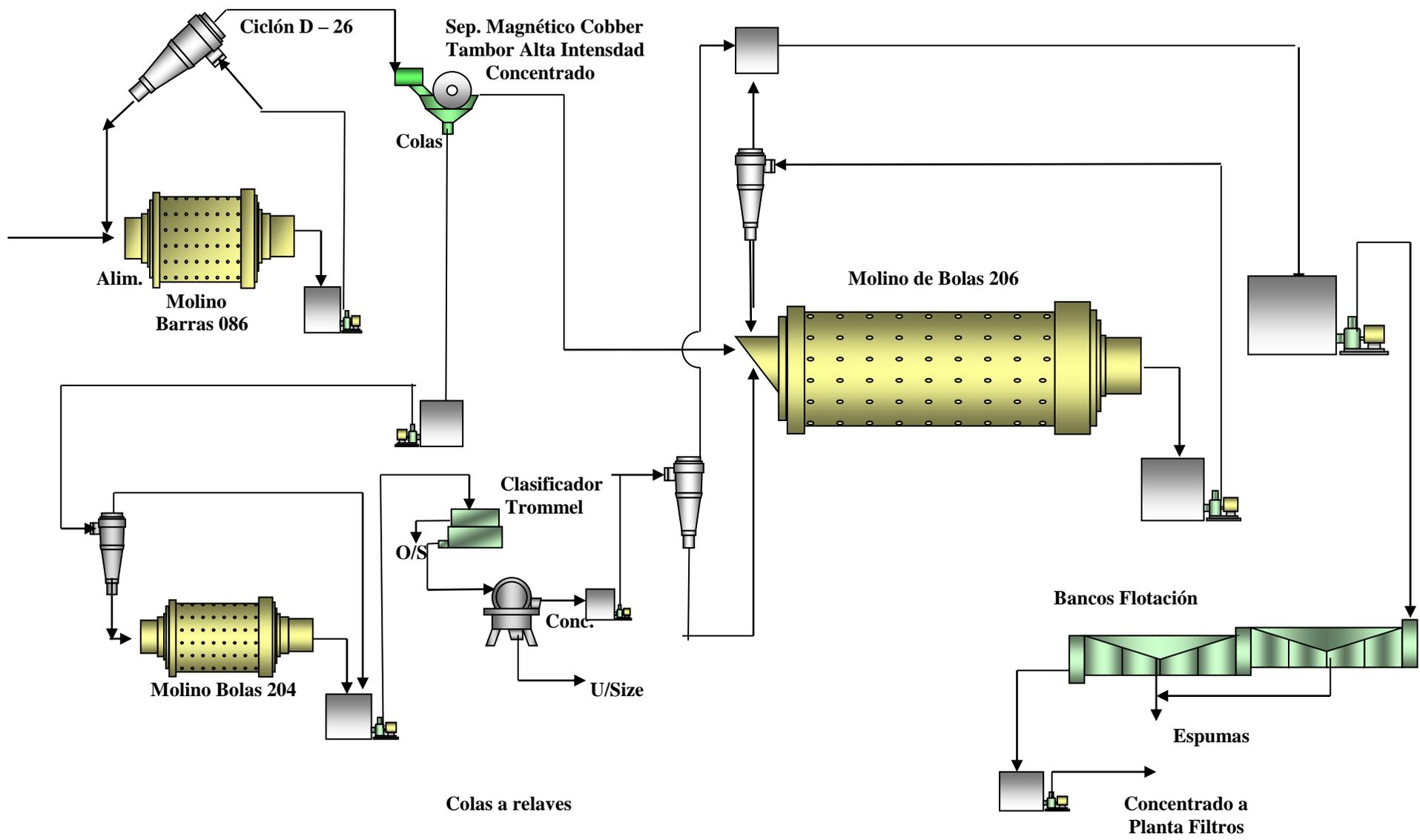


Gráfico N° 31 Diagrama de Flujo del “Segundo Circuito” de tratamiento de mineral oxidado con Separador Magnético de Alta Intensidad SLON

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES**

La conclusión más relevante obtenida de todos estos circuitos realizados, es el de haber logrado obtener un circuito que nos permita realizar el beneficio del mineral transicional y oxidado, y el de haber podido obtener una recuperación en peso global similar a la dada por los circuitos que tratan mineral primario (magnético), habiendo también elevado el tonelaje de producción.

Desde el inicio de la evaluación de circuitos a nivel industrial, se dan las mejoras en cada circuito establecido, en la primera etapa obtuvimos resultados muy importantes que nos llevaron a determinar que realizando el retratamiento de las colas de separación magnética cobber obtendríamos una mejor recuperación global en peso.

#### **Primera Etapa.**

**Primer Circuito:** realizando un doble cicloneo sin remolienda intermedia se pudo obtener una recuperación en peso de las colas de 65,8% (mayor al obtenido

haciendo remolienda intermedia 45,12%), y una recuperación en peso global de 67,2% en promedio.

**Segundo Circuito:** Se concluye que no es necesario realizar una remolienda de la descarga del molino de barras (cuyo objetivo era afinar para elevar la recuperación del Fe y FeO, y eliminar con mayor facilidad el S, Cu e Insolubles) para alimentar al separador magnético cobber, ya que quedó demostrado que es mucho mejor realizar la separación magnética de los minerales transicional y oxidado a una GRANULOMETRÍA GRUESA (30 – 35% Malla -325), debido a que a este tamaño al encontrarse aún ligados la parte no-magnética con la magnética al pasar por separación magnética cobber parte de estos no-magnéticos se van hacia el concentrado incrementando el % Recuperación Global; lo que no ocurre al hacer la separación magnética a mayor finura donde se obtiene menor % Recuperación ya que la parte no-magnética fina se va directo a las colas, pero con mayor eliminación de impurezas. Por otra parte no mejoró la granulometría final del concentrado pese a que procesó menos tonelaje que en la primera prueba.

**Tercer Circuito:** Se probó dos circuitos, el primero con separación magnética finisher donde la recuperación en peso promedio fue de 35.2% y el segundo con separadores magnéticos cobber con una recuperación en peso 46.6%, quedando demostrado que la etapa de separación COBBER es la requerida para el procesamiento de los minerales transicional y oxidado.

En la Tabla N° 13 se muestra un cuadro comparativo de los tres circuitos realizados a nivel industrial, de esta obtenemos que es mas ventajoso seguir con el procesamiento de retratamiento de colas con doble cicloneo ya que nos da la mayor

recuperación en peso, la desventaja presentada como ya se mencionó es la poca eliminación de S, Cu y los insolubles.

**TABLA N°12**

	<b>Circuito Tradicional</b>	<b>1er Circuito</b>	<b>2do Circuito</b>	<b>3er Circuito</b>	
Período		Junio-julio 2001	Julio 2001	Finisher	Cobber
TLH alim.	167,4	153,9	145,8	138,6	142,9
% Recup. Peso	51,0	67,2	61,3	59,6	71,8
% Recup. Fe	60,7	74,4	67,7	63,2	75,3
% Eliminac. S	96,2	82,1	83,2	76,0	76,4
% Eliminac. Cu	86,4	66,3	75,9	67,2	55,4
% Eliminac. Insol	90,4	56,5	----	----	----
<b>CARACTERISTICAS DEL CONCENTRADO FINAL</b>					
Contenido de Fe	67,7	61,7	62,0	62,7	61,0
Contenido de S	0,112	0,286	0,227	0,133	0,160
Contenido de Cu	0,059	0,047	0,039	0,023	0,031
Contenido de FeO	16,3	8,8	7,8	5,3	5,7
Malla -325M	72,5	63,1	61,5	68,8	67,7

### **Segunda Etapa.**

**El Segundo circuito** fue determinante ya que con la implementación del separador magnético de alta intensidad SLON 1750 se pudo obtener la recuperación global 70 – 75%, se logró incrementar el tonelaje de producción a tratar (ya que en los anteriores circuitos estuvo limitado), el circuito mantiene la idea de retratamiento de las colas de separación magnética cobber con una remolienda previa y posterior tratamiento en el Slon, el único inconveniente presentado es el alto contenido de S en el concentrado, será necesario entonces realizar las pruebas correspondientes con reactivos especiales para poder eliminarlo.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Chia Aquije Juan, (1992), “Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales” Lima-Perú.
2. Quiroz Nuñez Ivan, (1986), “Operaciones Unitarias en Procesamiento de Minerales.” Lima – Perú.
3. Menacho Jorge, Yadranka Zivkovic, (1995), “Tópicos Especiales de Conminución de Minerales “ CITED Chile
4. Shougang Hierro Perú, (1995), “Catálogo de Operaciones Shougang Hierro Perú.”, Artes Gráficas Shougang, Ica – Perú.
5. Shougang Hierro Perú, (1998), “Manual de Calidad en Shougang Hierro Perú”, Artes Gráficas Shougang, Ica – Perú.
6. Canepa César, (2004), “Informe Técnico - Estudio Microscópico de Mineral Oxidado”, Lima – Perú.
7. Sepúlveda E. Jaime, 1986  
“Un análisis Crítico del Proceso de Molienda Clasificación”

## **ANEXOS**

**5.1 BALANCES METALURGICOS DEL PRIMER CIRCUITO DE  
BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL/OXIDADO**

**TABLA N° 5.1.1 PRIMER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL**

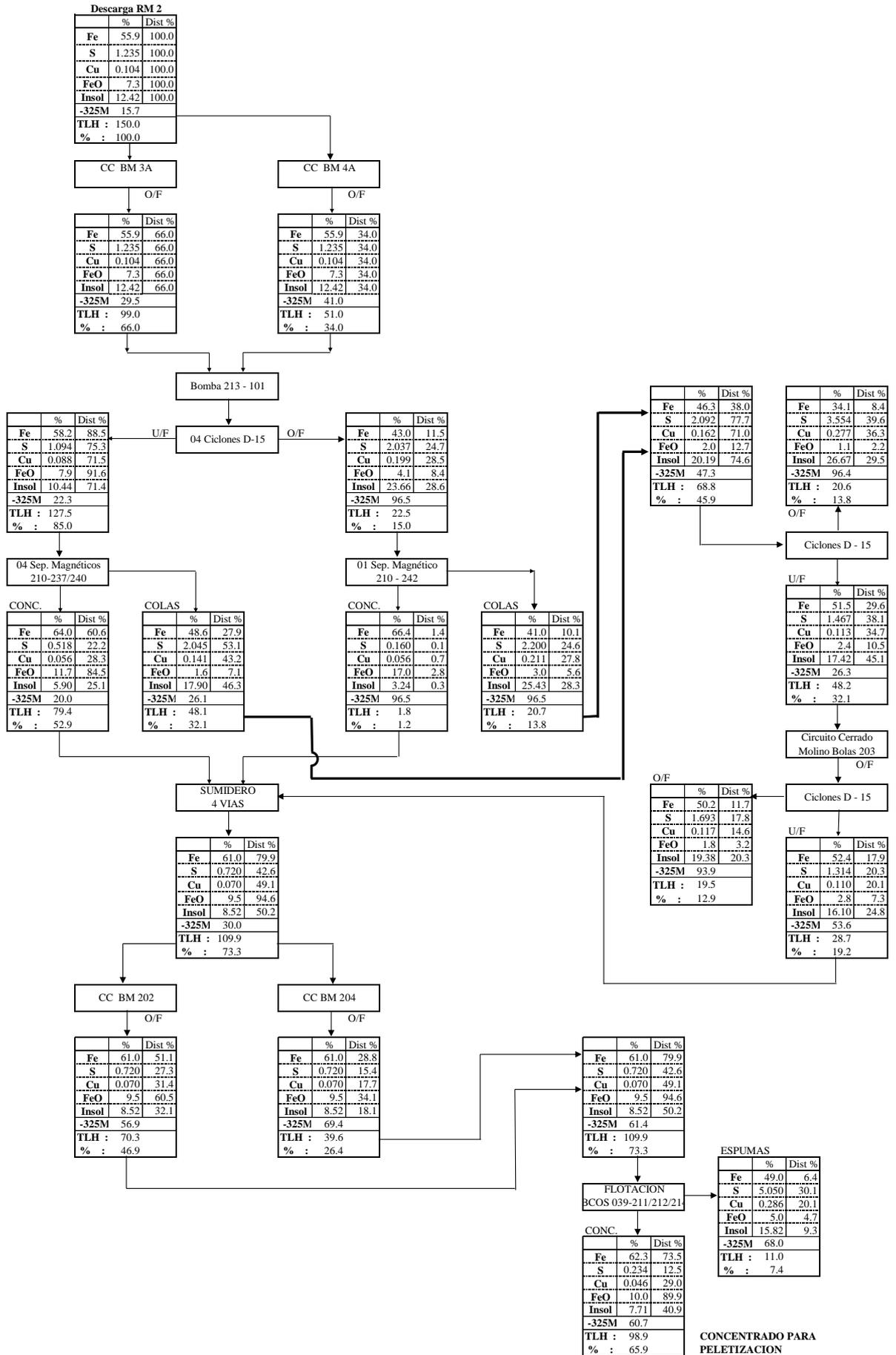


TABLA N° 5.1.2 PRIMER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL

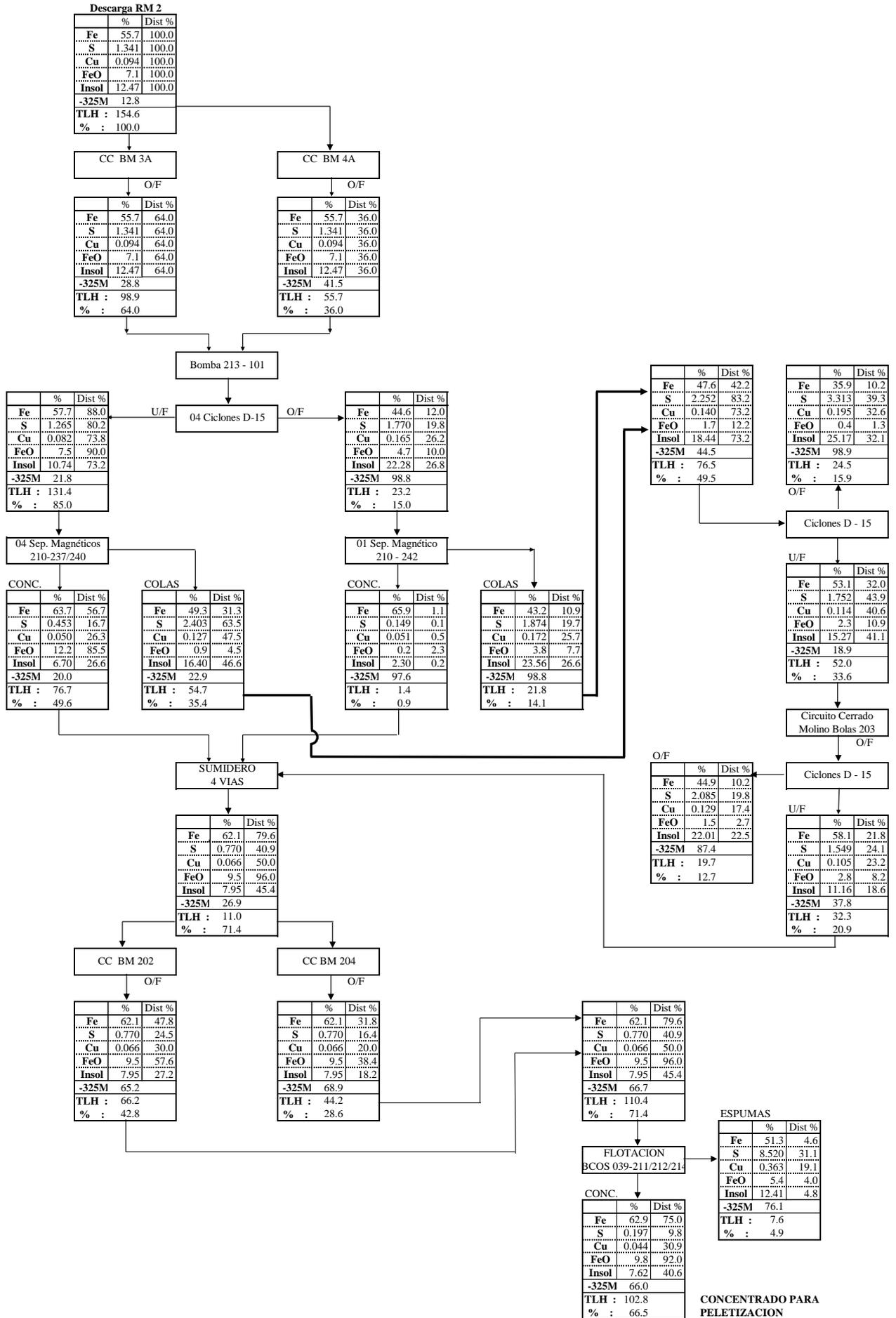


TABLA N° 5.1.3 PRIMER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL

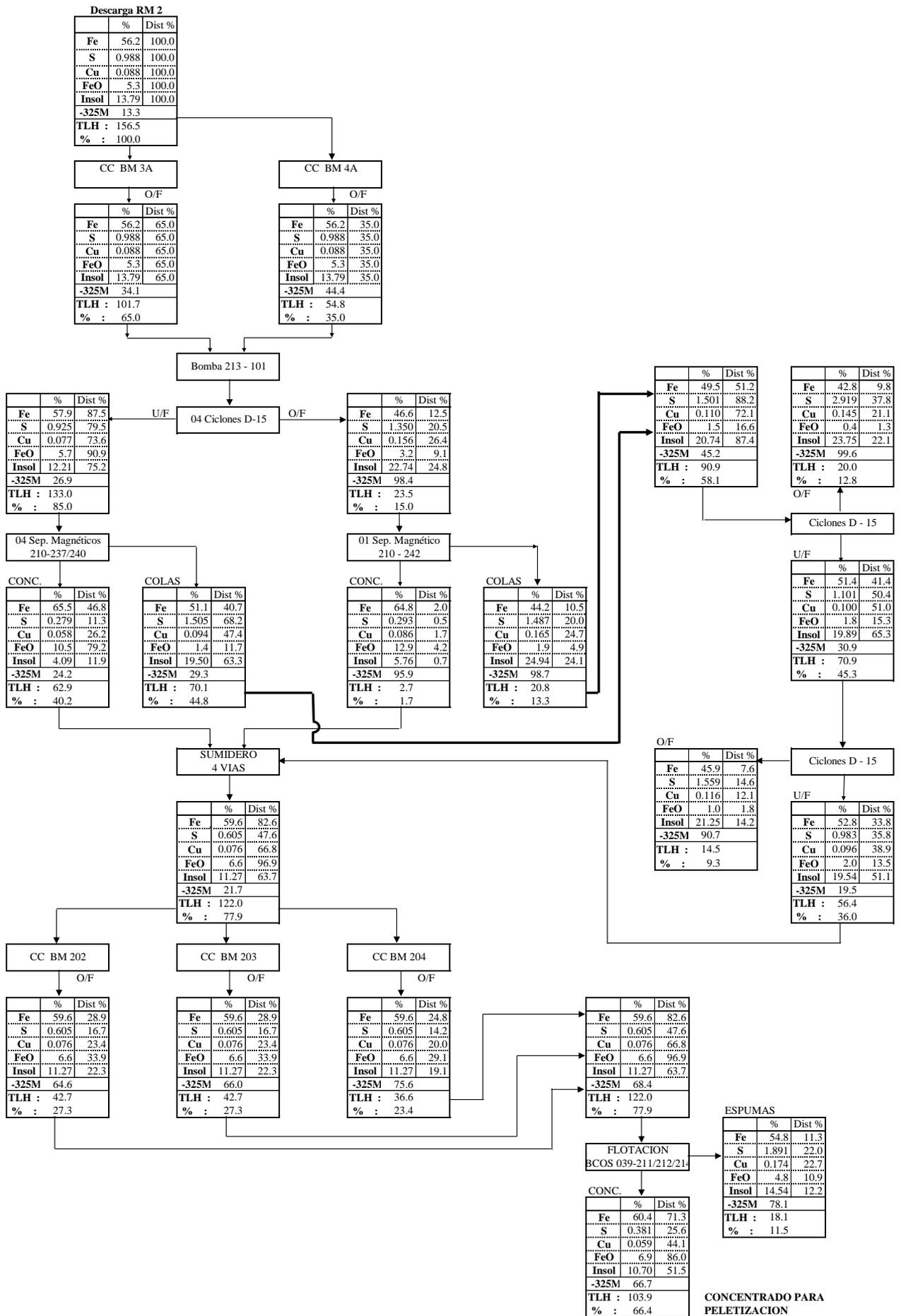
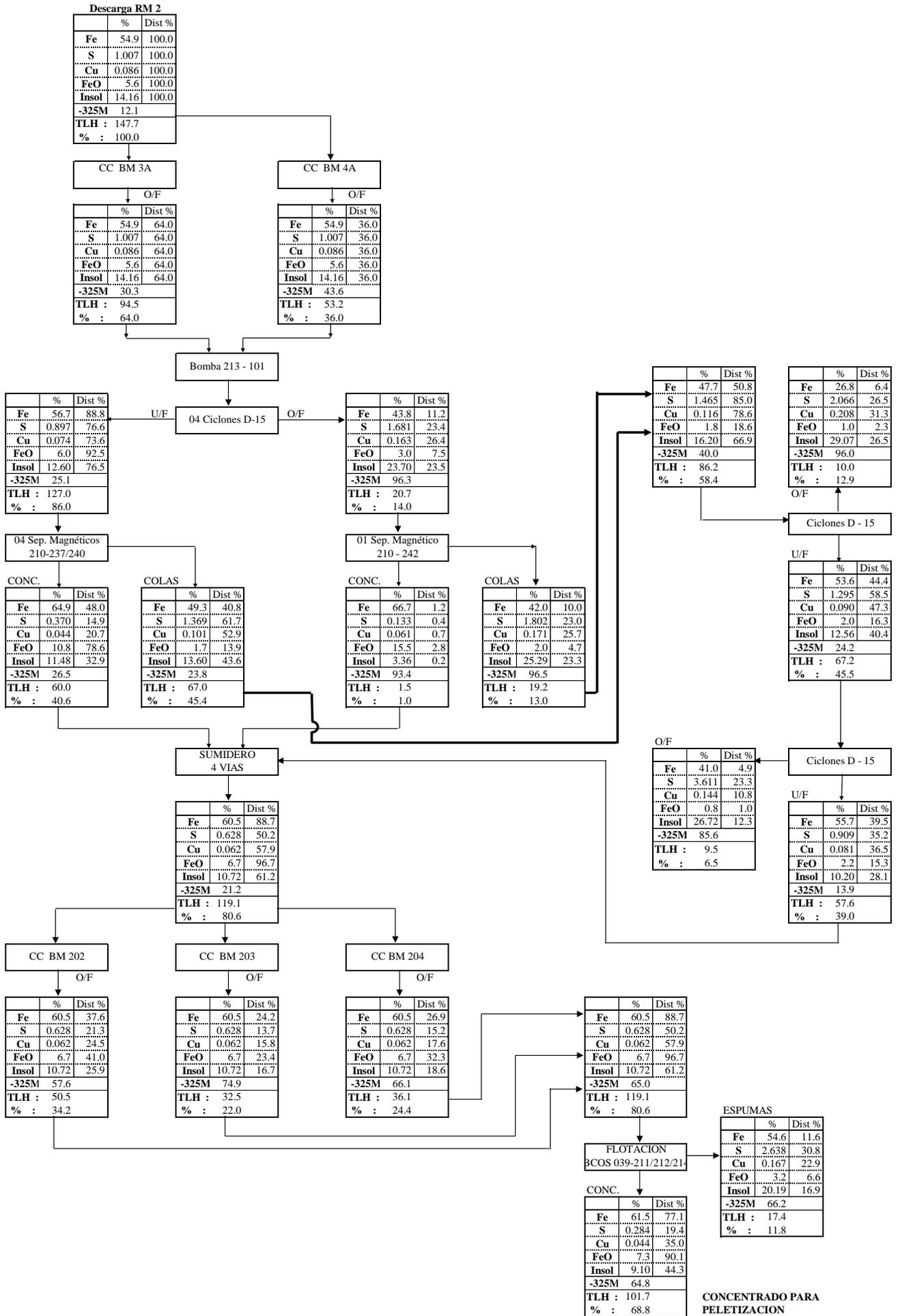
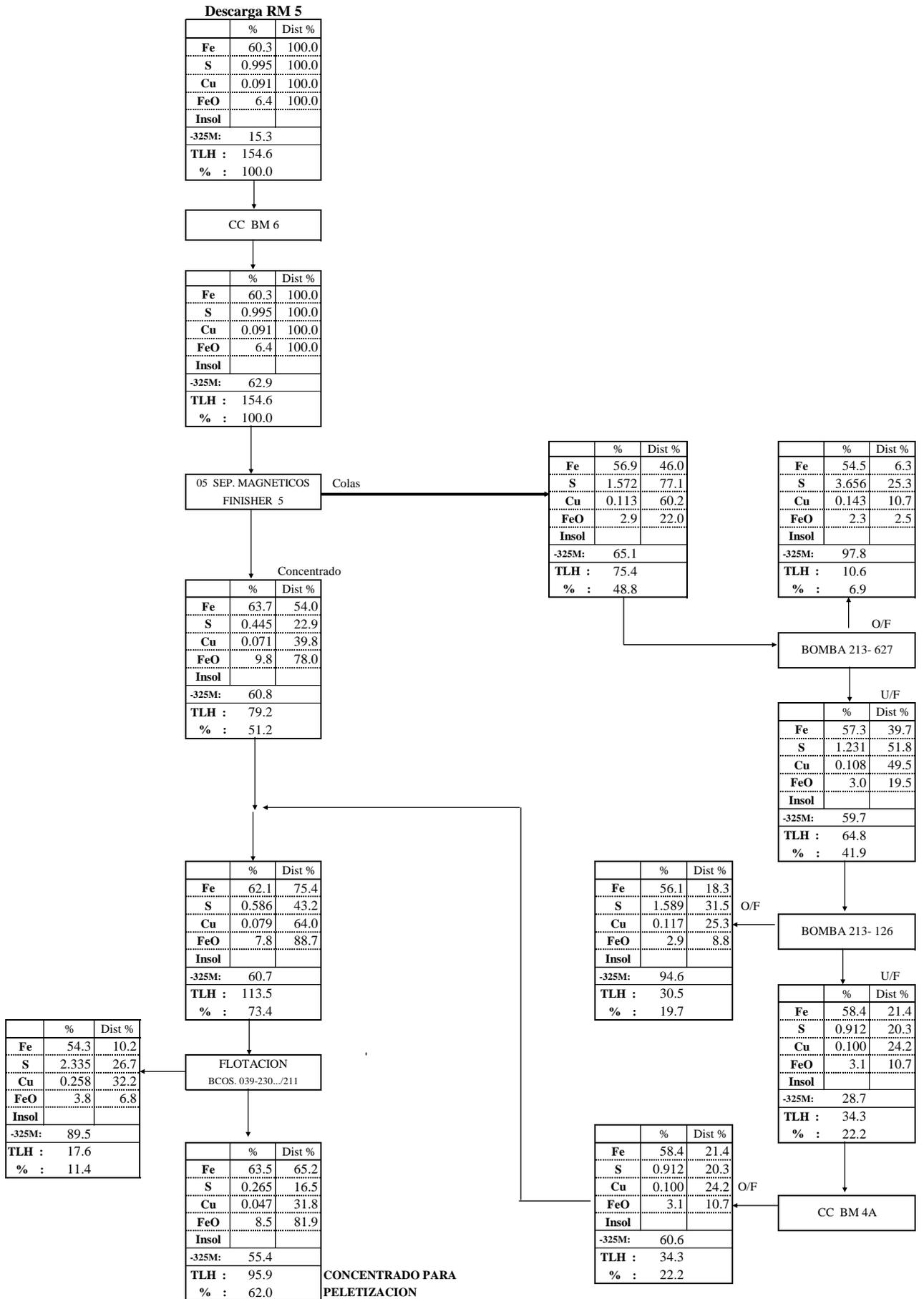


TABLA N° 5.1.4 PRIMER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL

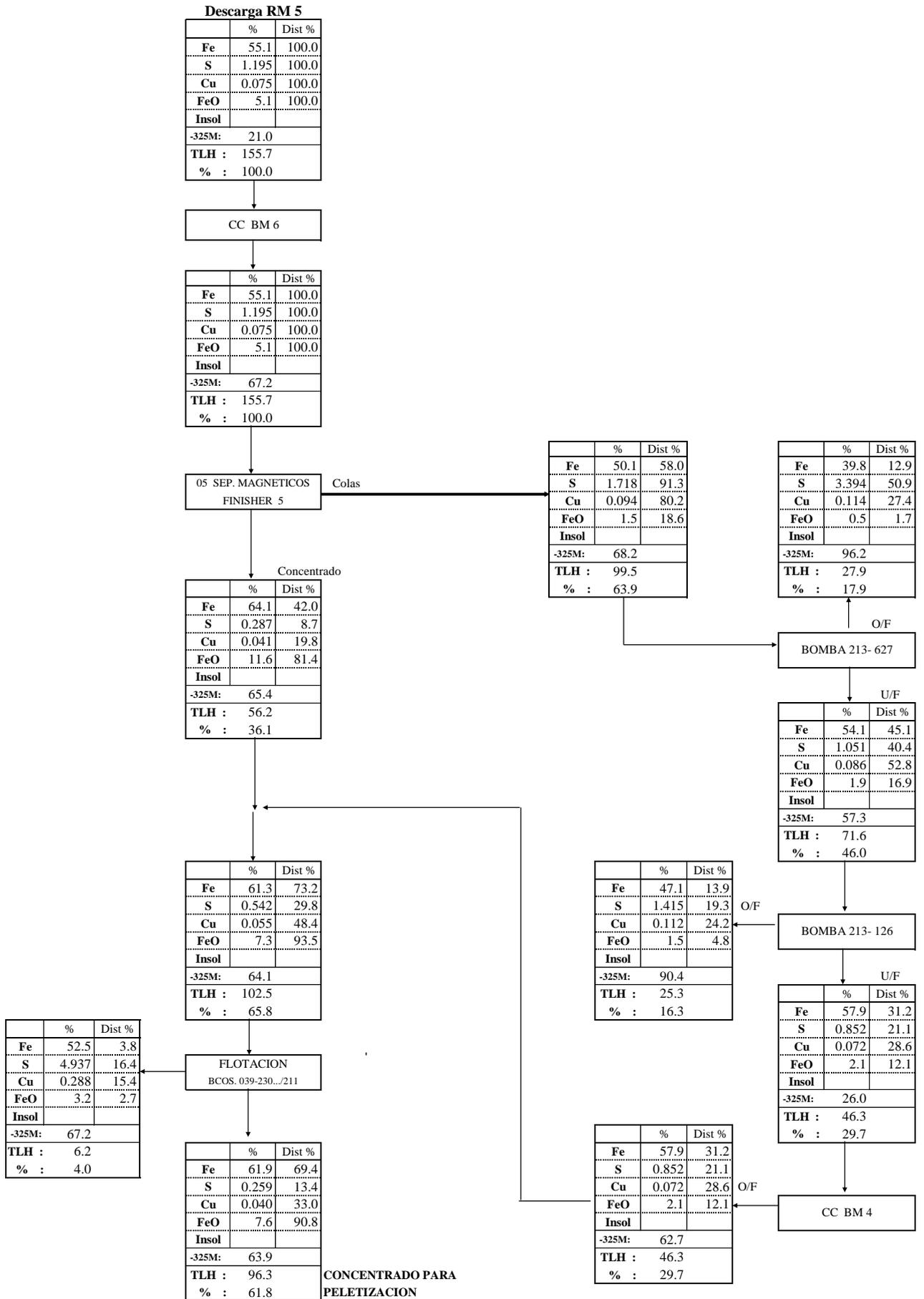


**5.2 BALANCES METALURGICOS DEL SEGUNDO CIRCUITO DE  
BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL/OXIDADO.**

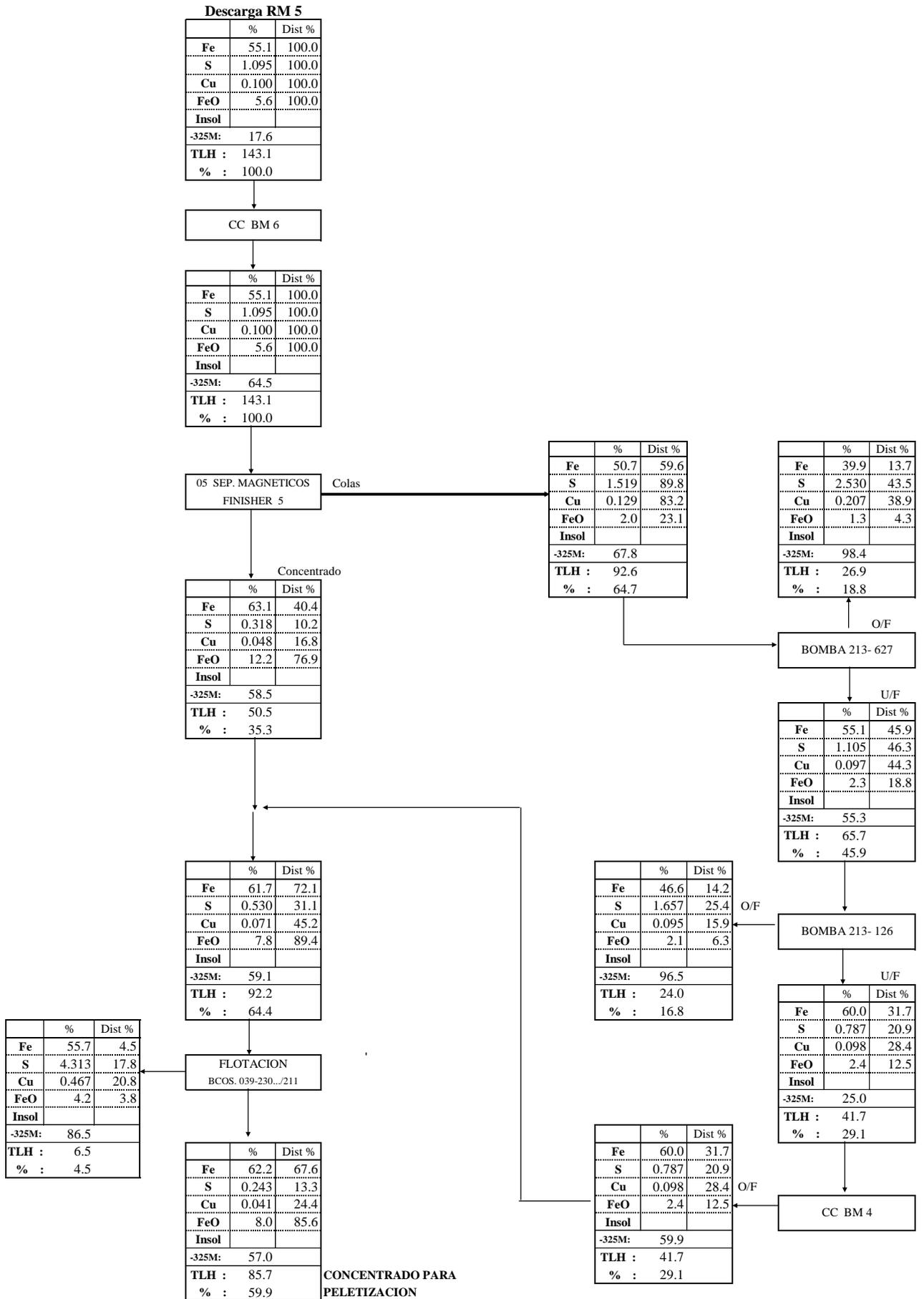
**TABLA N° 5.2.1 SEGUNDO CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL**



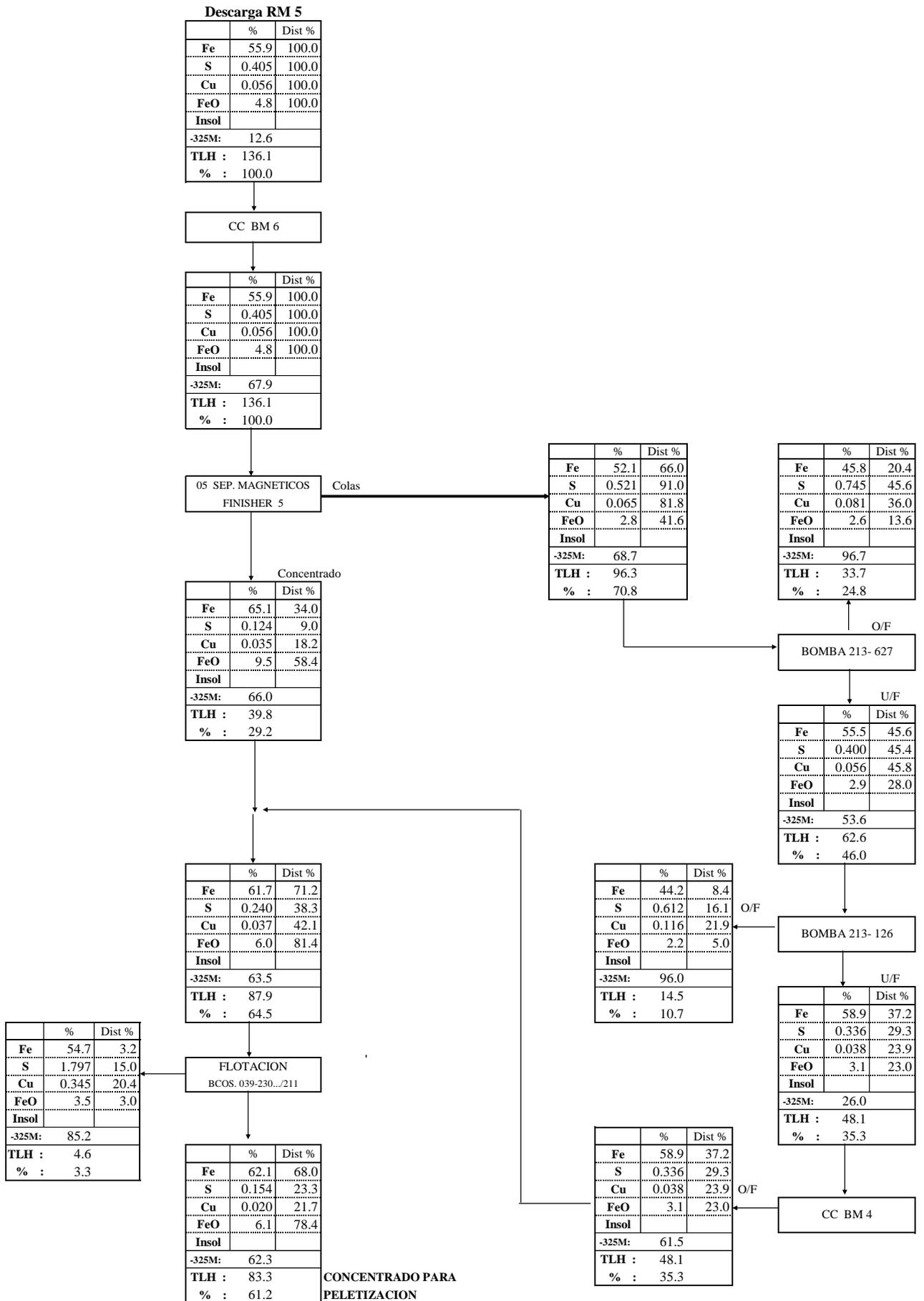
**TABLA N° 5.2.2 SEGUNDO CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL**



**TABLA N° 5.2.3 SEGUNDO CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL**



**TABLA N° 5.2.4 SEGUNDO CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL TRANSICIONAL**



**5.3 BALANCES METALURGICOS DEL TERCER CIRCUITO DE  
BENEFICIO DE MINERAL TRANSICIONAL/OXIDADO.**

**TABLA N°5.3.1 TERCER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARACION MAGNETICA FINISHER**

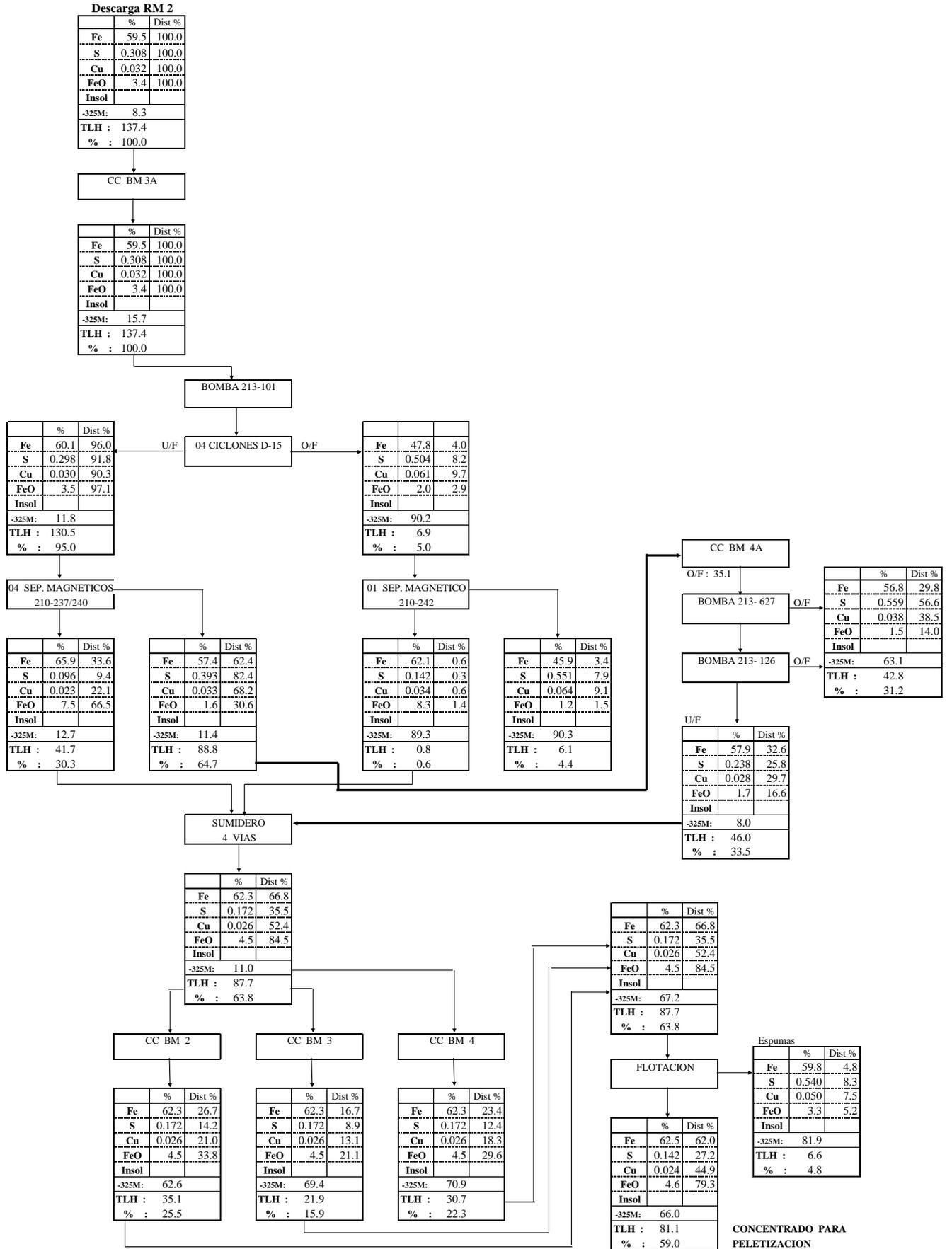
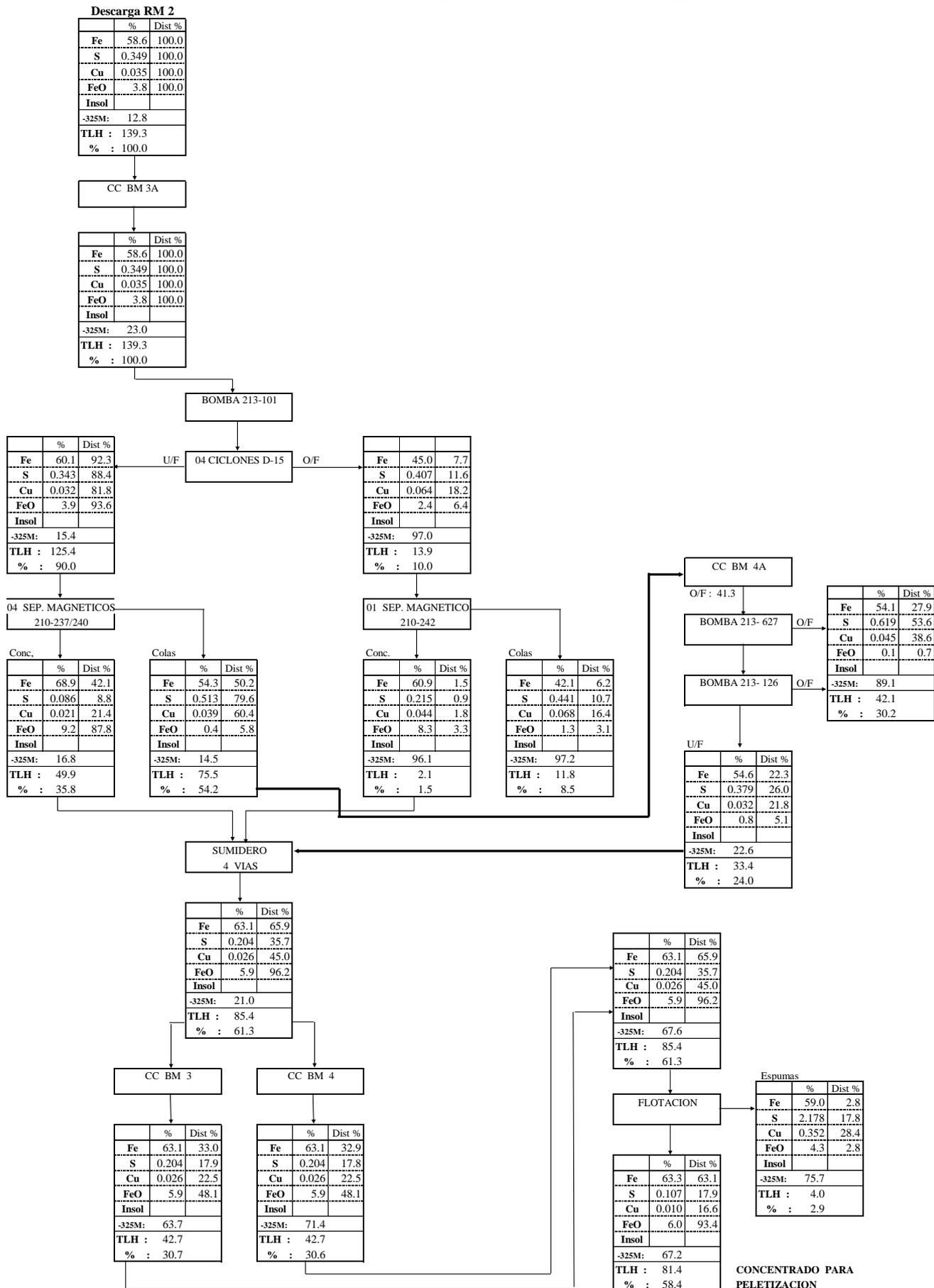
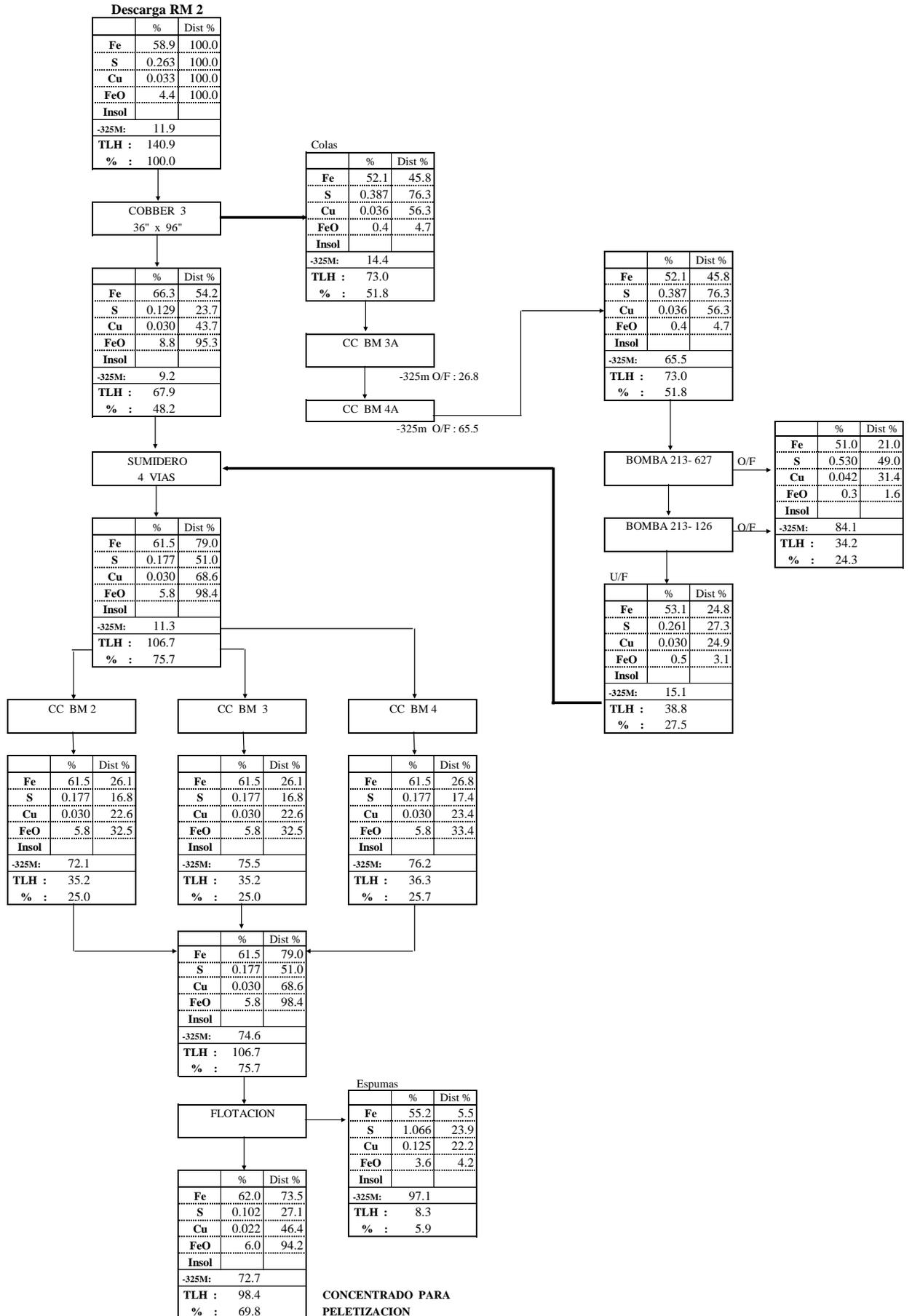


TABLA N°5.3.2

TERCER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL OXIDADO  
CON SEPARACION MAGNETICA FINISHER

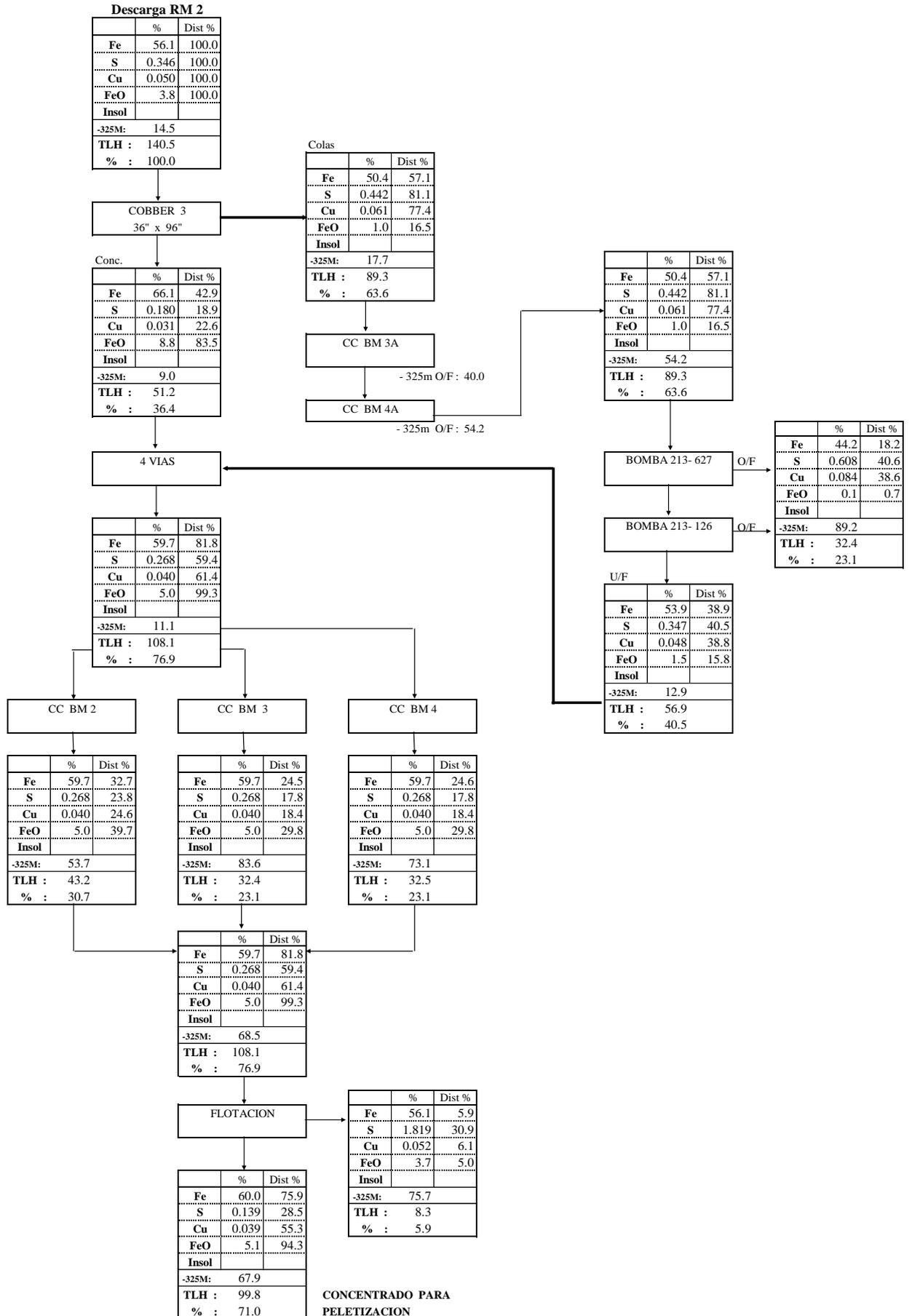


**TABLA N°5.3.3 TERCER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARACION MAGNETICA COBBERS**

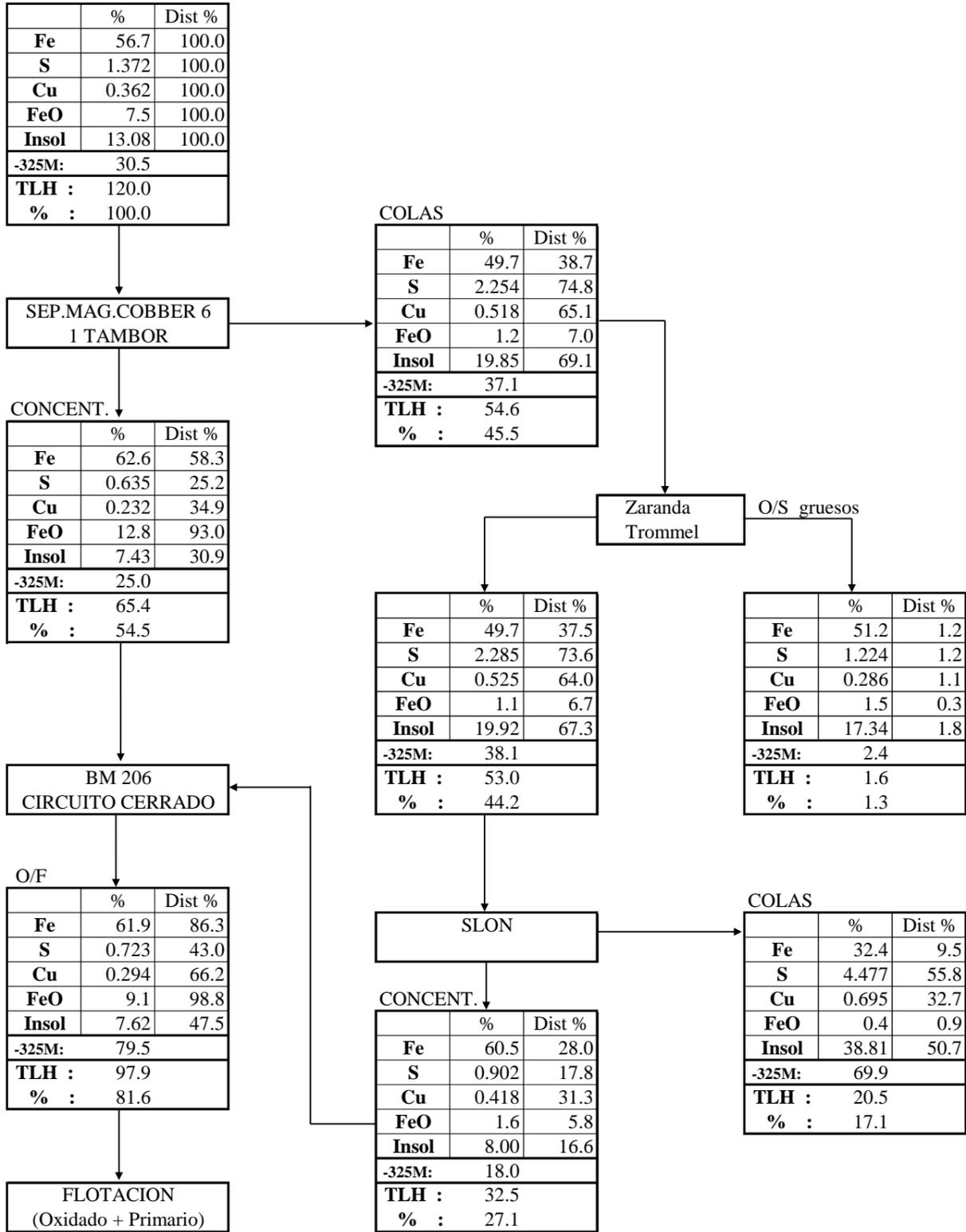


**5.4 BALANCES METALURGICOS DEL PRIMER CIRCUITO DE  
TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARADOR  
MAGNETICO DE ALTA INTENSIDAD SLON 1750.**

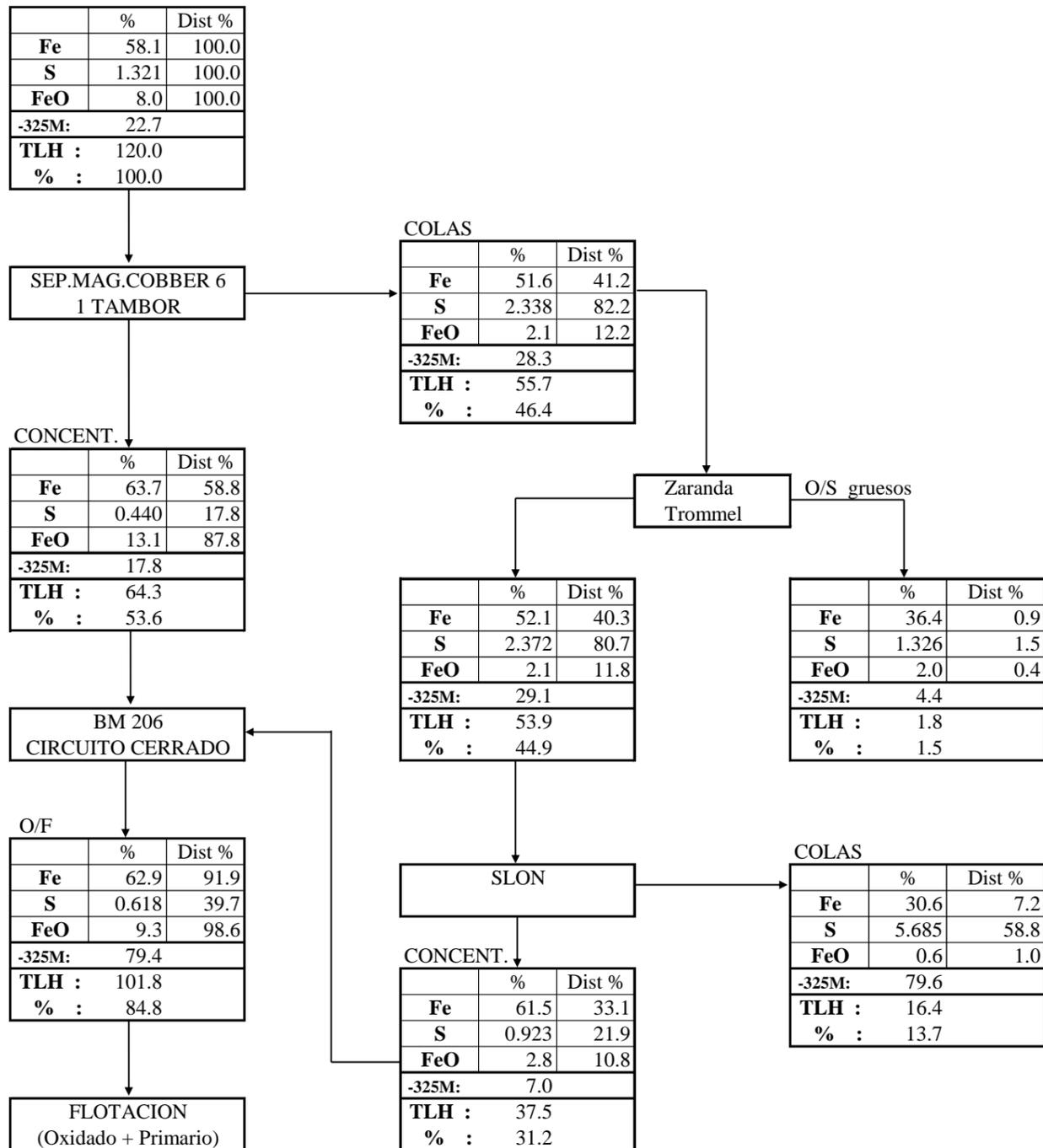
**TABLA N°5.3.4 TERCER CIRCUITO PARA EL PROCESAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARACION MAGNETICA COBBERS**



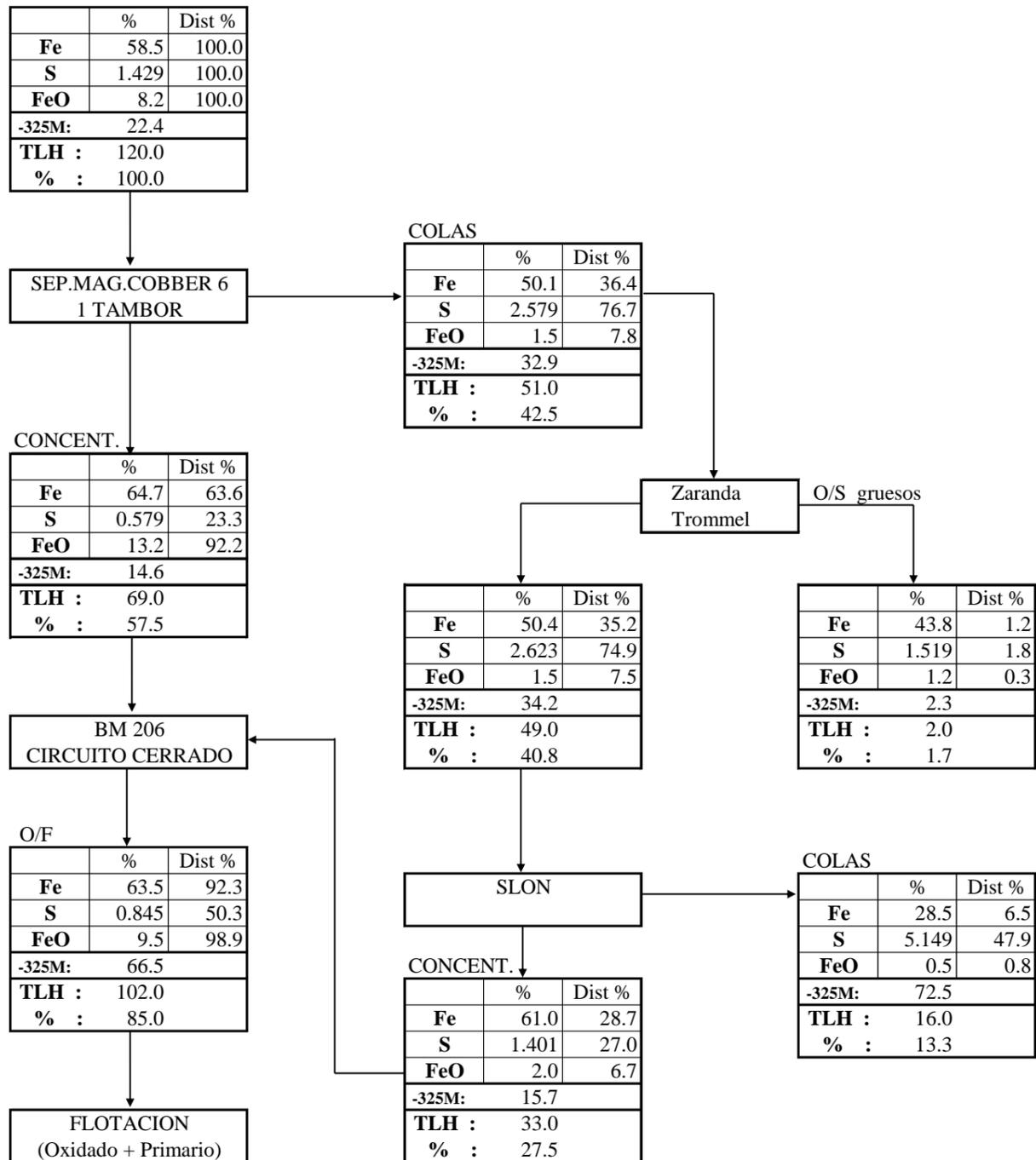
**TABLA 5.4.1**  
**CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO**  
**USO DE SEPARADOR MAGNETICO SLON**



**TABLA 5.4.2**  
**CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO**  
**USO DE SEPARADOR MAGNETICO SLON**



**TABLA 5.4.3**  
**CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO**  
**USO DE SEPARADOR MAGNETICO SLON**

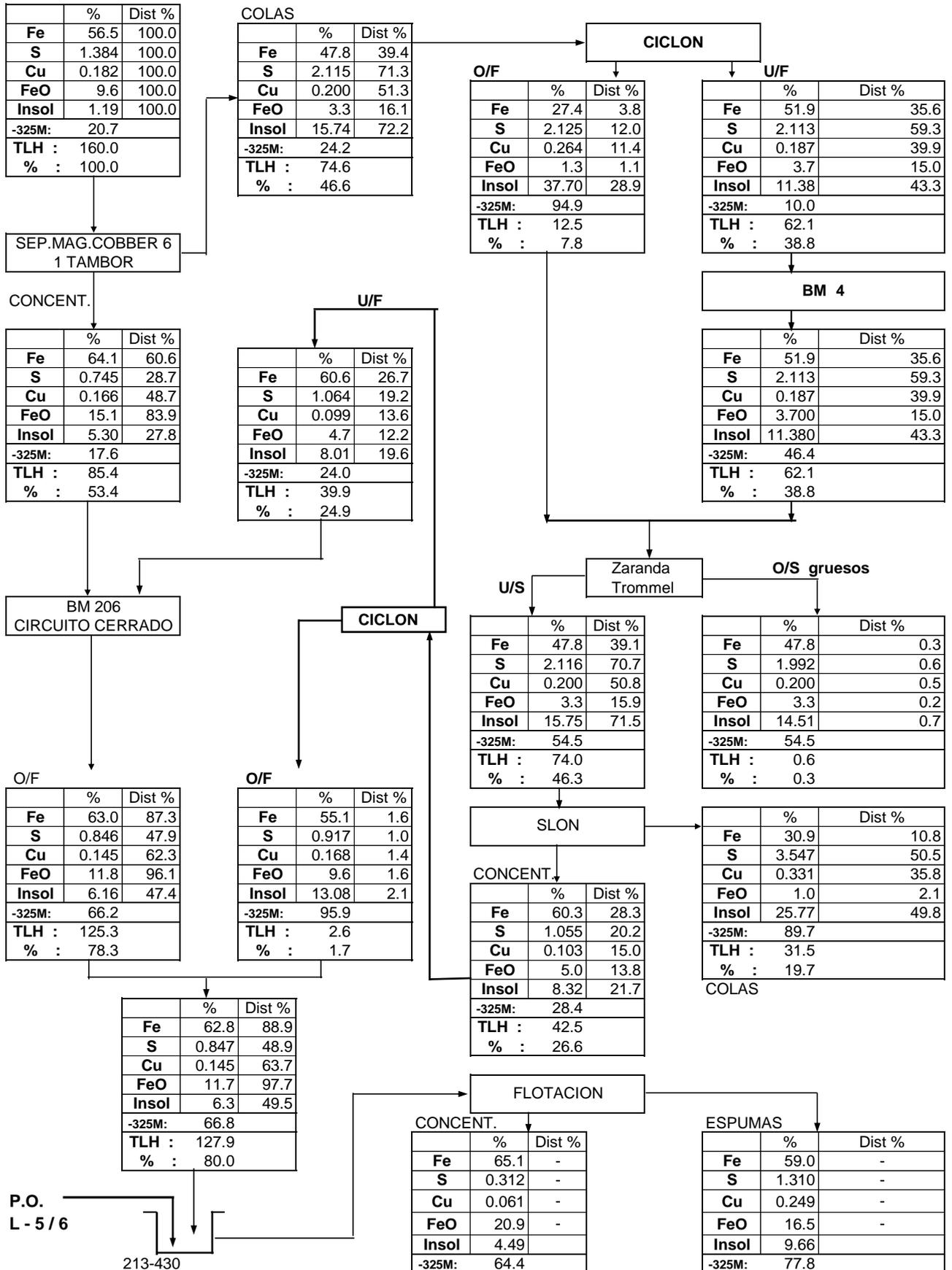


**5.5 BALANCES METALURGICOS DEL SEGUNDO CIRCUITO DE  
TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO CON SEPARADOR  
MAGNETICO DE ALTA INTENSIDAD SLON 1750.**



TABLA N° 5.5.2

CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO  
CON REMOLIENDA DE COLAS  
USO DE SEPARADOR MAGNETICO SLON



**TABLA N° 5.5.3**

**CIRCUITO DE TRATAMIENTO DE MINERAL OXIDADO  
CON REMOLIENDA DE COLAS**

**USO DE SEPARADOR MAGNETICO SLON**

