

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**"SUPERVISION DE LABORATORIO QUIMICO DE LA  
COMPAÑÍA PROCESADORA MOLLEHUACA SAC / EMPRESA  
INKARRI COMERCIALIZADORA PERU SAC"**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTADO POR**

**CARLOS DIAZ SOTO**

**ASESOR**

**ING° GUTIERREZ CUBA CÉSAR**

**CALLAO – 2023**

**PERÚ**



## Document Information

<b>Analyzed document</b>	DIAZ SOTO CARLOS - TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.pdf (D172004183)
<b>Submitted</b>	2023-07-12 00:02:00
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	fiq.investigacion@unac.edu.pe
<b>Similarity</b>	2%
<b>Analysis address</b>	fiq.investigacion.unac@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>1031-ortiz zamudio, richard jesus.pdf</b> Document 1031-ortiz zamudio, richard jesus.pdf (D29959163)	 8
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13418?show=full">http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13418?show=full</a> Fetched: 2023-07-12 00:03:00	 1
<b>W</b>	URL: <a href="http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/14544/IMguapcj.pdf?sequence=1&amp;isA...">http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/14544/IMguapcj.pdf?sequence=1&amp;isA...</a> Fetched: 2023-01-13 05:46:54	 4
<b>W</b>	URL: <a href="https://es.slideshare.net/xxsusuxx/anlisis-y-desarrollo-del-laboratorio-quimico-metalurgico">https://es.slideshare.net/xxsusuxx/anlisis-y-desarrollo-del-laboratorio-quimico-metalurgico</a> Fetched: 2022-03-18 00:11:35	 1
<b>SA</b>	<b>1004-LUNA BOTELLO, VICTOR DIONISIO.pdf</b> Document 1004-LUNA BOTELLO, VICTOR DIONISIO.pdf (D30125547)	 2

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA QUIMICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA QUIMICA INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO "SUPERVISION DE LABORATORIO QUIMICO DE LA COMPAÑÍA PROCESADORA MOLLEHUACA SAC / EMPRESA INKARRI COMERCIALIZADORA PERU SAC" CARLOS DIAZ SOTO CALLAO-2022 PERU

1 PROLOGO DE JURADO El presente Trabajo de Suficiencia Profesional fue Expuesto por el señor Bachiller DIAZ SOTO CARLOS ante el Jurado de Exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao: ING° ING° ING° ING° Tal como este asentado en el Libro de Actas N° Folio N° y Acta N° de fecha del 2022, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional, de conformidad, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU-CALLAO, del 30 de junio del 2021.

2 DEDICATORIA Este presente informe la dedico con mucho cariño a mis padres Leoncio y Marcia, gracias por su apoyo y ejemplo siempre presente. A mis hermanas Mónica y Beatriz gracias por su apoyo. A mi esposa Rosalba, por su fortaleza, apoyo y paciencia por estar a mi lado en los momentos más difíciles muchísimas gracias. A mis hijos Damaris y Derek por darme infinitas razones para seguir trabajando para ser un mejor ser humano y poder hacer de nuestro país un mejor Perú.

## PROLOGO DE JURADO

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional fue Expuesto por el señor Bachiller **DIAZ SOTO CARLOS** ante el Jurado de Exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

Ing. POLICARPO AGATON SUERO IQUIAPAZA:	Presidente
Lic. ANA MARIA REYNA SEGURA:	Secretaria
Ing. GUMERCINDO HUAMANI TAIPE:	Vocal
Ing. CESAR GUTIERREZ CUBA:	Asesor

Tal como este asentado en el Libro de Actas N° 237, libro 02 Folio N° 44 de fecha 20 de octubre de 2023, para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico en la Modalidad de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional, de conformidad, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Callao, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU-CALLAO, del 30 de junio del 2021

## **DEDICATORIA**

Este presente informe lo dedico con mucho cariño a mis padres Leoncio y Marcia, gracias por su apoyo y ejemplo siempre presente. A mis hermanas Mónica y Beatriz gracias por su apoyo. A mi esposa Rosalba, por su fortaleza, apoyo y paciencia por estar a mi lado en los momentos más difíciles muchísimas gracias. A mis hijos Damaris y Derek por darme infinitas razones para seguir trabajando para ser un mejor ser humano y poder hacer de nuestro país un mejor Perú.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento a todas las amistades y colegas del área de análisis químico, quienes con sus conocimientos y experiencias aportaron de manera significativa en la elaboración de este informe, gracias, Ing. Efraín Condori Mendoza. Un agradecimiento especial a mi tutor el Ingeniero Cesar Gutiérrez Cuba quien brindo su tiempo y conocimiento para ordenar y formalizar mi informe de suficiencia profesional.

# ÍNDICE

	Pag
<b>I ASPECTOS GENERALES</b>	<b>7</b>
<u>1.1</u> Objetivos	7
<b>II FUNDAMENTO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL</b>	<b>17</b>
<u>2.1</u> Marco Teórico	17
2.1.1 Química inorgánica	17
2.1.2 Química analítica cualitativa	17
2.1.3 Química analítica cuantitativa	17
2.1.4 Análisis químico mineral	17
2.1.5 Análisis químico cuantitativo por vía clásica	18
2.1.6 Muestreo de minerales	19
2.1.7 Preparación de muestras	24
2.1.8 Principios de ensayos al fuego	30
2.1.9 Espectrometría de Absorción Atómica	33
2.1.10 Método general para obtener leyes de metales preciosos (Fire Assay o Vía Seca)	39
2.1.11 Determinación de oro en solución cianurada por espectrofotometría de absorción atómica	47
2.1.12 Etapas en el proceso del análisis químico en laboratorio de la compañía Procesadora Mollehuaca S.A.C.	54
2.1.13 Etapa de recepción y preparación de las muestras para el análisis químico	55
2.1.14 Etapa de pesado de muestras	56
2.1.15 Etapa de fundición y copelación	56
2.1.16 Etapa de ataque químico	57
2.1.17 Etapa de supervisión y reporte de resultados	57
2.1.18 Etapa de reporte final vía seca	57
2.1.19 Etapa de lectura por absorción atómica	58
2.1.20 Etapa de reporte final absorción atómica	58
2.2 Descripción de las actividades desarrolladas	58
2.2.1 Actividades cotidianas	58
<b>III APORTES REALIZADOS A LA EMPRESA</b>	<b>74</b>
3.1 Mejora de la eficiencia y la calidad en los procesos de análisis químico en el laboratorio químico	74
3.1.1 Área de recepción y preparación de muestras	74
3.1.2 Área de pesado	83
3.1.3 Área de Absorción Atómica	84

3.1.4	Área de fundición	85
3.1.5	Implementación de nueva área de laboratorio químico	87
3.2	Química analítica cualitativa	104
3.2.1	Área de pesado	104
3.2.2	Área de Absorción Atómica	117
3.2.3	Área de secado y preparación de muestras	126
3.2.4	Área de ataque químico	132
3.2.5	Área de jefatura y supervisión de laboratorio	141
3.2.6	Área de almacén de reactivos químicos	145
3.2.7	Área de fundición y copelación	145
<b>IV</b>	<b>DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>	<b>153</b>
<b>V</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>157</b>
<b>VI</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>159</b>
	<b>ANEXO</b>	<b>160</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pag</b>	
<b>Figura Nº 1</b>	Compañía procesadora Mollehuaca SAC	8
<b>Figura Nº 2</b>	Proyecto Mollehuaca – Santa Rosa	9
<b>Figura Nº 3</b>	Planta procesadora Mollehuaca anexo El pozo	10
<b>Figura Nº 4</b>	Planta procesadora Mollehuaca	10
<b>Figura Nº 5</b>	Planta de Lixiviación	11
<b>Figura Nº 6</b>	Visita de inducción en la planta de lixiviación	12
<b>Figura Nº 7</b>	Vista satelital Planta procesadora Mollehuaca SAC	13
<b>Figura Nº 8</b>	Vista satelital de la planta procesadora	13
<b>Figura Nº 9</b>	Plaza del distrito Huanuhuanu	14
<b>Figura Nº 10</b>	Vista satelital de la planta procesadora	14
<b>Figura Nº 11</b>	Organigrama compañía procesadora Mollehuaca SAC	16
<b>Figura Nº 12</b>	Mineral	17
<b>Figura Nº 13</b>	Colado de fundición	18
<b>Figura Nº 14</b>	Titulación de muestras de concentrado de zinc	19
<b>Figura Nº 15</b>	Muestras para análisis instrumental	20
<b>Figura Nº 16</b>	Muestreo y preparación de minerales	21
<b>Figura Nº 17</b>	Paño roleador	22
<b>Figura Nº 18</b>	Muestreo de mineral por cono y cuarteo	23
<b>Figura Nº 19</b>	Cortador de Rifles	24
<b>Figura Nº 20</b>	Preparación de Muestra Mineral	26
<b>Figura Nº 21</b>	Tipos de Minerales	27
<b>Figura Nº 22</b>	Horno de Secado	27
<b>Figura Nº 23</b>	Chancador de Quijada	29
<b>Figura Nº 24</b>	Pulverizadora de Anillos	30
<b>Figura Nº 25</b>	Dores	32
<b>Figura Nº 26</b>	Oro Gravimétrico luego de la Calcinación	33
<b>Figura Nº 27</b>	Equipo absorción atómica Perkin Elmer Analyst 400	34
<b>Figura Nº 28</b>	Ley de Beer – Lambert	35
<b>Figura Nº 29</b>	Espectrofotómetro de absorción atómica	36
<b>Figura Nº 30</b>	Lámpara de cátodo hueco	38
<b>Figura Nº 31</b>	Diagrama de flujo para el proceso de ensayos al fuego	48
<b>Figura Nº 32</b>	Elaboración de curvas de Calibración	50
<b>Figura Nº 33</b>	Programa WinLab AA	53
<b>Figura Nº 34</b>	Diagrama flujo de muestras que ingresan al laboratorio	59
<b>Figura Nº 35</b>	Contrato de trabajo con la Compañía Procesadora Mollehuaca	60
<b>Figura Nº 36</b>	Organigrama como supervisor o jefe de laboratorio químico	61
<b>Figura Nº 37</b>	Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico	62
<b>Figura Nº 38</b>	Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico	63
<b>Figura Nº 39</b>	Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico	64
<b>Figura Nº 40</b>	Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico	65
<b>Figura Nº 41</b>	Evidencia del trabajo de refacción realizado al equipo de pulverizado durante nuestra supervisión	66
<b>Figura Nº 42</b>	Evidencia del trabajo inspección al horno de secado cuando presento una avería durante su periodo de trabajo	66
<b>Figura Nº 43</b>	Evidencia de cálculo y reporte de resultados para análisis de soluciones cianuradas del área de planta de lixiviación	67

<b>Figura Nº 44</b>	Evidencia de cálculo y enseñanza al respectivo analista de laboratorio sobre las curvas de calibración	67
<b>Figura Nº 45</b>	Evidencia de requerimiento de equipos de escritorio realizado por la supervisión de laboratorio químico en los primeros días de trabajo	68
<b>Figura Nº 46</b>	Evidencia de la recepción de material volumétrico recibido por la supervisión de laboratorio químico	68
<b>Figura Nº 47</b>	Evidencia de control de consumo mensual de los reactivos químicos utilizados por el área de fundición y copelación	69
<b>Figura Nº 48</b>	Evidencia del ingreso de muestras al laboratorio químico y su respectiva supervisión	69
<b>Figura Nº 49</b>	Evidencia de la verificación del higrómetro durante los trabajos de supervisión	70
<b>Figura Nº 50</b>	Evidencia de la verificación de las balanzas realizado durante los trabajos de supervisión	70
<b>Figura Nº 51</b>	Evidencia del control del registro de optimización del equipo de absorción atómica realizado por la Supervisión del laboratorio químico	71
<b>Figura Nº 52</b>	Evidencia del control del registro de check list del equipo de absorción atómica realizado por la Supervisión del laboratorio químico	72
<b>Figura Nº 53</b>	Evidencia del control del registro de verificación de pesos realizado por la Supervisión del laboratorio químico	73
<b>Figura Nº 54</b>	Control de calidad Chancado	74
<b>Figura Nº 55</b>	Control de calidad Pulverizado	76
<b>Figura Nº 56</b>	Registro Check List Chancadora	81
<b>Figura Nº 57</b>	Registro Control de Engrase Chancadora	81
<b>Figura Nº 58</b>	Registro Control de Engrase Pulverizadora	82
<b>Figura Nº 59</b>	Registro Verificación de Balanzas	83
<b>Figura Nº 60</b>	Registro Optimización de Operación de AAS	84
<b>Figura Nº 61</b>	Registro Lecturas de Absorción Atómica	86
<b>Figura Nº 62</b>	Registro Check List Área de Absorción Atómica	86
<b>Figura Nº 63</b>	Registro Control de Calidad Proceso de Fundición	88
<b>Figura Nº 64</b>	Registro Check List Área Vía Seca	89
<b>Figura Nº 65</b>	Cercanía laboratorio químico planta desorción de oro	90
<b>Figura Nº 66</b>	Antiguo laboratorio químico	91
<b>Figura Nº 67</b>	Techo calamina y los motores campanas extracción	91
<b>Figura Nº 68</b>	Estructuras de un circuito de flotación de cobre	92
<b>Figura Nº 69</b>	Edificación del laboratorio químico antiguo	92
<b>Figura Nº 70</b>	Área de preparación de muestras	94
<b>Figura Nº 71</b>	Pulverizadora de anillos	94
<b>Figura Nº 72</b>	Chancadora de quijada hechiza	95
<b>Figura Nº 73</b>	Equipo de Secado	95
<b>Figura Nº 74</b>	Equipo de secado de capacidad insuficiente	96
<b>Figura Nº 75</b>	Área de fundición y copelación	98
<b>Figura Nº 76</b>	Sala de pesado y almacén improvisado	98
<b>Figura Nº 77</b>	Equipo absorción atómica Perkin-Elmer AAnalyst 400	100
<b>Figura Nº 78</b>	Equipo absorción atómica y campana extracción hechiza	100
<b>Figura Nº 79</b>	Área de AAS en los primeros días de evaluación	101
<b>Figura Nº 80</b>	Compresora de aire al aceite	101
<b>Figura Nº 81</b>	Solución estándar oro 1 000 ppm sin certificado calidad	102

<b>Figura Nº 82</b>	Área de ataque químico	102
<b>Figura Nº 83</b>	Almacén de reactivos químicos	103
<b>Figura Nº 84</b>	Almacén de materiales de Vidrio y otros	104
<b>Figura Nº 85</b>	Primer plano con las recomendaciones técnicas	105
<b>Figura Nº 86</b>	Dimensiones del área de AAS	105
<b>Figura Nº 87</b>	Recomendaciones instalación equipo extractor gases	106
<b>Figura Nº 88</b>	Plano final de Laboratorio Químico	106
<b>Figura Nº 89</b>	Antiguas instalaciones del laboratorio químico	107
<b>Figura Nº 90</b>	Recepción y acopio de carbón activado	107
<b>Figura Nº 91</b>	Vista posterior de Recepción y acopio	108
<b>Figura Nº 92</b>	Ultramicrobalanza Mettler Toledo UMX2	109
<b>Figura Nº 93</b>	kit de verificación de pesos	109
<b>Figura Nº 94</b>	Balanza analítica digital	110
<b>Figura Nº 95</b>	Antigua área de acopio de carbón activado	110
<b>Figura Nº 96</b>	Modificación y construcción mesa trabajo área pesado	111
<b>Figura Nº 97</b>	Estructura metálica de mesa de trabajo	111
<b>Figura Nº 98</b>	Área de pesado con la pared que independiza el área	112
<b>Figura Nº 99</b>	Material cerámico para enchape	112
<b>Figura Nº 100</b>	Puerta para área de pesado	113
<b>Figura Nº 101</b>	Inicio del enchape de la mesa de trabajo	113
<b>Figura Nº 102</b>	Estructura de perfiles metal para instalación drywall	114
<b>Figura Nº 103</b>	Instalación de Drywall	114
<b>Figura Nº 104</b>	Mesa de pesado terminado	115
<b>Figura Nº 105</b>	Instalación de puerta	115
<b>Figura Nº 106</b>	Instalación del vidrio de la ventana	116
<b>Figura Nº 107</b>	Área de pesado terminada	116
<b>Figura Nº 108</b>	Equipo Absorción Atómica PerkinElmer AAnalyst 400	118
<b>Figura Nº 109</b>	Compresora con lubricación al aceite	118
<b>Figura Nº 110</b>	Antiguo laboratorio y equipo extracción gases hechizo...	120
<b>Figura Nº 111</b>	Solución estándar encontrado sin certificado calidad	121
<b>Figura Nº 112</b>	Estabilizador de voltaje y Ups adquiridos	121
<b>Figura Nº 113</b>	Antigua área de acopio de carbón activado	122
<b>Figura Nº 114</b>	Mesa trabajo enmallada para Equipo Absorción atómica	122
<b>Figura Nº 115</b>	Mesa de trabajo enchapada en cerámica	123
<b>Figura Nº 116</b>	Área de absorción atómica con el cielo raso terminado	123
<b>Figura Nº 117</b>	Área de absorción atómica con la nueva iluminación	124
<b>Figura Nº 118</b>	Área de absorción atómica terminada	124
<b>Figura Nº 119</b>	Primeras pruebas de lectura	125
<b>Figura Nº 120</b>	El área de absorción Atómica en pleno funcionamiento	125
<b>Figura Nº 121</b>	Equipo de secado	126
<b>Figura Nº 122</b>	Antigua área de acopio de carbón activado	127
<b>Figura Nº 123</b>	Cortes en el cerámico delineando nueva construcción	127
<b>Figura Nº 124</b>	Inicios construcción del área preparación muestras	128
<b>Figura Nº 125</b>	Avance de la construcción	128
<b>Figura Nº 126</b>	Paredes terminadas y tarrajeadas	129
<b>Figura Nº 127</b>	Colocación de la estructura de Drywall	129
<b>Figura Nº 128</b>	Área de preparación de muestra	130
<b>Figura Nº 129</b>	Chancadora de quijadas en nueva y mejor ubicación	130
<b>Figura Nº 130</b>	Pulverizadora de anillos en una ubicación temporal	131
<b>Figura Nº 131</b>	Preparación muestras	131

<b>Figura Nº 132</b>	Área de acopio carbón activado próximo modificarse	132
<b>Figura Nº 133</b>	Cortes cerámico delineando la nueva construcción	133
<b>Figura Nº 134</b>	Cortes cerámico para Construcción ducha emergencia	133
<b>Figura Nº 135</b>	Construcción de paredes nueva área ataque químico	134
<b>Figura Nº 136</b>	Instalación de una columna de seguridad	134
<b>Figura Nº 137</b>	Avance construcción de paredes área ataque químico	135
<b>Figura Nº 138</b>	Construcción de paredes parte ducha emergencia	135
<b>Figura Nº 139</b>	Instalaciones para de agua	136
<b>Figura Nº 140</b>	Tarrajeó ambientes del área de ataque químico	136
<b>Figura Nº 141</b>	Paredes de área de ataque químico tarrajeadas	137
<b>Figura Nº 142</b>	Instalaciones agua y desagüe área ataque químico	137
<b>Figura Nº 143</b>	Instalación de tuberías ducha de emergencia	138
<b>Figura Nº 144</b>	Instalación tabiquería para la instalación Drywall	138
<b>Figura Nº 145</b>	Estructura de Drywall instaladas	139
<b>Figura Nº 146</b>	Instalación cerámicos en área de ataque químico	139
<b>Figura Nº 147</b>	Interior del área de ataque químico terminado	140
<b>Figura Nº 148</b>	Mesa trabajo terminadas área de ataque químico	140
<b>Figura Nº 149</b>	Área de ataque químico terminada	141
<b>Figura Nº 150</b>	Área acopio carbón activado próximo a modificar	142
<b>Figura Nº 151</b>	Modificación jefatura supervisión laboratorio químico	142
<b>Figura Nº 152</b>	División área supervisión y jefatura Laboratorio químico	143
<b>Figura Nº 153</b>	Drywall para división área de supervisión y jefatura	143
<b>Figura Nº 154</b>	Instalación de la pared drywall e independización	144
<b>Figura Nº 155</b>	Área de supervisión terminada	144
<b>Figura Nº 156</b>	Área de acopio carbón activado próximo a modificar	145
<b>Figura Nº 157</b>	Instalación de columna y cortado de cerámico	146
<b>Figura Nº 158</b>	Corte pared y barras de hierro asegurar paredes	146
<b>Figura Nº 159</b>	Levantamientos de pared del almacén	147
<b>Figura Nº 160</b>	Almacén tarrajado	147
<b>Figura Nº 161</b>	Primeros bosquejos para el área de vía seca	148
<b>Figura Nº 162</b>	Patio acopio carbón activado próximo a modificarse	149
<b>Figura Nº 163</b>	Parte posterior donde construirá nueva área fundición	149
<b>Figura Nº 164</b>	Lugar donde se construirá el área de vía seca	150
<b>Figura Nº 165</b>	Paredes divisorias Área de fundición y copelación	150
<b>Figura Nº 166</b>	Día de trabajo en el Área de fundición y copelación	151
<b>Figura Nº 167</b>	Campanas de extracción y una campana especial	151
<b>Figura Nº 168</b>	Área de fundición y copelación terminada	152

## **I ASPECTOS GENERALES**

El presente informe ha sido elaborado mediante mi experiencia laboral en la COMPAÑÍA PROCESADORA MOLLEHUACA SAC y también de aportes de las demás empresas del rubro del análisis químico donde labore como son: SGS DEL PERU SAC (MMG – Las Bambas), INSPECTORATE SERVICE PERU SAC, COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA SAA, RUWANA SAC, etc.

En el presente informe se presentarán las actividades realizadas en la supervisión de laboratorio químico, así como también se describirán los procesos y los sistemas de controles que se implementaron en las diferentes etapas del proceso de análisis químico.

El laboratorio químico de la compañía Mollehuaca está conformado por las siguientes áreas:

- a) Área de recepción y preparación de muestras. Área de secado y conminución.
- b) Área de Pesado.
- c) Área de Fundición y copelación.
- d) Área de ataque químico.
- e) Área de absorción atómica.
- f) Área de supervisión y reporte de resultados. Área de Jefatura de Laboratorio.
- g) Área de almacén de reactivos químicos.

También se describirá la forma de cómo se implementó y modifíco estructuralmente una nueva área de trabajo para el Laboratorio químico con la finalidad de mejorar la calidad de los resultados y los tiempos de reporte.

### **1.1 Objetivos**

#### **a) Objetivo General**

Hacer conocer los diversos trabajos realizados en el área de supervisión y reporte de resultados, realizadas en el laboratorio químico de la COMPAÑÍA PROCESADORA MOLLEHUACA SAC.

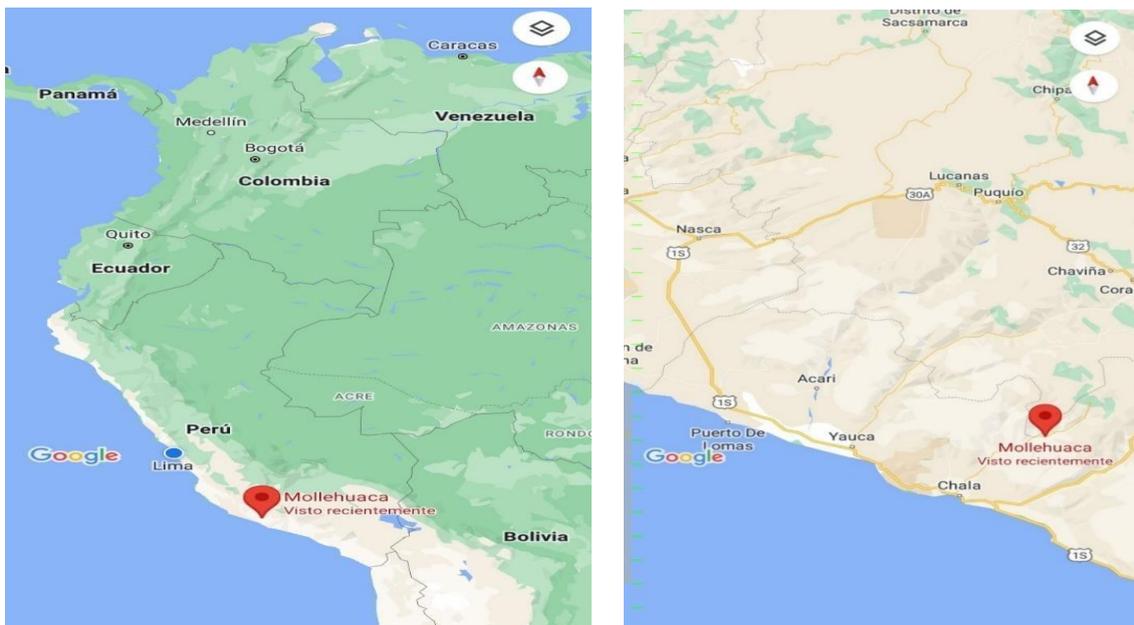
## b) Objetivos Específicos

- 1) Dar a conocer las mejoras y controles de calidad implementados en los procesos de análisis químico en el laboratorio químico Mollehuaca.
- 2) Dar a conocer la gestión realizada para la implementación de una nueva área de trabajo para el laboratorio químico.

## 1.2 Organización de la Empresa

La Compañía Procesadora Mollehuaca SAC, se encuentra ubicada en anexo el Pozo, distrito de Huanuhuanu, provincia de Caraveli, departamento y región de Arequipa (**Ver Figura N° 1**)

**Figura N° 1**  
**Compañía procesadora Mollehuaca SAC al sur del Perú**



### Google maps

El acceso más común a la planta procesadora es desde el distrito de Chala, generalmente es en carretera afirmada en su mayoría, con algunos tramos asfaltados, la duración del viaje es de 45 min a 1 hora. La planta procesadora se encuentra a unos 700 msnm, en el anexo Pozo, es un territorio agreste, desértico con temperaturas desde los 16°C hasta los 29°C, presenta muy

pocas precipitaciones al año.

La planta procesadora Mollehuaca tienen los derechos de servidumbre sobre un total de 33, 872 hectáreas de terrenos eriazos de propiedad estatal. La compañía cuenta con un circuito de lixiviación y absorción con carbón activado, circuitos de conminucion, planta de desorción y fundición, laboratorio químico, áreas de acopio de mineral, relavera, oficinas administrativas, campamentos.

La compañía procesadora Mollehuaca S.A.C, fue concebida en un principio como proyecto Mollehuaca – Santa Rosa (**Ver Figura Nº 2**), esta adquisición nace como proyecto conjunto entre Commissioners Gold y Australia Gold Corporation Limited (basada en Lima – Perú)

**Figura Nº 2**  
**Proyecto Mollehuaca – Santa Rosa**



<http://www.asx.com.au>.

En Santa Rosa, los relaves producidos durante las actividades de extracción de oro de más de 60 años contenían oro recuperable significativo. Estos relaves de grano fino se transportaron en camión a la cercana planta Mollehuaca para su procesamiento y sustentaron así los requerimientos de la planta. (**Ver**

**Figuras N° 3 y N° 4)** se observa la ubicación de la planta, en la parte alta del anexo El Pozo

**Figura N° 3**  
**Planta procesadora Mollehuaca, anexo El pozo**



**Figura N° 4**  
**Planta procesadora Mollehuaca**



Diario correo.pe

Mollehuaca – Santa Rosa fue la combinación de dos sub – proyectos separados pero simbióticos.

La planta Mollehuaca es una planta de procesamiento de oro CIL (**Ver Figuras Nº 5 y Nº 6 pag 22**), de cianuro existente que procesa mineral de terceros sobre la base de un tratamiento de mineral de proveedores aledaños a la planta.

Entre 1925 y 1968, las operaciones mineras tenían como objetivo los minerales de oro de alta ley alojadas en betas de sulfuro de cuarzo. Los desechos del procesamiento del mineral de alta ley se depositaron en un campo de relaves de rellenó del valle, los relaves de Santa Rosa. El total de relaves depositados durante la vida útil de la operación minera se estima en más de 800 000 toneladas con una ley de oro residual promedio de entre 4,0 y 7,8 g/Tn de oro.

**Figura Nº 5**  
**Planta de Lixiviación, Compañía procesadora Mollehuaca SAC.**



**Figura N° 6**  
**Visita de inducción en la planta de lixiviación**



### **Compañía procesadora Mollehuaca SAC**

En el año 2015 Montan Mining corp. compro a la minera peruana Goldsmith Resources SAC, la totalidad de la plata de procesamiento del mineral Mollehuaca en Arequipa así también los títulos mineros de la mina Eladium y el proyecto Saulito. La planta de procesamiento Mollehuaca esta estratégicamente situada en el epicentro de la industria peruana de minería de oro a pequeña escala (Portal minero, 2015)

El año 2015 la empresa Montan Mining corp, aseguro hasta 90 tpd de alimentación para la plata, este mineral de naturaleza oxidada fue de procedencia de la mina Calpa de propiedad absoluta de Intigold Mining.

Este mineral tenía leyes de oro de 0,3 y 0,4 Oz/Tn, la mina y la planta se

encuentran a una distancia de 172 Km, más de la mitad de esta distancia se encuentra en la carretera panamericana sur (Latinbusinessdaily, 2015) (**Ver Figuras Nº 7 y Nº 8**) se muestra la toma satelital y ubicación de las áreas de la parte operativa de la planta concentradora.

**Figura Nº 7**  
**Vista satelital Planta procesadora Mollehuaca SAC**



Google Earth

**Figura Nº 8**  
**Vista satelital de la planta procesadora donde se indican las áreas de: Relavera, planta desorción, planta lixiviación, antiguo laboratorio químico, chancadora primaria, acopio carbón activado, acopio mineral y relave,**



Google Earth

**Figura N° 9**

**Plaza del distrito Huanuhuanu localidad netamente minera artesanal**



Actualmente hay aproximadamente unos 750 mil mineros informales y artesanales en el Perú. **(Ver Figuras N° 9 y N° 10)**, los que se encuentran bajo la legislación de la ley 27651

**Figura .N° 10**

**Vista satelital de la planta procesadora y las diferentes labores mineras cerca de la planta**



**Google Earth.**

El objeto de la presente ley es introducir en la legislación minera un marco legal que permita una adecuada regulación de las actividades mineras desarrolladas por pequeños productores mineros y mineros artesanales, proponiendo a la formalización, promoción y desarrollo de estas.

La planta procesadora Mollehuaca proporciona un servicio fundamental y necesario para la comunidad minera del Perú.

La planta cuenta también con la mina de oro en operación Eladium, así como el proyecto Saulito. Los dos proyectos se encuentran en el cinturón metalogénico Nazca – Ocoña en las proximidades de la planta Mollehuaca.

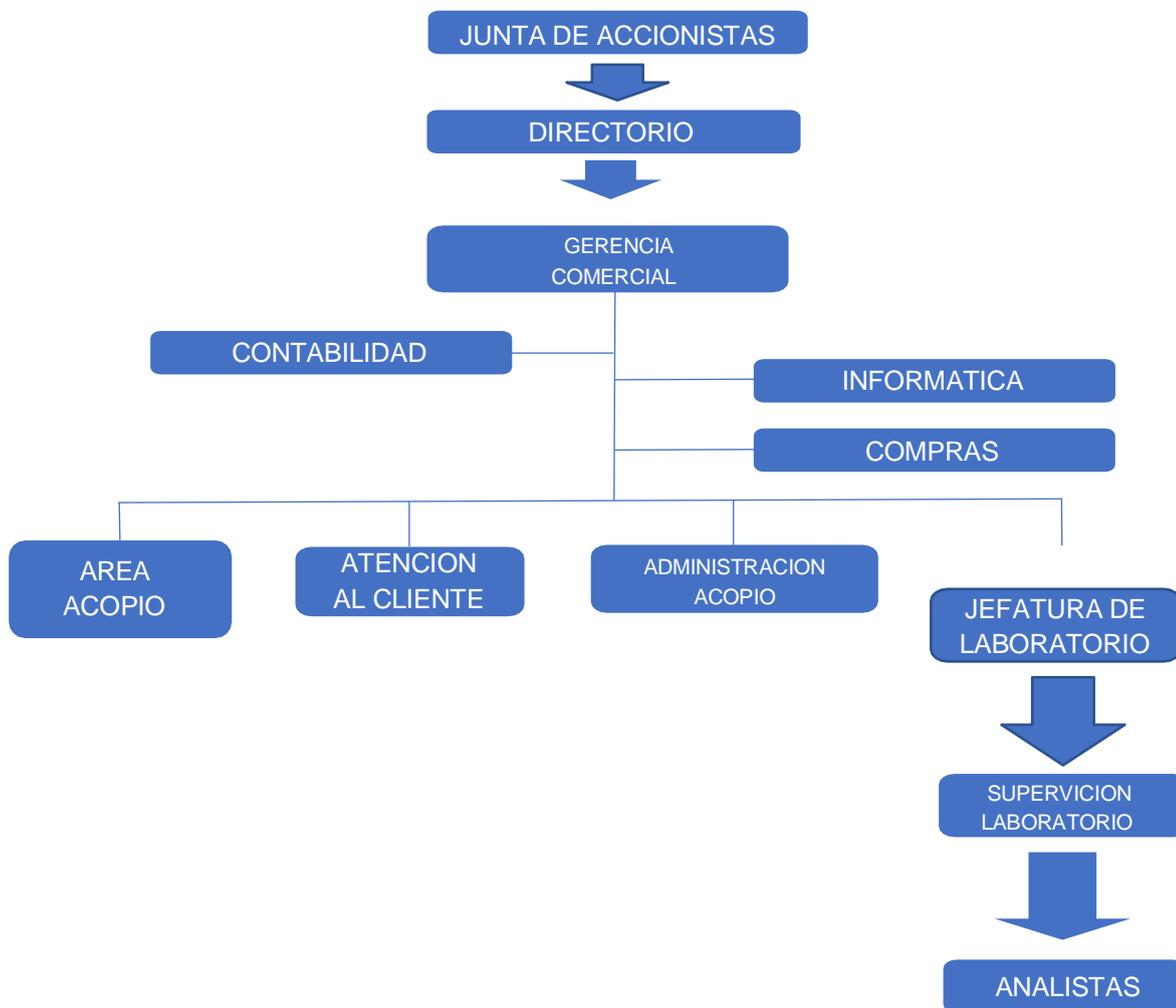
Eladium está construido para producir 10 – 25 tpd de mineral de oro de alto grado (15 a 30 g/t Au)

En la actualidad la planta posee una chancadora cónica, un circuito de molienda y lixiviación, dos molinos de bolas, diez tanques de lixiviación, así también cuenta con una planta de desorción y fundición, un laboratorio químico moderno, etc. La planta procesa sus minerales propios, minerales y relaves de terceros, carbón propio y de terceros.

La planta se encuentra bajo la administración del Gerente general el Sr. Pingarron Malpica Cesar Ramón.

La organización de la empresa es de tipo Sociedad anónima cerrada (**Ver Figura Nº 11, pag 26**)

**Figura N° 11**  
**Organigrama de la compañía procesadora Mollehuaca SAC para el Laboratorio químico.**



## **II FUNDAMENTO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL**

### **2.1 Marco Teórico**

#### **2.1.1 Química inorgánica**

La química inorgánica es una disciplina de las ciencias, que tiene como objetivo de estudio a las rocas, sustancias sin vida y minerales en general.

#### **2.1.2 Química analítica cualitativa**

La química analítica cualitativa tiene como objetivo el estudio de compuestos y elementos químicos desde un plano de caracterización observable mas no medible.

#### **2.1.3 Química analítica cuantitativa**

La química analítica cuantitativa es la disciplina de la química inorgánica que tiene como objetivo la cuantificación de la proporción, concentración y/o cantidad de una muestra o analitos.

#### **2.1.4 Análisis químico mineral**

**Figura Nº 12**  
**Mineral**



<https://www.rcjlabsuniversal.com/servicios/analisis-quimico-de-minerales/#page-content>.

Los minerales de importancia comercial necesitan ser estudiados y se necesita conocer sus características y sus cantidades (**Ver Figura Nº 12, pag 27**). Para obtener estos datos contamos con el análisis químico instrumental y el análisis químico por vía clásica, ambos métodos nos proporcionan datos importantes de los minerales para su análisis cualitativos o cuantitativos.

### **2.1.5 Análisis químico cuantitativo por vía clásica**

Esta disciplina de la química está basada en cambios del volumen o masa del compuesto o analito a determinar, teniendo como base los pesos atómicos o moleculares y sus relaciones estequiométricas de sus reacciones.

**a) Análisis químico cuantitativo por vía clásica.-** Este tipo de análisis es una técnica sencilla donde se identifica al analito en nuestro caso al metal, ensayando la técnica de forma directa sobre la muestra problema. También denominado análisis gravimétrico. La **Figura Nº 13** muestra el colado de fundición

**Figura Nº 13**  
**Colado de fundición, Compañía de minas Buenaventura SAA**



**b) Análisis químico cuantitativo por vía húmeda.-** Este procedimiento utiliza a las sustancias incógnita que se encuentran disueltos en agua u otras

sustancias y se emplea reactivos solubles para esta determinación. También denominado análisis volumétrico. La **Figura N° 14**, muestra la titulación de muestras de concentrado de Zinc.

**Figura N° 14**  
**Titulación de muestras de concentrado de zinc, Compañía de Minas Buenaventura SAA**



**c) Análisis químico cuantitativo por vía instrumental.-** Estos métodos se basan en la cuantificación de las propiedades físicas de los analitos como son: fluorescencia, relación carga/ masa, conductividad potencial de electrodo, absorción o emisión de luz, etc. En la **Figura N° 15** se puede ver muestras listas para el análisis instrumental, estos métodos se pueden dividir en cuatro categorías principales : Espectroscopia de sólidos, espectroscopia Laser, espectroscopia atómica, espectroscopia molecular.

#### **2.1.6 Muestreo de minerales**

Esta operación física consiste en obtener una muestra lo más representativa posible de una población o material de muchísimo mayor volumen de tal manera que quede garantizada las propiedades y características de la población en esta muestra (**Ver Figura N° 16**)

**Figura N° 15**  
**Muestras para análisis instrumental, Compañía de minas Buenaventura SAA**



Las menas minerales, están conformadas por partículas de composición y tamaños diversos, esta falta de homogeneidad constituye un problema por el cual no podemos hacer muestreos representativos. Existen diversas técnicas que ayudan a mejorar la representatividad de la muestra, siendo algunas de estas técnicas la reducción de tamaño adecuada, la mezcla total y prolongada del lote por muestrear, técnicas estadísticas de muestreo representativo, etc.

El muestreo correcto de los lotes permite tener conocimiento de este de forma segura y económica y con este conocimiento podemos tomar decisiones importantes en una actividad determinada.

Estos datos nos sirven para, por ejemplo: La programación de frentes de explotación de una mina, el diagnóstico global, para el control metalúrgico de una determinada planta de beneficio, para cuantificar los diversos concentrados minerales.

Debido a la importancia de cada etapa del proceso, es evidente que un mal muestreo tendrá consecuencias gravísimas como, por ejemplo : Leyes de mineral que no concuerdan entre la mina y la planta concentradora.

**Figura N° 16**  
**Muestreo y preparación de muestras minerales**



<http://www.intermetperu.com/>.

Generalmente podrían presentarse muchos factores que explicarían esta diferencia, pero una mala metodología de muestreo explica esta desviación en gran medida.

**a) Objetivo del muestreo.-** El objetivo del muestro es de control y proporciona condiciones para un ciclo extractivo. Si la muestra es mal tomada ya no es representativa para los análisis y otras indagaciones con esta muestra.

Por lo tanto, todos los controles se podrán efectuar si el muestreo se realizó correctamente, entonces podríamos asegurar que la muestra es representativa de un lote o población.

**b) Métodos, dispositivos de muestreo y división en laboratorio.-** Para obtener una muestra en laboratorio es fundamental que antes de obtener la muestra el material o lote haya sido correctamente mezclado.

Generalmente se utiliza un paño roleador (**Ver Figura N° 17, pag 32**), en donde la técnica indica que debemos de tomar ambas esquinas del paño y mezclar el material de forma conveniente esto debemos hacerlo por un

tiempo óptimo que asegure la mezcla total del mineral. Si el material es de un peso elevado se utilizarán dos personas y un paño más grande y si el material es mucho más grande se utilizará mezcladores mecánicos, he aquí la importancia de este paso previo al muestreo.

**Figura N° 17**  
**Paño roleador**



<https://www.youtube.com/watch?v=PHalVhgegRI>.

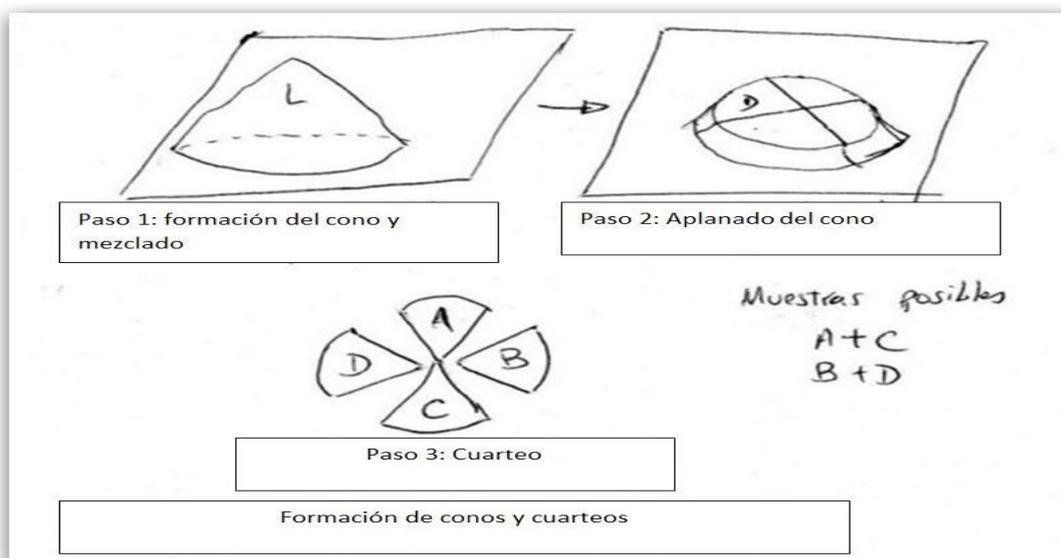
Cuando tenemos una muestra que pesa aproximadamente 3 000 g, el procedimiento puede realizarse por una persona con el paño roleador, y se homogeniza sobre una mesa de trabajo.

**c) Cono y cuarteo (reducción de muestra).**- Este procedimiento se recomienda para lotes de mineral de una tonelada a menos de peso, con tamaño de partículas de 50 mm como máximo.

Esta técnica consiste en homogenizar la muestra de 2 a 3 veces antes de la división y separación (**Ver Figura N° 18, pag 33**). Se homogeniza mediante el paño si son muestras pequeñas y se utiliza una pala mecánica de ser muestras grandes, en ambos casos la mezcla debe ser lo más

diligente posible. Una vez realizada la mezcla formando conos, este último es aplastado y transformado en una especie de torta circular, la cual es dividida en cuatro partes a lo largo de las dos diagonales perpendiculares entre sí. Una vez realizado esta operación se procede a separar los dos cuartos opuestos para ser reservados como posible muestra y los otros dos son descartados. Este proceso lo repetimos hasta obtener una muestra representativa de una cantidad adecuada a nuestra necesidad.

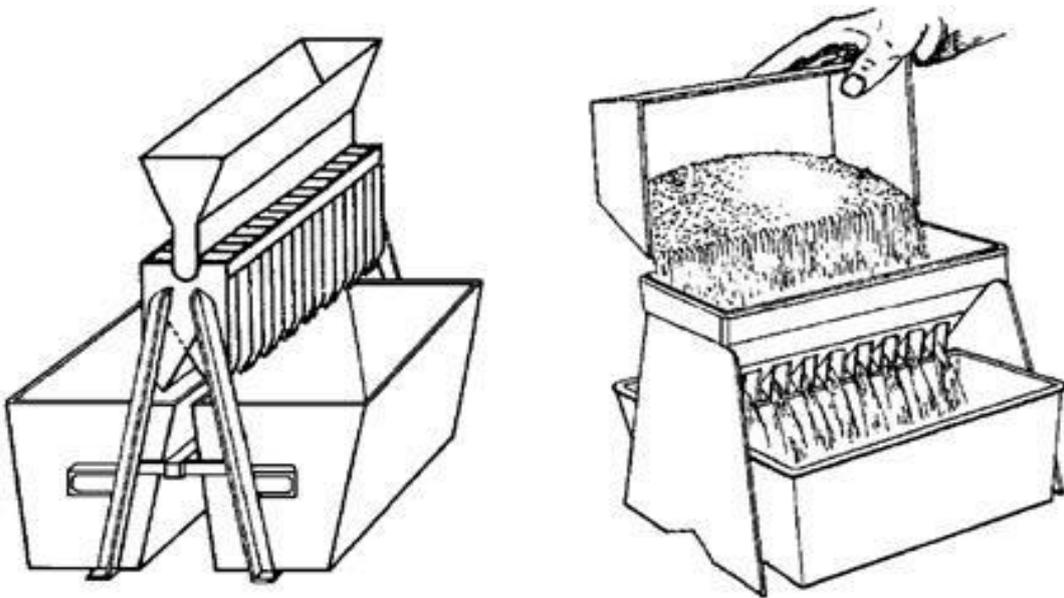
**Figura N° 18**  
**Muestreo de mineral por cono y cuarteo**



**d) Cortador de rifles.**- También conocido como Jones (**Ver Figura N° 19, pag 34**), es un equipo que se fabrica mediante el ensamble de chutes idénticos de forma par entre 12 a 20 chutes lo pueden conformar y se debe fabricar en acero inoxidable, el ángulo de caída debe ser de 45° o más esto dependiendo del diseñador, los chutes se colocan de forma alternada y opuesta con el fin de dirigir la muestra dividida en dos bandejas ubicadas estratégicamente en la parte inferior del equipo. El material o mineral se alimenta por medio de bandejas rectangulares en donde este material ha sido distribuido uniformemente previo a la división.

- 1) La muestra es distribuida de manera uniforme en todo lo largo del equipo, de la resultante del procedimiento tenemos dos muestras divididas, debiendo reservar una y descartar la otra.
- 2) La parte de material reservado se vuelve a ingresar al cuarteador repitiéndose el procedimiento hasta obtener la muestra deseada.

**Figura Nº 19**  
**Cortador de Rifles**



<http://procesaminerales.blogspot.com/2012/05/tecnicas-de-muestreo-de-minerales.html>.

### **2.1.7 Preparación de muestras**

Este procedimiento plantea la respuesta hacia un problema de manejo de material existente en todo proceso productivo de reducción y acondicionamiento de mineral el comúnmente llamado proceso de conminución.

Como resultado de esta operación se espera obtener un material seco de polvo de mineral en donde se encuentre los elementos de interés y que esta sea

representativa del lote de referencia o lote inicial.

La muestra resultante no solo debe ser representativa, seca y maniobrable sino también en cantidad adecuada para un correcto análisis de laboratorio (**Ver Figura N° 20**)

Los objetivos son:

- a) Conseguir una muestra representativa del lote.
- b) Conseguir una muestra inalterable en su concentración o características a pesar a la manipulación expuesta.
- c) Homogenizar la muestra y reducir el tamaño de las partículas.

Debemos de indicar que durante la preparación de muestras el objetivo principal que se persigue es la reducción de tamaño del mineral para asegurar la óptima liberación del analito durante el análisis químico.

#### **Figura N° 20**

**Preparación de Muestra Mineral, Fuente: [https://portal.ingemmet.gob.pe/web/lab/preparacion\\_pm](https://portal.ingemmet.gob.pe/web/lab/preparacion_pm).**



[https://portal.ingemmet.gob.pe/web/lab/preparacion\\_pm](https://portal.ingemmet.gob.pe/web/lab/preparacion_pm).

- a) **Etapas en la preparación de la muestra para análisis.-** Durante la preparación de muestras consideraremos de mucha importancia el tamaño

de la partícula del mineral por obtener y la cantidad requerida para el procesamiento, todo esto con el objetivo de obtener una submuestra representativa.

Las principales preocupaciones durante la preparación de muestras están relacionadas con la ruta de preparación de la muestra y la reducción de tamaño de las partículas durante la preparación, porque la etapa total de preparación es esencial si se desea obtener resultados analíticos significativos. Las consideraciones de tamaño y peso son de particular importancia durante la preparación para lograr una submuestra representativa.

- b) Disposición y clasificación.-** Existen en nuestro país una cantidad considerablemente diversa de minerales metálicos (**Ver Figura Nº 21**), donde el laboratorio tiene la necesidad de disponer y clasificar de la mejor manera considerando sus naturalezas físicas y químicas. Para empezar con la disposición de estos minerales en el laboratorio lo haremos por orden de llegada al laboratorio en principio o en su defecto a una urgencia que se presente o se tenga algún tipo de convenio para su rápido procesamiento, luego de esto clasificátenos al mineral de acuerdo con su naturaleza, tipo de mineral, grado de dureza, tipo de análisis requerido, con esta información podremos escoger el mejor método de preparación para nuestras muestras.

Tener en cuenta la separación de muestras altamente mineralizadas con muestras de baja ley, nunca se deben trabajar juntas porque existe un riesgo muy elevado de contaminación.

- c) Secado de muestras.-** El secado de la muestra puede darse en hornos a gas o eléctricos (**Ver Figura Nº 22, pag 37**), bajo el principio del contacto de transferencia de calor del aire caliente generado por el horno y el material a secar. El material seco se puede trabajar de mejor manera en los procedimientos siguientes como son el chancado y la pulverización. Como regla todas las leyes que emite un laboratorio lo hacen bajo una base de

peso en seco.

En general la mayoría de muestra son secadas de 105°C a 110°C durante un tiempo determinado, esto depende de la cantidad de mineral por supuesto a mayor cantidad más tiempo de secado.

**Figura N° 21**  
**Tipos de Minerales, Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/minerales--388717011593453364/>.**



<https://www.pinterest.es/pin/minerales--388717011593453364/>.

**Figura N° 22**  
**Horno de Secado, MMG – Las Bambas**



Para muestras que requieran análisis de elementos muy volátiles como el mercurio, antimonio, arsénico, etc. El secado se hará a menor temperatura aproximadamente a unos 60°C por varias horas.

Las muestras recepcionadas se ordenan de acuerdo con el rotulado y código de ingreso para ser secadas en los hornos, durante esta operación la temperatura es constante y controlada.

**d) Conminución de la muestra.-** Este procedimiento tiene como finalidad la obtención de un mineral fino mediante la trituración y pulverización. Este procedimiento persigue:

- 1) Liberar los minerales preciosos.
- 2) Proporcionar un manejo ideal de los sólidos.
- 3) Tener un producto de tamaño ideal e inspeccionado.

**e) Trituradora o chancadora.-** Con estos equipos se logra proporcionar fuerzas necesarias para la fractura y propagación de grietas en el mineral. Con este procedimiento obtenemos minerales de tamaño apropiado para su inmediata disposición en el equipo de pulverización (**Ver Figura Nº 23, pag 39**) se presenta una chancadora de quijada.

Con esta operación de chancado obtenemos:

- 1) Liberar minerales de interés económico de la ganga.
- 2) Fomentar las reacciones químicas, promoviendo la formación una mayor área superficial en el mineral.
- 3) Obtener un mineral con tamaño deseable para un futuro procesamiento, manejo y/o almacenamiento.

**f) División de la muestra.-** La división de la muestra es un proceso de separación, que tiene como objetivo obtener una sub muestra representativa utilizando instrumentos mecánicos como separador tipo de rifle de Jones y separador rotativo.

**Figura N° 23**  
**Chancadora de Quijada**



<https://www.directindustry.es/prod/essa- australia/product-33731-790167.html>.

La “conicidad” y el “cuarteo” es un método de división de tipo manual, este proceso es repetitivo y es utilizado cuando la muestra por dividir presenta características de homogeneidad.

El separador rifle tipo Jones es un instrumento mecánico que se usa para la división y reducción de tamaño de muestra.

- g) Pulverizadora de muestras.**- Una vez que el material triturado es reducido a un peso apropiado (típicamente entre 100 y 500 g), luego este es pulverizado en equipos de pulverizador de anillos (**Ver Figura N° 24, pag 40**) generalmente, el producto queda entre 100 y 200 mesh (entre 150 y 75 um) para que las muestras preparadas sean apropiadas para los análisis físicos y químicos. El tiempo de pulverizado es de 1 a 2 minutos generalmente. Después del pulverizado de muestra obtenemos un producto de una “fineza” adecuada que garantiza en gran medida las reacciones químicas adecuadas y totales debido a la gran superficie generada con este procedimiento, es así como la liberación de la ganga y

la mena es muchísimo más completa y óptima.

**Figura Nº 24**  
**Pulverizadora de Anillos, MMG – Las Bambas**



### 2.1.8 Principios de ensayos al fuego

a) **Descomposición al fuego.**- Este análisis químico cuantitativo, es especialmente utilizado para los principales metales preciosos.

El análisis al fuego es un proceso en tres etapas:

- 1) Fusión de muestra. Copelación.
- 2) Partición.

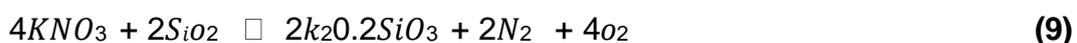
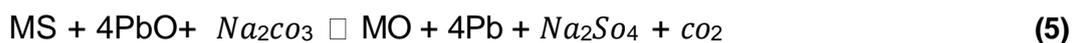
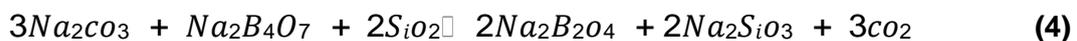
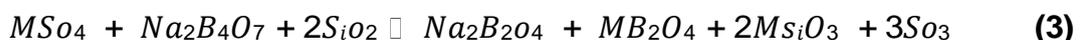
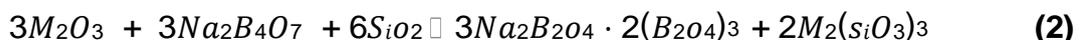
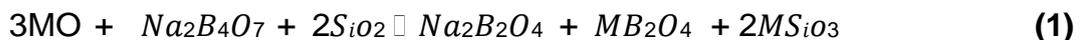
b) **Desarrollo de la fusión.**- Una muestra pulverizada (de 10 a 50 g) se mezcla completamente con un fundente compuesto por una mezcla de litargirio (PbO), carbonato de sodio ( $Na_2CO_3$ ), bórax ( $Na_2B_4O_7$ ), sílice ( $SiO_2$ ), Harina o Nitrato de potasio y una pequeña cantidad de plata.

Los ingredientes del fundente y la cantidad de la muestra pueden modificarse para obtener una fusión adecuada y el límite de detección necesario. La mezcla de fundente y muestra, conocida como la “carga fundente”, se coloca en un recipiente o crisol de arcilla refractaria que luego

es colocado dentro de un horno de mufla a 1 050°C, durante 60 min. (se recomienda hacer una fundición en dos partes empezando a 850°C a 950°C por 30 min y de 950°C a 1 050°C por otros 30 min, todo esto para hacer menos violenta las reacciones dentro del horno). Durante el proceso de fusión ocurren reacciones químicas complejas entre la muestra y los componentes del fundente.

El litargirio es reducido a plomo elemental formando finas gotas de plomo que se dispersan en todo el recipiente y que luego se asientan en el fondo del crisol y se alean con los metales preciosos, mientras que otros metales y silicatos son separados y forman una escoria vidriosa en base a silicatos. La separación del botón de la escoria que contiene elementos no deseados se basa en la gran diferencia que existe en la gravedad específica de las dos fases.

Principales reacciones durante la fundición:



**M** = Metal

Al término del proceso de fusión, se retira el recipiente del horno y el

material fundido se vierte en un molde cónico de hierro fundido. Al enfriarse, el plomo forma un “botón o regulo” al cual luego se le retira la escoria vidriosa (Ballesteros, 2019, pag 42 – 43 – 44)

- c) Desarrollo de la copelación.-** Después del proceso de fusión se obtiene un regulo de plomo. Este regulo es golpeado con un martillo hasta obtener una forma cubica, luego, es colocado en otro horno que contiene copelas precalentadas a 950°C. Generalmente el regulo de plomo es oxidado hasta ser eliminado en su totalidad. Se debe obtener un botón de metales preciosos.

Al final del proceso los metales preciosos incluidos el oro, la plata (pt, pd, etc. sí están presentes) forman una “perla” metálica en la copela llamada Dore. **(Ver Figura Nº 25)**

**Figura Nº 25**  
**“Dores” luego de proceso de copelación**



**Compañía Procesadora Mollehuaca**

**d) Partición.-** Cuando se da la separación entre el oro y la plata se dice que se hace una “partición”, este procedimiento se da mediante un ataque químico con ácido nítrico a diferentes concentraciones y a temperatura de 80°C a 120°C. Empezando por concentraciones bajas de ácido nítrico (al 15%) y terminando con ácido nítrico q.p. Luego se obtiene el oro que es pesado en una ultramicrobalanza. (oro gravimétrico) **(Ver Figura N° 26)**

Cuando las muestras son de baja ley es muy difícil pesar con exactitud el oro, se hace necesario la utilización de otro procedimiento, generalmente se hace su determinación por espectroscopia de absorción atómica para esto el botón de oro y plata se disuelve con agua regia, y la solución es utilizada para la cuantificación de Oro por equipo de instrumentación.

**Figura N° 26**

**Oro Gravimétrico luego de la Calcinación, Compañía Procesadora Mollehuaca**



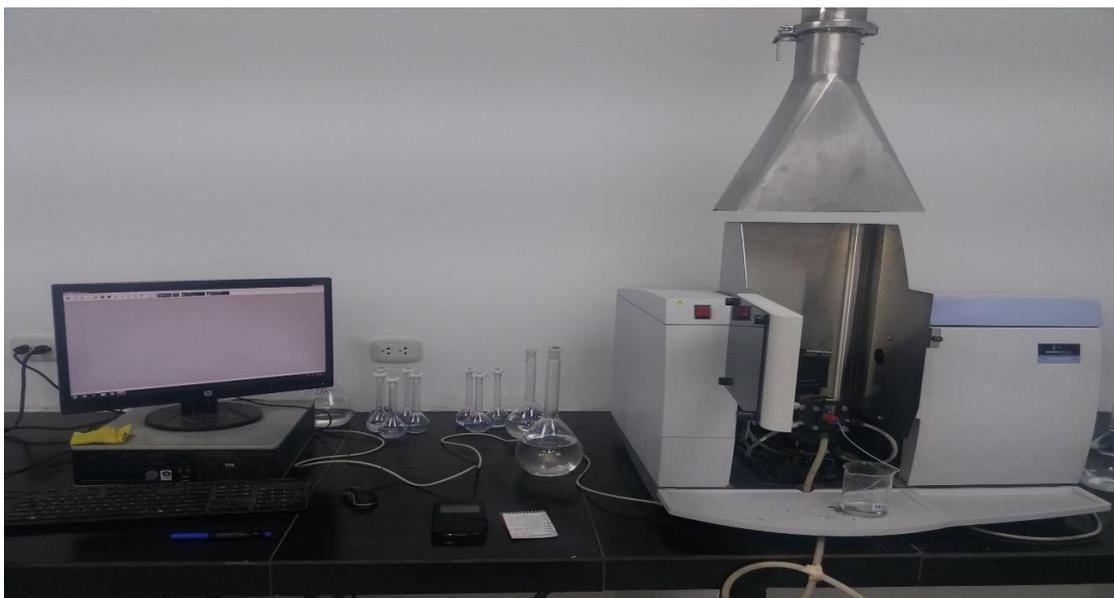
**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC.**

### **2.1.9 Espectrometría de Absorción Atómica**

En química analítica, la espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una

muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución (Pérez, párrafo primero), **(Ver Figura N° 27)** se presenta el equipo de absorción atómica que posee la compañía).

**Figura N° 27**  
**Equipo de absorción atómica Perkin Elmer Analyst 400**



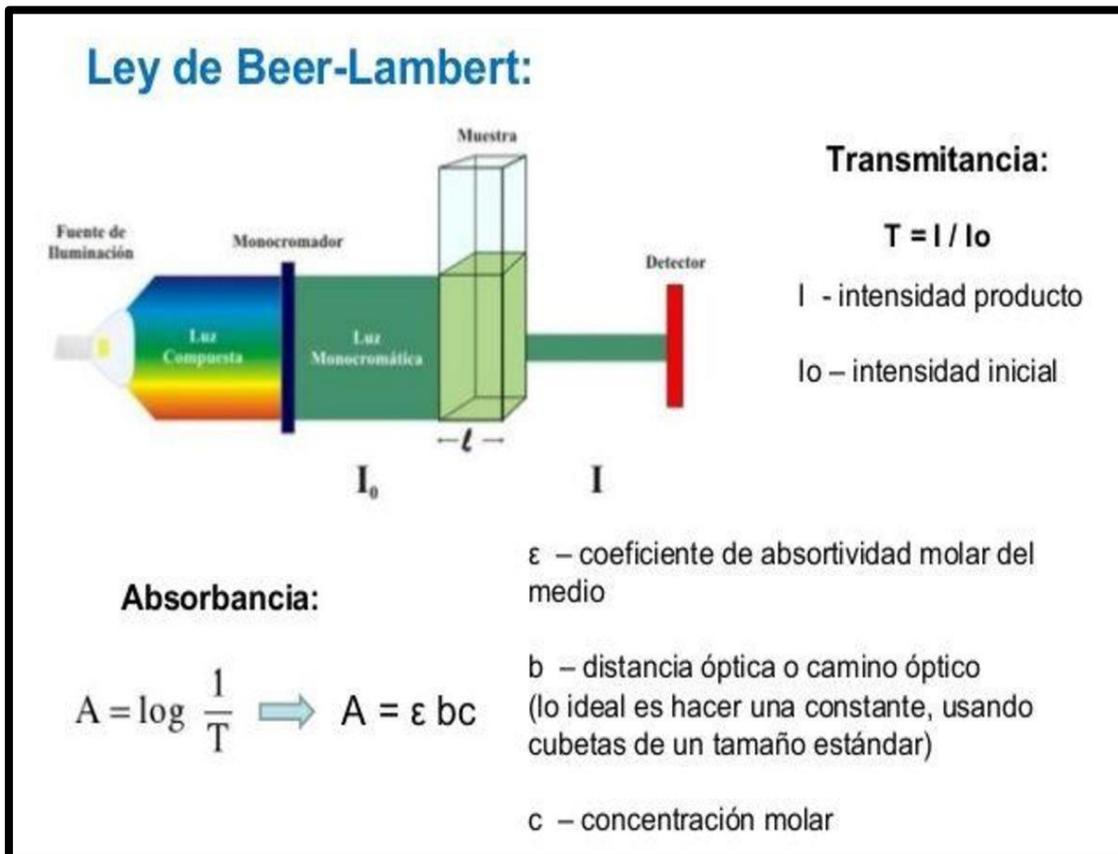
#### **Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**a) Principios en los que se basa.-** La técnica hace uso de la espectrometría de absorción para evaluar la concentración de un analito en una muestra. Se basa en gran medida en la ley de Beer – Lambert **(Ver Figura N° 28, pag 45)** En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento (Pérez, párrafo tercero)

Como la cantidad de energía que se pone en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede medir, es posible, a

partir de la ley de Beer – Lambert, calcular cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así obtener una señal que es proporcional a la concentración del elemento que se mide. (Pérez, párrafo cuarto)

**Figura Nº 28**  
**Ley de Beer – Lambert**

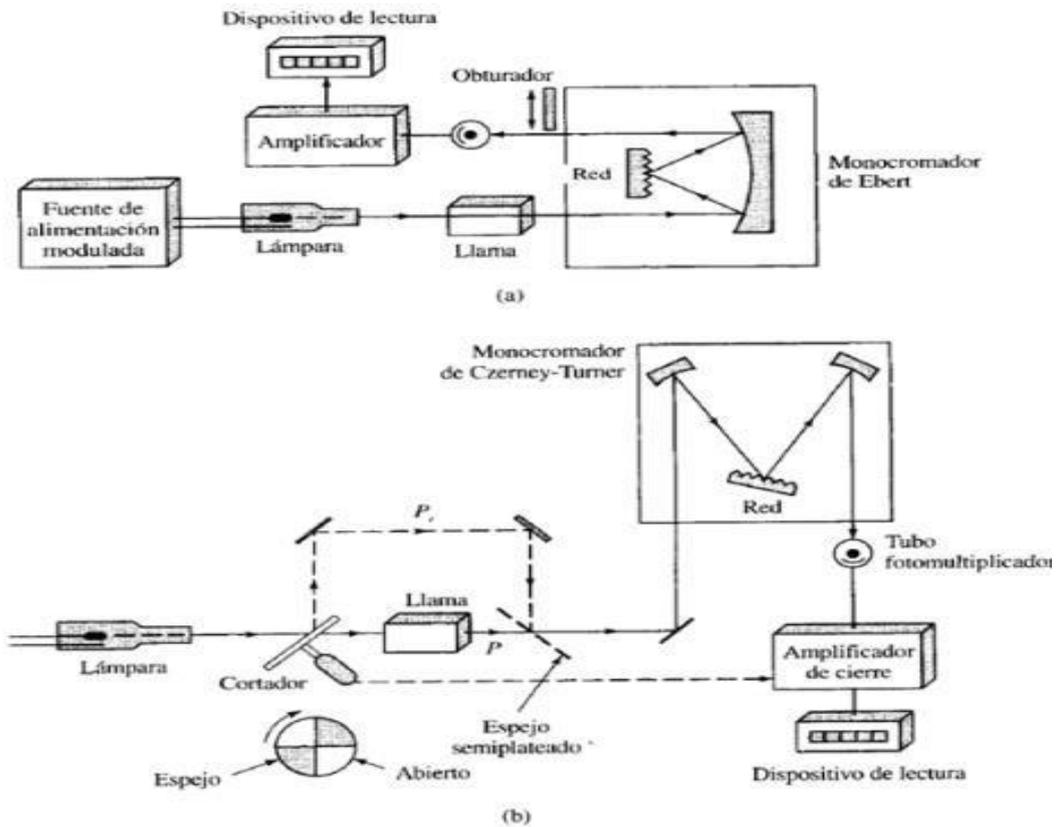


<https://www.studypool.com/documents/5623849/ley-de-lambert-beer>.

**b) Instrumentos.-** Para analizar los constituyentes atómicos de una muestra es necesario atomizarla. La muestra debe ser iluminada por la luz. Finalmente, la luz es transmitida y medida por un detector. Con el fin de reducir el efecto de emisión del atomizador (por ejemplo, la radiación de cuerpo negro) o del ambiente, normalmente se usa un espectrómetro entre el atomizador y el detector. (Pérez, párrafo quinto).

Figura Nº 29

Espectrofotómetro de absorción atómica, (a), diseño de haz sencillo; (b) diseño doble de haz



[https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/30540/TFG\\_Garcia\\_Arberas\\_Itxaso.pdf?sequence=1](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/30540/TFG_Garcia_Arberas_Itxaso.pdf?sequence=1)

c) **Tipos de atomizadores.**- Para atomizar la muestra normalmente se usa una llama, pero también pueden usarse otros atomizadores como el horno de grafito o los plasmas, principalmente los plasmas de acoplamiento inductivo. (Pérez, párrafo sexto)

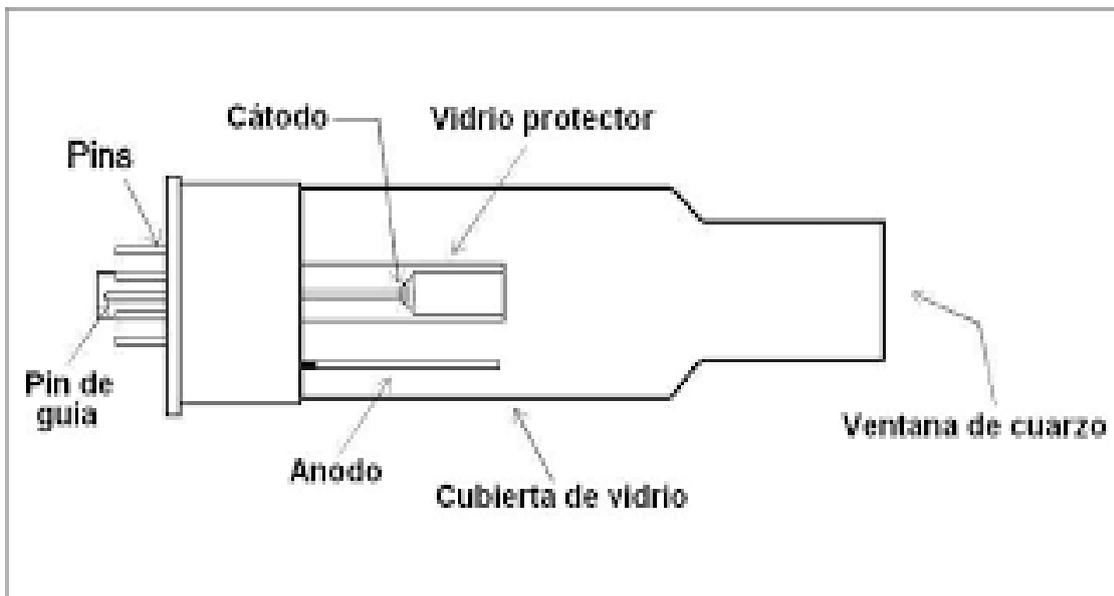
Cuando se usa una llama, se dispone de tal modo que pase a lo largo lateralmente (10 cm) y no en profundidad. La altura de la llama sobre la cabeza del quemador se puede controlar mediante un ajuste del flujo de mezcla de combustible. Un haz de luz pasa a través de esta llama en el lado más largo del eje (el eje lateral) e impacta en un detector. (Pérez,

párrafo séptimo)

- d) Análisis de los líquidos.-** Una muestra de líquido normalmente se convierte en gas atómico en tres pasos:
- 1) **Desolvación:** El líquido disolvente se evapora, y la muestra permanece seca.
  - 2) **Vaporización:** La muestra sólida se evapora a gas.
  - 3) **Atomización:** Los compuestos que componen la muestra se dividen en átomos libres (Pérez, párrafo octavo)
- e) Fuentes de luz.-** La fuente de luz elegida tiene una anchura espectral más estrecha que la de las transiciones atómica. (Pérez, párrafo noveno)
- f) Lámparas de cátodo hueco.-** En su modo de funcionamiento convencional, la luz es producida por una lámpara de cátodo hueco. En el interior de la lámpara hay un cátodo cilíndrico de metal que contiene el metal de excitación, y un ánodo (**Ver Figura Nº 30, pag 48**). Cuando un alto voltaje se aplica a través del ánodo y el cátodo, los átomos de metal en el cátodo se excitan y producen luz con una determinada longitud de onda. El tipo de tubo catódico hueco depende del metal que se analiza. Para analizar la concentración de cobre en un mineral, se utiliza un tubo catódico de cobre, y así para cualquier otro metal que se analice. (Pérez, párrafo decimo)
- g) Métodos de corrección de fondo.-** El estrecho ancho de banda de las lámparas catódicas huecas hace que sea raro el solapamiento espectral. Es decir, es poco probable que una línea de absorción de un elemento se solape con otra. La emisión molecular es mucho más amplia, por lo que es más probable que algunas bandas de absorción molecular se superpongan con una línea atómica. Esto puede resultar en una absorción artificialmente alta y un cálculo exagerado de la concentración en la solución. Se utilizan tres métodos para corregir esto. (Pérez, párrafo decimosegundo)
- g) Corrección de Zeeman.-** Se usa un campo magnético para dividir la línea atómica en dos bandas laterales. Estas bandas laterales están lo

suficientemente cerca de la longitud de onda original como para solaparse con las bandas moleculares, pero están lo suficientemente lejos como para no coincidir con las bandas atómicas. Se puede comparar la absorción en presencia y ausencia de un campo magnético, siendo la diferencia la absorción atómica de interés. (Pérez, párrafo décimo tercero)

**Figura N° 30**  
**Lámpara de cátodo hueco**



<http://absorcionatomica.blogspot.com/2011/02/lamparas-de-catodo-hueco-y-de-descarga.html>.

- h) **Corrección de Smith – Hieftje.**- Inventada por Stanley B. Smith y Gary M. Hieftje, la lámpara catódica hueca genera pulsos de alta corriente, provocando una mayor población de átomos y auto absorción durante los pulsos. Esta auto absorción provoca una ampliación de la línea y una reducción de la intensidad de la línea a la longitud de onda original. (Pérez, párrafo decimocuarto)
- i) **Lámpara de corrección de deuterio.**- En este caso, se usa una fuente de amplia emisión (una lámpara de deuterio), para medir la emisión de fondo. El uso de una lámpara separada hace de este método el menos exacto,

pero su relativa simplicidad (y el hecho de que es el más antiguo de los tres) lo convierte en el más utilizado. (Pérez, párrafo décimo quinto)

#### **2.1.10 Método general para obtener leyes de metales preciosos (Fire Assay o Vía Seca)**

Los métodos utilizados son para análisis de oro gravimétrico y oro en solución. Describiremos los métodos utilizados en el laboratorio químico.

- a) **Objetivo.**- Establecer procedimientos alternos que sirven como medida de control para asegurar la calidad de los ensayos, este método será utilizado para la determinación cuantitativa y cualitativa de muestras de exploración geológica, lotes de producción, muestras de relaves, muestras de carbón activado. Con la finalidad de obtener valores de Au por el método de Fire Assay dando resultados óptimos.
- b) **Responsables.**- Jefe de laboratorio y supervisor de laboratorio: Coordinar y verificar trabajo acorde con procedimiento de trabajo y uso de EPP básico. Analista del Área vía seca: Cumplir con el procedimiento, con normas de calidad y de seguridad que se establece.
- c) **Normas de seguridad.**- EPP básico (lentes de seguridad color negro, guantes de nitrilo, guantes aluminizados, mandiles aluminizados, careta facial oscuras, mascarilla con filtros para plomo. Zapatos de seguridad)  
Antes de realizar cualquier trabajo, tener en cuenta lo siguiente, verificar el estado óptimo de los equipos, así como muflas, estufas de secado, campanas extractoras, etc.  
Verificar también, reactivos, copelas, crisoles para la óptima manipulación y/o uso de estos, para evitar alguna contaminación.
- d) **Cumplimiento.**- Este procedimiento consta de normas a seguir, lo cual está sujeto con normas internas de la compañía. Por lo tanto, el personal involucrado al Área de vía seca deberá de cumplirlas.
- e) **Recepción y verificación de códigos internos y códigos de cliente.**-- Las muestras llegan a recepción, dentro de las instalaciones del laboratorio químico. El personal a cargo del área de vía seca coordina con el área de

preparación de muestra y personal responsable, para verificar códigos y tipo de muestras para realizar el ensayo a fuego (método Fire Assay) y no tener dificultades en el procedimiento realizado.

- f) Registro de peso de muestras en hoja de control.**- Antes de cada inicio de labor se tiene que hacer la verificación de todas las balanzas a utilizar. Para esto utilizamos las pesas patrón.

El personal responsable a cargo del área de vía, deberá de registrar, los pesos según el tipo de mineral que se va a ensayar en cada crisol, debido a que esto implica sumo cuidado, porque estos pesos serán fundamental para realizar el cálculo final.

Si hubiese una mala codificación y/o confusión, en la muestra física y que no concuerden con los requerimientos estos serán informados de inmediato al supervisor del área para tomar las medidas correctivas del caso.

- g) Tipos y diferencias de calidades de muestras de mineral.**- Muestras minerales de exploración, utilizadas por los geólogos para el descubrimiento de nuevos yacimientos o fallas geológicas, dentro de las que tenemos muestras de mineral en rocas, sedimentos.

También tenemos, muestra de lotes para la producción de Oro, muestras de carbón activado.

La Calcopirita y la bornita, ocasionalmente pueden contener valores significativos de oro como constituyente de la celda cristalina en la cual el oro sustituye al cobre.

Las muestras de minerales de exploración generalizando son de dos clases, muestras oxidadas (hematitas, magnesitas pirolusitas) y muestras mineralizadas (sulfuradas, muestras carbonatadas, muestras de aspecto sulfurado (mica))

- h) Equipos y materiales:**

- 1) Balanza analítica.
- 2) Ultramicrobalanza
- 3) Espátulas.

- 4) Horno mufla con capacidad de 30 unid.
- 5) Crisoles refractarios de 30 g
- 6) Copelas de 7c. Y 8c.
- 7) Coche para crisoles de 30 unid.
- 8) Lingoteras cónicas de 6 unid. Cada una.
- 9) Cargador de crisoles para el horno de seis crisoles.
- 10) Descargador de crisoles para colado de un crisol.
- 11) Mesa metálica.
- 12) Pinzas.
- 13) Martillo.
- 14) Plancha eléctrica para el ataque o partición.
- 15) Crisolitos de porcelana, capacidad de 25 mL
- 16) Bolsa de polietileno.

**i) Reactivos:**

- 1) Fundente. (Carbonato de sodio  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , tetraborato de sodio (Bórax)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , Litargirio (PbO))
- 2) Cloruro de plata (AgCl)
- 3) Nitrato de plata.
- 4) Harina.
- 5) Bórax.
- 6) Plata laminada.
- 7) Plomo laminado.
- 8) Ácido nítrico concentrado ( $\text{HNO}_3$  cc)
- 9) Ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$  cc) al 15%

**j) EQUIPOS DE SEGURIDAD:**

- 1) Guantes largos aluminizados.
- 2) Lentes oscuros.

3) Mascarilla con filtros para plomo.

4) Careta facial color oscuro.

5) Mandiles aluminizados.

k) **Procedimiento.**- Antes de iniciar, siempre mantener el área limpio y ordenado para que no haya contaminación ni errores.

l) **Codificación de muestras.**- Una vez que las muestras ya estén preparadas, se pasa a verificar que estén correctamente codificados de acuerdo con el requerimiento, luego se transcriben al cuaderno de reportes especificando el tipo de análisis que requiere el cliente.

Alistar los crisoles enumerándolos correlativamente de acuerdo con la cantidad de ensayos a realizar, si se va a analizar oro, según que nos vaya a pedir el cliente.

Ordenamos y enumeramos las bolsas que contiene 100 g de fundente aprox.

m) **Pesado y dosificación de muestras.**- Mineral Oxido: En la bolsa ya con 120 g de fundente se pesa 20 g de muestra se agrega 2 a 2,5 g de harina, de 7 a 10 gotas de nitrato de plata. Siempre y cuando pida solo oro (si en el análisis pide Ag, no debe agregarse nitrato de plata).

Mineral medio sulfurado: En la bolsa ya con los 120 g de fundente se pesa de 10 a 15 g de muestra y se agrega de 1 a 1,5 g de harina, esto va de acuerdo con la cantidad de sulfuro que contiene el mineral. En ocasiones se tendrá que añadir nitrato de potasio a las muestras esto dependerá del nivel de azufre en la muestra.

1) **En los análisis de Newmont.**- En la bolsa con 120 g de fundente se pesa el mineral (positivo + 200 malla) y por duplicado el fino (negativo – 200 malla)

2) **Carbón.**- Para este tipo de ensayo se hace un secado en horno convencional por dos horas a 110°C, 5 g por muestra, después vacía con mucho cuidado a las bolsitas con 120 g de fundente, se agrega cloruro de palta para análisis por Au.

Homogenizamos todas las muestras de diversas naturalezas, agitando la bolsa, colocamos la bolsa con la muestra a los crisoles correspondientes y lo cubrimos con una capa de bórax.

- n) **Fundición.**- Una vez esté listo todos los crisoles lo trasladamos al horno (en cada horno se trabaja con treinta crisoles) la temperatura se divide en tres fases 860°C por un lapso de 20 minutos, 960°C por un tiempo de 20 min y por último 1 050°C, por un tiempo de 30 min.

Durante este lapso de tiempo, los metales de oro y plata van a ser colectados por el óxido de plomo formándose el regulo de Pb. los demás metales que estén asociados al tipo de mineral pasan a formar la escoria.

Terminado la fundición, pasamos al colado, retiramos los crisoles del horno y se vierte el contenido en las lingoteras cónicas que son limpiadas previamente.

Esperar que enfríe para separar la escoria con el martillo y extraer el regulo de plomo de la lingotera.

Limpiar el regulo con el martillo dándole forma de un cubo y lo llevamos a su tablero de acuerdo con su respectivo número de crisol que se ha fundido.

- o) **Copelación.**- Se limpian y enumeran las copelas en forma correlativa de acuerdo con la enumeración de los crisoles, antes de cada copelación se introducen al horno aproximadamente 20 min. (esto para eliminar el % de humedad).

Las copelas tienen como finalidad de absorber el plomo, y todas las impurezas en un 98%, el resto se volatiliza.

La temperatura de copelación es de 950C<sup>o</sup> a 960°C por un tiempo aproximado de 45 minutos a una hora (si hay análisis de plata pasado 40 min) Se va cuidando la copelación para que no se volatilice y pierda peso.

Cuando ha terminado la copelación se observa un botón brillante (Au, Ag) en la superficie de la copela, sacamos las copelas del horno dejamos enfriar y verificamos que estén ordenados correlativamente.

El botón obtenido se procede a laminar con la ayuda de un martillo para un mejor contacto y ataque químico uniforme.

**p) Partición o ataque químico.**- Se limpia los crisolitos de porcelana y se ordenan de acuerdo con sus números correlativamente. Colocar el botón obtenido en su respectivo crisolito de porcelana.

Si se requiere el análisis de plata primero se pesa el dore para poder descontar el valor de Au y se procede a atacar.

Vertemos a cada crisolito 5ml de ácido nítrico al 15%, lo llevamos a la plancha que está a una temperatura controlada, empezando a 90°C hasta 120°C por 15 a 20 min. aproximadamente para disolver la plata del botón. Mientras va reaccionando este cambia de plateado a marrón.

Una vez que deje de reaccionar el botón de dore se baja de la plancha se deja enfriar y decantar por unos minutos, se lava de 2 a 3 veces con agua destilada y se agrega unas gotas de ácido nítrico concentrado directo al botón para asegurar el ataque del botón por completo, luego se lleva a la plancha por 10 minutos a aproximadamente 140°C

Secar cuidadosamente el crisol llevando a la plancha de secado, luego se calcina durante 2 a 3 min a 700°C. Se observa un botón amarillo pálido de oro.

Se deja enfriar el crisolito, pesar el botón de oro en ultramicrobalanza y calcular las leyes para cada muestra. El oro es pesado solo por el supervisor o jefe de laboratorio.

Luego se pasa a reportar las leyes de cada muestra por la supervisión de laboratorio siendo reportado finalmente por la jefatura de laboratorio.

**q) Encuartación.**- Este procedimiento se hace cuando el dore que se obtuvo es pequeño o si el ataque con  $\text{HNO}_3$  no fue efectivo por lo tanto se dice que hay mayor cantidad de Au que de Ag se procede a encuartar agregando plata laminada en pequeña cantidad (en mg), se envuelve dando forma de un cubo con plomo laminado, se pone otra vez a copelar (previo calentamiento de su mismo número de copela) en la proporción es

de 1 a 3

Se vuelve a obtener un botón de oro y plata, se procede al ataque del botón como se indica.

Esta adición de plata metálica es importante porque el Au debe de estar siempre acompañado de Ag, pues esta es la forma más segura de separarle debido a la proporción correcta de oro y plata para su efectiva partición.

r) **Cálculos para determinar ley de oro.**- Por Reconocimiento:

$$\text{ley de oro} = \frac{W_{Au} \text{ (m g)}}{W_{Muestra}} \times \text{factor}$$

**W<sub>muestra</sub>** : Peso de la muestra en gramos

**W<sub>Au</sub>** : Peso del oro en miligramos

**Factor** : 29.1666 Onz(troy)/Tc

Las leyes de Oro y Plata se reportan en Onz (troy)/Tc

Por Newmont : Se recomienda Pasar por tamiz un total de 200 g de muestra, considerándose una buena pulverización de muestra al 85% malla 200

Ley de oro grueso (+200) (g/Tm) = A

$$A = \frac{10000}{W_{grueso} \text{ (g)}} \times W_{Au} \text{ (g)} \times \% \text{ Peso muestra}$$

$$\% \text{ Peso muestra} = \frac{W_{grueso} \text{ (g)}}{W_{grueso} \text{ (g)} + W_{fino} \text{ (g)}} \times 100$$

**W<sub>grueso(g)</sub>** : Peso de muestra retenido en gramos (+200)

$W_{fino\ pas}(g)$  : Peso del total de pasante en g

$W_{Au(g)}$  : Peso oro en g

Ley de oro grueso (+ 200) (Onz troy/Tc) = A x Factor = 0,029166

Ley de oro fino (- 200) (g/tm) = B

$$B = \frac{20\ 000}{W_{fino\ 1}(g) W_{fino\ 2}(g)} \times \frac{(W_{Au\ 1}(g) + W_{Au\ 2}(g))}{2} \times \% \text{ peso muestra}$$

$$\% \text{ Peso muestra} \left( \frac{W_{fino\ pas}(g)}{W_{fino\ pas}(g) + W_{grueso\ ret}(g)} \right) \times 100$$

$W_{fino\ 1}(g)$  : Peso de muestra pasante 1 (-200)

$W_{fino\ 2}(g)$  : Peso de muestra pasante 2 (-200)

$W_{Au\ 1}(g)$  : Peso oro en gramos muestra pasante 1

$W_{Au\ 2}(g)$  : Peso oro en gramos muestra pasante 2

$W_{fino\ pas}(g)$  : Peso total del mineral pasante en gramos

$W_{grueso\ ret}(g)$  : Peso total del mineral retenido en gramos

Ley de oro fino (- 200) (Onz, Troy/Tc) : B\*Factor

Factor : 0,029166

De toda la muestra pasante se toman dos muestras (muestra pasante 1 y muestra pasante 2) cada una generalmente de 20 gramos y se determina la ley del fino.

- s) Análisis del carbón.-** Este tipo de análisis se hace por cuadruplicado. Con este análisis se determina la cantidad de gramos de Au que hay en un kilo de carbón, también se determina el % de humedad previamente al análisis de la siguiente manera:

Se tara la bandeja (anotar), se pesa la muestra de carbón (anotar)

Se lleva al horno eléctrico a secar durante una hora. Si el carbón está muy húmedo se da una hora y media.

Se pesa y se anota, para su respectivo cálculo de % de Humedad.

Una vez haya pasado el tiempo necesario se saca del horno y deja enfriar para su posterior pesado de 5 g de carbón.

Agregar a la bolsa de fundente 2 g de harina y 100 mg cloruro de plata o nitrato de plata (si se requiere analizar plata ya no se agregará cloruro de plata)

Se sigue el mismo procedimiento que una muestra normal (fusión, copelación, hasta el ataque que será el mismo que los anteriores métodos)

Se pesa y se calcula la ley de oro en carbón con la fórmula:

$$\text{Ley de oro} = \frac{W_{\text{Boton oro(mg)}}}{W_{\text{Muestra (gr)}}$$

La **Figura Nº 31 (Ver pag 58)** muestra el diagrama de flujo en el proceso de ensayos al fuego viendo la secuencia del método

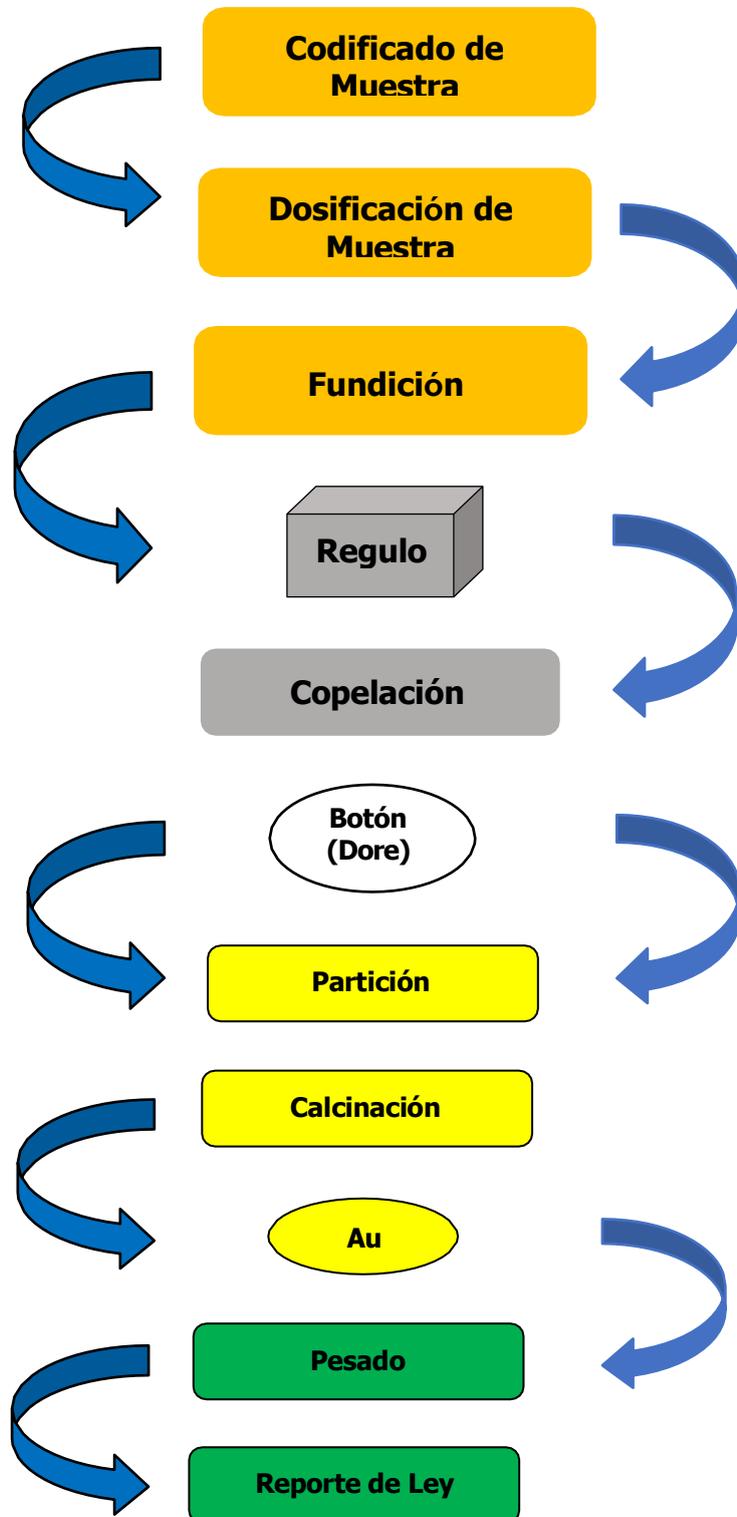
#### **2.1.11 Determinación de oro en solución cianurada por espectrofotometría de absorción atómica**

**a) Objetivos.-** Cuantificar la cantidad de oro en soluciones cianuradas de lixiviación por agitación (Planta de lixiviación)

Cuantificar la cantidad de oro en soluciones cianuradas del proceso de desorción del carbón activado (Planta de desorción de carbón activado)

**b) Principio.-** El oro soluble en soluciones cianuradas se cuantifica por el método de lixiviación por agitación y por desorción de carbón activado en medio cianurado.

Figura N° 31  
Diagrama de flujo para el proceso de ensayos al fuego.



**c) Reactivos:**

- 1) Agua desionizada.
- 2) Hidróxido de sodio.
- 3) Cianuro de sodio.
- 4) Estándares de calibración AAS certificado.
- 5) Acetileno grado analítico.

**c) MATERIALES Y EQUIPOS**

- 1) Matraces volumétricos de 1 L, 500 mL, 100 mL, 50 mL, para preparación de estándares y filtración de muestras de planta de lixiviación y desorción.
- 2) Pipetas volumétricas de 1 mL, 5 mL, 10 mL, 20 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL
- 3) Embudos de vidrio de 50 mm de diámetro, vástago corto.
- 4) Tubos de ensayo descartable (16 x 125 mm)
- 5) Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer Analyst 400.
- 6) pH indicator Strip.
- 7) Propipeta de goma de tres válvulas.
- 8) Porta embudos.
- 9) Lámparas de cátodo hueco oro, cobre.
- 10) Papel filtro cuantitativo.
- 11) Piceta.
- 12) Vaso de precipitado de 500 mL
- 13) Compresora de aire libre de aceite.
- 14) Ups.
- 15) Frascos de plástico de 500 mL y 1 L

**e) Elementos de protección personal:**

- 1) Lentes.
- 2) Guantes de Nitrilo.
- 3) Mandil Antiácido.
- 4) Respirador.

**f) Preparación de estándar de lectura:**

**1) Preparación de solución de cianuro al 3 000 ppm,**

Pesar 2 g de Hidróxido de sodio (NaOH), en un litro de agua desionizada y agitar con una varilla de agitación hasta su total disolución (pH = 10,5) A esta solución agregar 3 g de Cianuro de sodio (NaCN)

**2) Para la preparación de los estándares de lectura considerar: (Ver Figura N° 32)**

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde :

- C<sub>1</sub>** : Concentración conocida
- V<sub>1</sub>** : Alícuota incógnita
- C<sub>2</sub>** : Concentración requerida
- V<sub>2</sub>** : Alícuota reconocida

**Figura N° 32**  
**Elaboración de curvas de Calibración**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC.**

**g) Estándar de 5 ppm Cu:**

1) Vaciar a un tubo descartable la solución estándar de calibración certificada de Cu de 1 000 ppm. Tomar una alícuota de 5 ml de estándar de 1 000 ppm de Cu y descargarlo en el matraz aforado de 1 000 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

El estándar de calibración de 5 ppm del cobre se utiliza para la optimización del EAA

Ahora procederemos a indicar la preparación de los estándares de calibración para el oro.

2) Vaciar a un tubo descartable la solución estándar de calibración certificada de Au de 1 000 ppm

**h) Estándar de 100 ppm Au.-** Tomar una alícuota de 50 mL de estándar de 1 000 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 500 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

**i) Estándar de 0,1 ppm Au.-** Tomar una alícuota de 1 mL de estándar de 100 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 1 000 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

**j) Estándar de 0,5 ppm Au.-** Tomar una alícuota de 5 mL de estándar de 100 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 1 000 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

**k) Estándar de 1 ppm Au.-** Tomar una alícuota de 1 mL de estándar de 1 000 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 1000 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

**l) Estándar de 5 ppm Au.-** Tomar una alícuota de 5 mL de estándar de 1 000 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 1000 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

**m) Estándar de 10 ppm Au.-** Tomar una alícuota de 5 mL de estándar de 1 000 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 500 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

- n) **Estándar de 20 ppm Au.**- Tomar una alícuota de 20 mL de estándar de 1 000 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 1000 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar
- o) **Estándar de 50 ppm Au.**- Tomar una alícuota de 25 mL de estándar de 1000 ppm de Au y descargarlo en el matraz aforado de 500 mL, completar con solución de cianuro, homogenizar, rotular y guardar de preferencia en frasco ámbar.

Descartar todas las soluciones remanentes de la preparación, nunca devolver al frasco original.

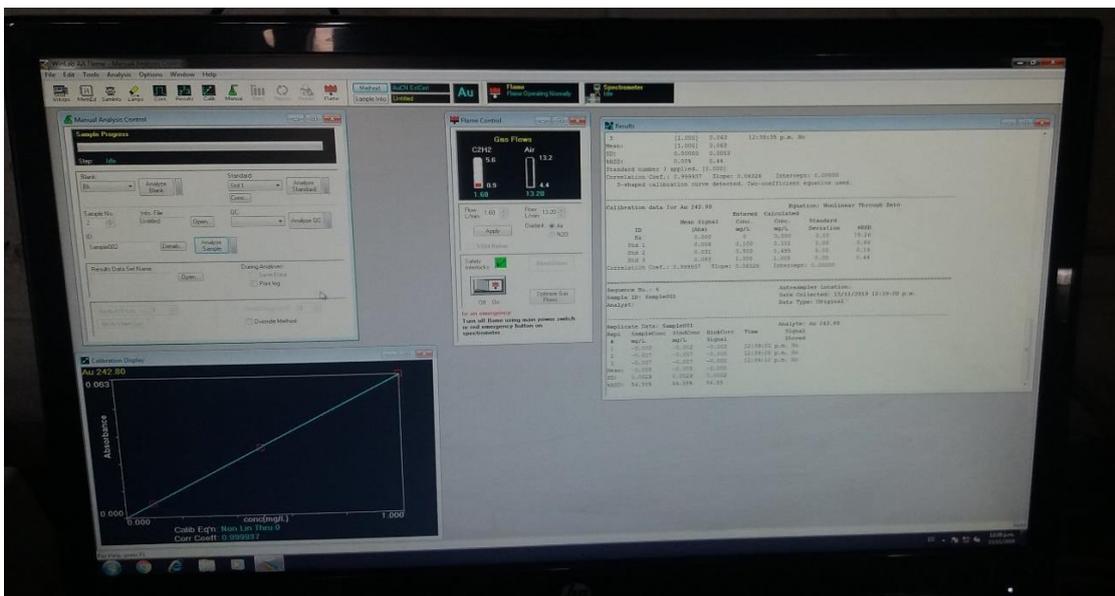
p) **Procedimiento de lectura de muestras:**

- 1) Agitar las muestras a lectura, filtrar en una fiola de 50 mL previamente codificadas.
- 2) Iniciar el software del Equipo de absorción atómica.
- 3) Limpieza del quemador, capilar y sistema de nebulización.
- 4) Para la iniciación de las lecturas en el EAA siempre se hará la optimización del equipo con el estándar de calibración de 5 ppm de cobre.
- 5) Condiciones de lectura de acuerdo con el elemento a analizar. Para el Au
 

Longitud de onda	(242,8 $\lambda$ )	
Rendija	(2.7/1,35)	
Flujo de gas acetileno	(1,60 L/m)	
Flujo de aire	(13,20 L/m)	Campana extractora encendida
- 6) Abrir el programa Win Lab AA Flame (**Ver Figura N° 33, pag 63**)
- 7) Abrimos el método de lectura de oro.
- 8) Damos clic en la ventana Lamps y encendemos la lámpara de oro, también la lámpara background y dejamos calentar las lámparas por 10 minutos como mínimo.
- 9) Se hace clic en "ON" en la ventana de control de llama para encender el quemador.

- 10) Damos Click en Analyze Blank, aspirar el blanco de reactivo y hacer "AUTO CERO"
- 11) Aspirar el patrón de 1 ppm y observar que la absorbancia se aproxime a 0,060; de lo contrario ajustar con el nebulizador hasta encontrar la absorbancia más estable.
- 12) Calibrar el equipo según el siguiente orden, por ejemplo, en el caso del oro.
- 13) Empezar la aspiración de las muestras a analizar.

**Figura Nº 33**  
**Programa WinLab AA**



### Compañía Procesadora Mollehuaca SAC.

**q) Control de calidad.-** El analista es el responsable por la correcta ejecución de este procedimiento y la verificación de sus resultados de análisis. Al no contar con material de referencia, se usan los mismos estándares como check del Quality Control, para la comprobación de la estabilidad de la curva y la fijación del cero.

**r) Peligros y precauciones:**

- 1) Leer las hojas de seguridad (MSDS) de cada uno de los reactivos involucrados en este método.
- 2) Almacenamiento y manipuleo de reactivos y productos químicos. Utilizar el EPP adecuado. No use material de vidrio quebrado o estado defectuoso, solo utilice material de vidrio en perfecto estado.
- 3) Este método involucra el uso y disposición de soluciones cianuradas. Luego de terminar el análisis descartar la solución en el vertedero de solución cianurada, disponer los tubos impregnados en bolsas de plástico y colocarlos en el recipiente con el rotulado de "Residuos Cianurados" para su disposición final. No permita el contacto con soluciones cianuradas.
- 4) El papel toalla utilizado, para limpiar, los guantes y todo el material generado en este análisis debe ser puesto en el recipiente adecuado.
- 5) Peligro en equipo de absorción atómica. Lea las instrucciones del manual del fabricante referente a las instrucciones de operación segura del equipo. (flujo de gases, etc.) Chequear los manómetros internos y externos de presión de los gases de trabajo del EAA.
- 6) Verificar el buen funcionamiento del extractor.

**2.1.12 Etapas en el proceso del análisis químico en laboratorio de la compañía Procesadora Mollehuaca S.A.C.**

Las etapas o fases en el análisis químico para el laboratorio químico de la compañía procesadora Mollehuaca se dividía en:

- a) Recepción y preparación de las muestras por analizar.
- b) Pesado de muestras.
- c) Fundición y copelación.
- d) Ataque químico.
- e) Etapa de lectura por AAS.
- f) Etapa de supervisión y reporte de resultados.
- g) Etapa de reporte final.

### **2.1.13 Etapa de recepción y preparación de las muestras para el análisis químico**

Las muestras por analizar según la siguiente secuencia:

#### **Recepción de las muestras**

El área de recepción de muestras está inmersa en el área de secado y preparación de muestras.

Todas las muestras que ingresan al laboratorio químico vienen codificadas y son registradas en un cuaderno de ingreso de muestras.

Las muestras que ingresan a recepción de muestras del laboratorio son muestras sólidas y líquidas.

#### **a) Muestras sólidas:**

- 1) **Área planta de lixiviación.**- Esta área entrega muestras de mineral lixiviado (pulpa) y muestras de carbón activado.
- 2) **Área de Desorción de carbón activado.**- Esta área entrega muestras de carbón activado
- 3) **Área de Geología.**- Esta área entrega muestras minerales de exploración geológica
- 4) **Área comercial.**- Esta área entrega muestras minerales de clientes, muestras relave de clientes, muestras de carbón activado de clientes, lotes que ingresan a la planta de lixiviación (cabeza).

#### **b) Muestras líquidas:**

- 1) **Área planta de lixiviación.**- Esta área entrega solución de lixiviación.
- 2) **Área de desorción.**- Esta área entrega solución de desorción de carbón activado
- 3) **Área Comercial.**- Esta área entrega solución de desorción de carbón activado de clientes, solución de lixiviación planta lixiviación clientes.

#### **Preparación de las muestras sólidas**

Las muestras solidas que ingresan al laboratorio tienen diferentes tipos de preparación. A continuación, describiremos la preparación de estas muestras tomando en cuenta la característica de la muestra:

- a) **Muestras Mineral (Pulpa).**- Estas muestras son las pulpas de los tanques de lixiviación. Estas muestras se secan, pasan por rodillo y se rolea, se muestrea por incrementos, luego se pulverizan y quedan listas para el pesado.
- b) **Muestras Mineral planta.**- Las muestras minerales que ingresan a laboratorio que no son de geología se secan, se muestrean por roleo, cono y cuarteo, se pulverizan y quedan lista para pesado
- c) **Muestras Mineral Geología.**- Las muestras minerales procedentes de geología se secan, trituran y cuarteon en cuarteador tipo Jones, pulverizan y quedan listos para pesar.
- d) **Muestras Relave.**- Las muestras relave que ingresan a laboratorio se secan, pasan por rodillo y se rolea, se muestra por incrementos, se pulverizan y quedan listos para pesar.
- e) **Muestras carbón activado.**- Estas muestras se secan, se muestrean por incrementos y están listas para el análisis.

#### **Preparación de las muestras líquidas**

Las muestras líquidas que ingresan al laboratorio se diferencian por su procedencia de proceso, así tenemos:

- a) **Muestras líquidas de proceso de Lixiviación.**- Estas muestras ingresan a laboratorio se filtran y están listas para lectura en absorción atómica en medio cianurado.
- b) **Muestras líquidas de proceso de Desorción.**- Estas muestras ingresan al laboratorio listas para la lectura por absorción atómica en medio cianurado.

#### **2.1.14 Etapa de pesado de muestras**

- a) Las muestras minerales o pulpas pulverizadas son pesadas de acuerdo con el análisis requerido. Estos métodos de análisis son: Análisis gravimétrico simple, análisis gravimétrico por Newmont.
- b) Las muestras de carbón activado son pesadas de acuerdo con el método de análisis: Análisis gravimétrico carbón activado.

#### **2.1.15 Etapa de fundición y copelación**

- a) Las muestras pesadas son dosificadas según el tipo de muestra con harina o nitrato de potasio, aunque hay algunas muestras que no necesitan estos

reactivos.

- b) Se agrega fundente a la muestra, se homogeniza, se adiciona nitrato de plata, se coloca en crisol de fundición luego se le agrega una capa de bórax y se empieza la fundición por 1:20 minutos aproximadamente.
- c) Una vez terminada la fundición se procede a colar la fundición y separar la escoria del regulo de plomo.
- d) Se procede a la copelación de los régulos de plomo hasta la aparición del dore característico. Se separa los dore y se colocan en los crisoles de porcelana para el respectivo ataque químico.

#### **2.1.16 Etapa de ataque químico**

- e) Se procede a laminar los dores, luego se ataca con ácido nítrico diluido, luego se ataca con ácido nítrico concentrado en plancha caliente hasta disolver toda la plata y quede el oro puro. Luego se procede a calcinar las muestras. En este punto tenemos el oro gravimétrico listo para ser pesado

#### **2.1.17 Etapa de supervisión y reporte de resultados**

En la compañía procesadora Mollehuaca solamente los supervisores o jefe de laboratorio les está permitido pesar los oros.

Luego del peso de los oros, se registra en un cuaderno de pesado, luego estos datos se ingresan a la computadora y se reporta la ley de Oro en Onz/Tc. De haber valores muy dispersos se procede a reensayar, de no ser el caso y todo sea correcto se procede a reportar los resultados al área de Jefatura de Laboratorio.

#### **2.1.18 Etapa de reporte final vía seca**

Los resultados reportados por la supervisión son validados por la jefatura de laboratorio quien reporta los resultados finales a las diferentes áreas. Dos veces por semana aproximadamente la gerencia general de la compañía hace el chequeo y comparación con los resultados emitidos por nuestro laboratorio de las muestras elegidas al azar que analiza en diferentes laboratorios de la zona de Chala u otros lugares como estimen conveniente. Esto se hace para el control de la veracidad de los resultados emitidos por nuestro laboratorio pues

no se trabaja con controles internos ni patrones certificados. Debido a esto no podemos verificar la exactitud de nuestros resultados solo la precisión.

### **2.1.19 Etapa de lectura por absorción atómica**

Las muestras líquidas son leídas para oro en el equipo perkinelmer AAnalyst 400. Los resultados se reportan a Jefatura de laboratorio.

### **2.1.20 Etapa de reporte final absorción atómica**

Los resultados reportados por la supervisión son validados por la jefatura de laboratorio quien reporta a los resultados finales a las diferentes áreas.

La **Figura N° 34 (Ver pag 69)** muestra el diagrama de flujo de las muestras que ingresan al laboratorio químico para su análisis.

## **2.2 Descripción de las actividades desarrolladas**

### **2.2.1 Actividades cotidianas**

Dirigir al personal a cargo de las operaciones diarias para asegurar la calidad del trabajo, proporcionando dirección administrativa y técnica, dando cumplimiento a los estándares y procedimientos establecidos por la compañía en materias de seguridad, calidad.

Detectar y eliminar errores sistemáticos del proceso que puedan comprometer los resultados de análisis. Generar acciones correctivas y/o preventivas según sea el caso.

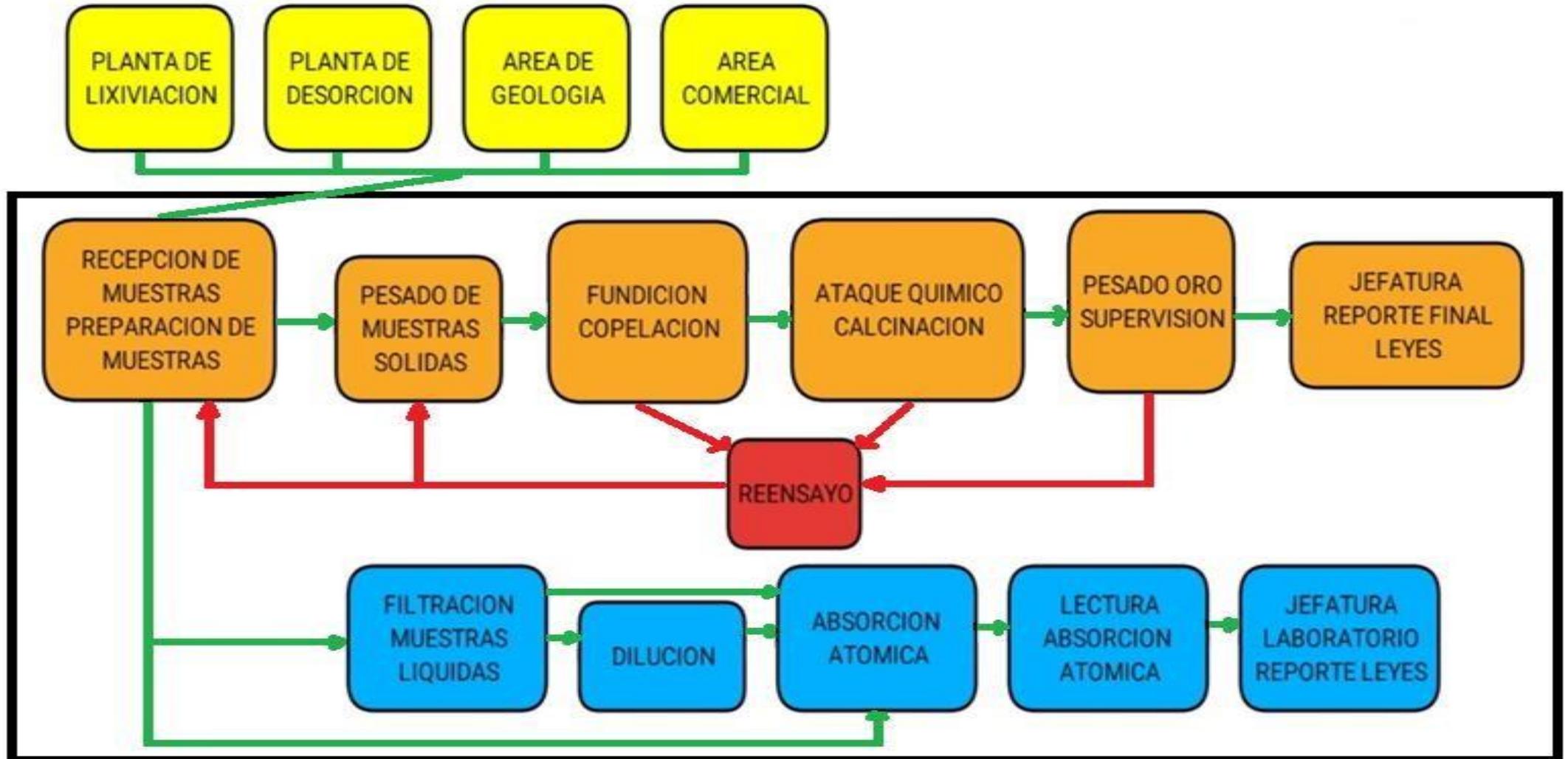
Ser responsable del cumplimiento de normas legales, internas de la compañía y del reglamento interno de trabajo.

Programar y distribuir el trabajo del personal a su cargo en atención a las prioridades de la compañía y situación de trabajo que se requieran.

Validar los reportes de análisis y dar conformidad de estos, antes del reporte a la jefatura de laboratorio, bajo los criterios de calidad establecidos por el laboratorio químico.

Coordinar el abastecimiento oportuno de insumos y suministros para el desarrollo de actividades de laboratorio. Asegurar los stocks mínimos de materiales y reactivos para asegurar la continuidad de las operaciones.

Figura N° 34  
Diagrama de flujo de las muestras que ingresan al laboratorio químico



Realizar las evaluaciones de los EPPS y del estado de los equipos y herramientas para dar conformidad sobre su uso y estado.

Identificar y reportar permanentemente al jefe de laboratorio los accidentes, incidentes, actos y condiciones sub estándar observados que se presenten durante el desarrollo de las operaciones o diversas actividades encomendadas.

Realizar la verificación del relevo de consignas al personal de turno entrante, para garantizar la continuidad de las labores a realizar en el laboratorio.

En las **Figuras N° 35 a Figura N° 53 (Ver pag 70 a 83)**, se observan las respectivas evidencias de mi trabajo en el área de supervisión de laboratorio químico.

**Figura N° 35**  
**Certificado de trabajo de la Compañía Procesadora Mollehuaca**



**INKARRI COMERCIALIZADORA  
PERU S.A.C.**

RUC: 20535879762

Chala, 1 de mayo del 2021

**CONSTANCIA DE SERVICIOS**

Por medio de la presente, la empresa Inkarrí Comercializadora Perú SAC, con RUC 20602244629, hace constar que el Sr. **CARLOS DIAZ SOTO**, identificado con el **DNI: N° 10677318**, laboró para nuestra empresa desde el 01 de febrero del año 2020 hasta el 01 de mayo del 2021, desempeñándose en el puesto de Supervisor de Laboratorio Químico Metalúrgico de la empresa, trabajo que realizó siempre con respeto y responsabilidad razón por la cual lo recomendamos ampliamente.

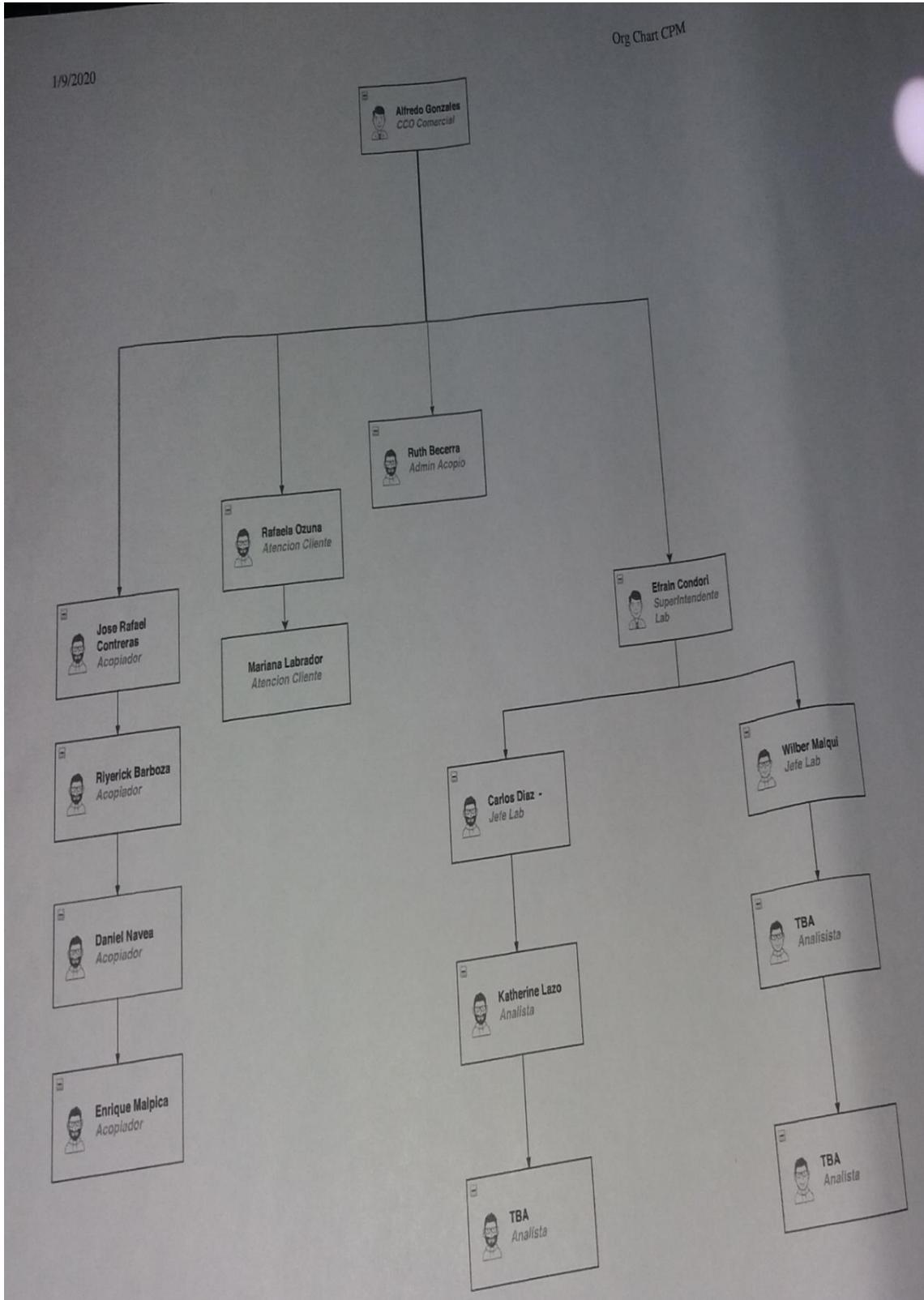
Se expide esta constancia por petición del interesado, y para los fines que éste considere convenientes.

Atentamente,

INKARRI COMERCIALIZADORA PERU SAC  
  
\_\_\_\_\_  
**JONATHAN VILLA CABERO**  
Gerente General

Domicilio fiscal: Av. Manuel Olguin 327 Santiago de Surco Piso 12, Lima

**Figura N° 36**  
**Organigrama de mi posición como supervisor o jefe de laboratorio químico.**



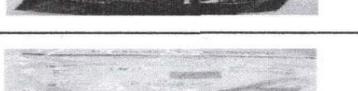
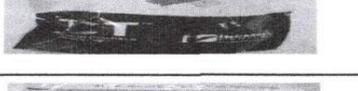
De la Figuras del 37 a la Figura N° 40 (Ver pag 72 a la 75), se observa el requerimiento que se realizó por parte de la supervisión en los primeros días de gestión para implementar el laboratorio químico.

**Figura N° 37**  
**Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico**

N° Revisión:		N° de Pág.		LABORATORIO QUIMICO METALURGICO INKARRI	
Fecha: 10/10/2019		Vigente hasta:			
REGISTRO DE INSTRUMENTOS DEL LABORATORIO QUIMICO					
ITEM	INSTRUMENTO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD	IMAGEN	SUSTENTO
1	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	0.5ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
2	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	1.0ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
3	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	2ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
4	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	5ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
5	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	10ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
6	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	20ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
7	PIPETA VOLUMETRICA CLASE A CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	25ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRESICION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA

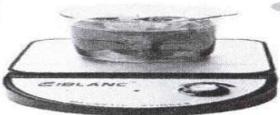
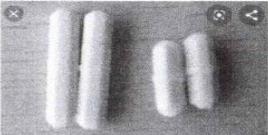
*Supervisor Lab. Químico*  
*Carlo Diaz Ito*

**Figura Nº 38**  
**Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico**

9	PIPETA VOLUMETRICA <b>CLASE A</b> CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	50ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRECISION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
10	PIPETA VOLUMETRICA <b>CLASE A</b> CON UNA SOLA MARCA DE ENRRASE	100ml	1		LAS PIPETAS VOLUMETRAS CLASE A, SON LAS MAS RECOMENDADAS PARA UN TRABAJO DE PRECISION Y EXACTITUD (VERACIDAD). ES FUNDAMENTAL PARA LA PREPARACION DE LOS ESTANDARES DE CALIBRACION PARA EL EQUIPO DE ABSORCION ATOMICA
11	SOPORTE PARA PIPETAS	-----	1		ESTE SOPORTE ES EL INDICADO PARA ESTE MATERIAL DE VIDRIO. LE DA LA MEJOR DISPOSICION Y CONSERVACION
12	ESTANDAR DE <b>Au</b> CERTIFICADO (MERCK, INORGANIC VENTURES Y/O OTRO DE LA MISMA CALIDAD)	1000 ppm	1000 ml		LOS ESTANDARES CERTIFICADOS NOS DAN LA CERTEZA DE TENER RESULTADOS CONFIABLES. ESTOS TIENEN EL RESPALDO DE LA CALIDAD EN SU FABRICACION.
13	ESTANDAR DE <b>Ag</b> CERTIFICADO (MERCK, INORGANIC VENTURES Y/O OTRO DE LA MISMA CALIDAD)	1000 ppm	500ml		LOS ESTANDARES CERTIFICADOS NOS DAN LA CERTEZA DE TENER RESULTADOS CONFIABLES. ESTOS TIENEN EL RESPALDO DE LA CALIDAD EN SU FABRICACION.
14	ESTANDAR DE <b>Cu</b> CERTIFICADO (MERCK, INORGANIC VENTURES Y/O OTRO DE LA MISMA CALIDAD)	1000 ppm	1000ml		LOS ESTANDARES CERTIFICADOS NOS DAN LA CERTEZA DE TENER RESULTADOS CONFIABLES. ESTOS TIENEN EL RESPALDO DE LA CALIDAD EN SU FABRICACION.
15	EQUIPO DESTILADOR DE AGUA, MARCA GFL O SIMILAR		1		GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA ES FUNDAMENTAL PARA GENERAR UN RESULTADO DE LECTURA DE AAS VERAZ. SEGUN LOS ORGANISMOS DE CALIDAD COMO ASTM RECOMIENDAN EL USO DE AGUA DESTILADA O DESIONIZADA TIPO 1 O TIPO 2 PARA UN LABORATORIO QUIMICO. TODO ESTO DEPENDIENDO TAMBIEN EN EL MARCO DE LOS METODOS A REALIZAR EN NUESTRO LABORATORIO.

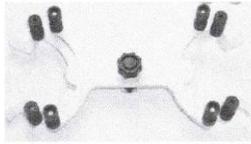
*Responsable Lab. Químico*  
*Carla Diaz Joto*

**Figura Nº 39**  
**Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico**

16	CONDUCTIMETRO	DIGITAL	1		ESTE EQUIPO NOS PERMITE CONTROLAR LA CALIDAD DE AGUA EN NUESTRO LABORATORIO. MIDIENDO PARAMETROS FISICO QUIMICOS COMO: CONDUCTIVIDAD ELECTRICA. SIENDO PARA NUESTRO CASO: <b>TIPO 1</b> CONDUCTIVIDAD ELECTRICA VALOR MAXIMO A 25 °C : 0.056 uS /cm, O <b>TIPO 2</b> CONDUCTIVIDAD ELECTRICA VALOR MAXIMO A 25 °C : 1.0 uS /cm
17	HIGROMETRO	DIGITAL	2		ESTE EQUIPO PERMITE CONTROLAR LAS CONDICIONES DE TRABAJO EN EL AREA DE ABSORCION ATOMICA. SIENDO LA TEMPERATURA RECOMENDADA DE 10 A 25 °C Y LA HUMEDAD RELATIVA HASTA UN 80%
18	TERMOMETRO PARA LABORTORIO	HASTA T° 200 °C	1		ESTE INSTRUMENTO SE NECESITA PARA LA CALIBRACION DE LOS MATERIALES DE VIDRIO SENSIBLES COMO BURETAS, PIPITAS, FIOLAS,TC.
19	AGITADOR MAGNETICO	-	1		SE UTILIZA PARA LA TITULACION DE LOS DIFERENTES METODOS EN NUESTRO LABORATORIO
20	VARILLA MAGNETICA	-	1		COMPLEMENTO DEL AGITADOR MAGNETICO
21	MAGNETOS	-	4		COMPLEMENTO DEL AGITADOR MAGNETICO

*Supervisor Lab. Químico*  
*Carlos Díaz Soto*  


**Figura Nº 40**  
**Requerimiento Supervisión de Laboratorio Químico**

22	SUJETADOR DE BURETA		2		ACCESORIO DEL SOPORTE UNIVERSAL, SE UTILIZA PARA LA TITULACION
23	SOPORTE UNIVERSAL		2		SE UTILIZA PARA LA TITULACION
24	BURETA CLASE A . COLOR AMBAR	50 ml	2		SE UTILIZA EN LA TITULACION, ESTE ES EL ENCARGADO DE RECEPCIONAR LA SOLUCION TITULANTE
25	BURETA CLASE A	20 ml	1		SE UTILIZA EN LA TITULACION, ESTE ES EL ENCARGADO DE RECEPCIONAR LA SOLUCION TITULANTE
26	BALONES DE SUCCION PARA PIPETAS		3		-----

*Supervision Lab. Químico*  
*Carlos Díaz Soto*

**Figura N° 41**  
Evidencia del trabajo de refacción realizado al equipo de pulverizado durante nuestra supervisión.



**Figura N° 42**  
Evidencia del trabajo inspección al horno de secado cuando presento una avería durante su periodo de trabajo



Figura N° 43

Evidencia de cálculo y reporte de resultados para análisis de soluciones cianuradas del área de planta de lixiviación

Fecha de Recepción: 04/01/2020		Identificación		Hora de Recepción: 07:40	
Dirección: Mollehuaca Huanu Huanu		N° de Muestras: 04		Tipo de Analisis: Lote	
Características Físicas:			Características Químicas:		
Presentacion	Botella plastico	volumen del Material	500 ml		
CODIGO	Ley gr/m3			PROMEDIO PONDERADO	
	ley gr/m3				
PL-B59-89HR-TK1	0.137	0.137	0.137		
PL-B60-43HR-TK3	0.170	0.170	0.170		
PL-B60-58HR-TK4	0.174	0.174	0.174		
REC-09-95H-TK5	8.903	8.903	8.903		

Figura N° 44

Evidencia de cálculo y enseñanza al respectivo analista de laboratorio sobre las curvas de calibración

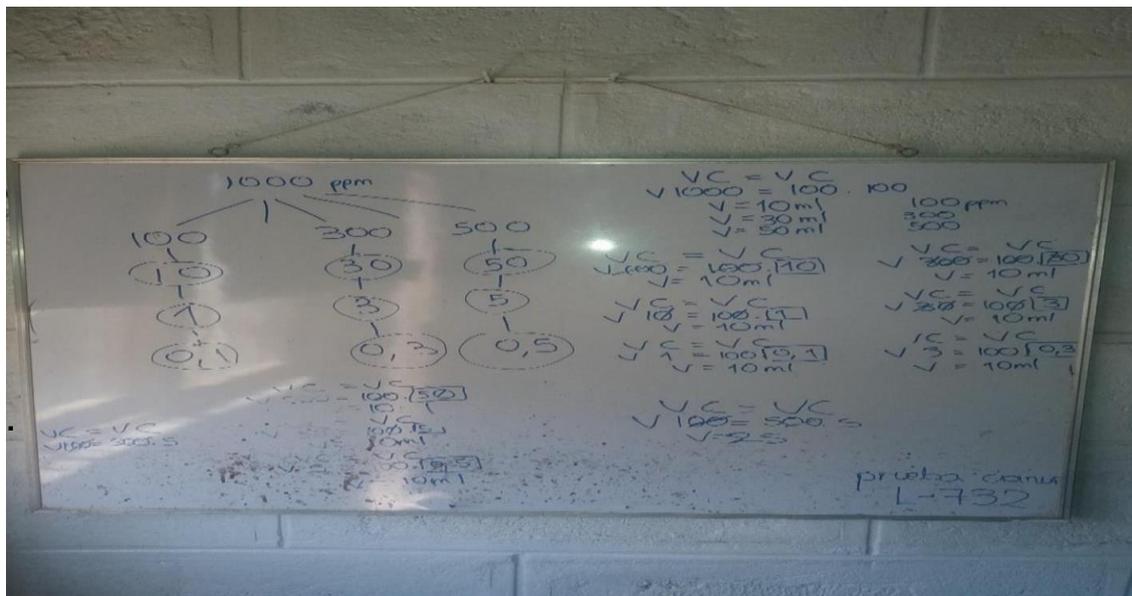


Figura N° 45

Evidencia de requerimiento de accesorios y equipos de escritorio realizado por la supervisión de laboratorio químico durante los primeros días de trabajo

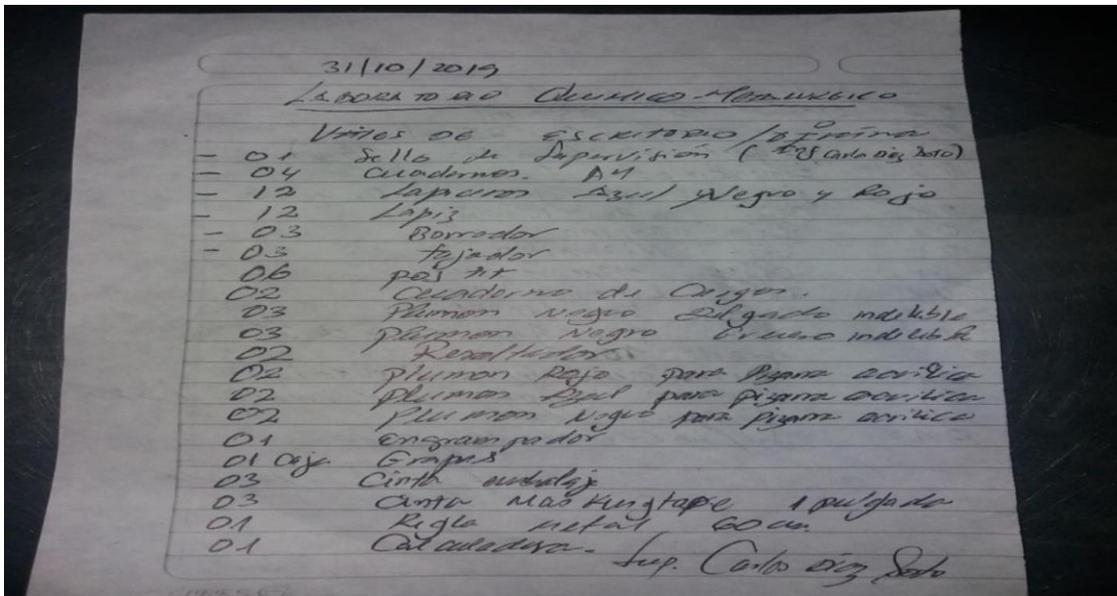


Figura 46. Evidencia de la recepción de material volumétrico recibido por la supervisión de laboratorio químico.

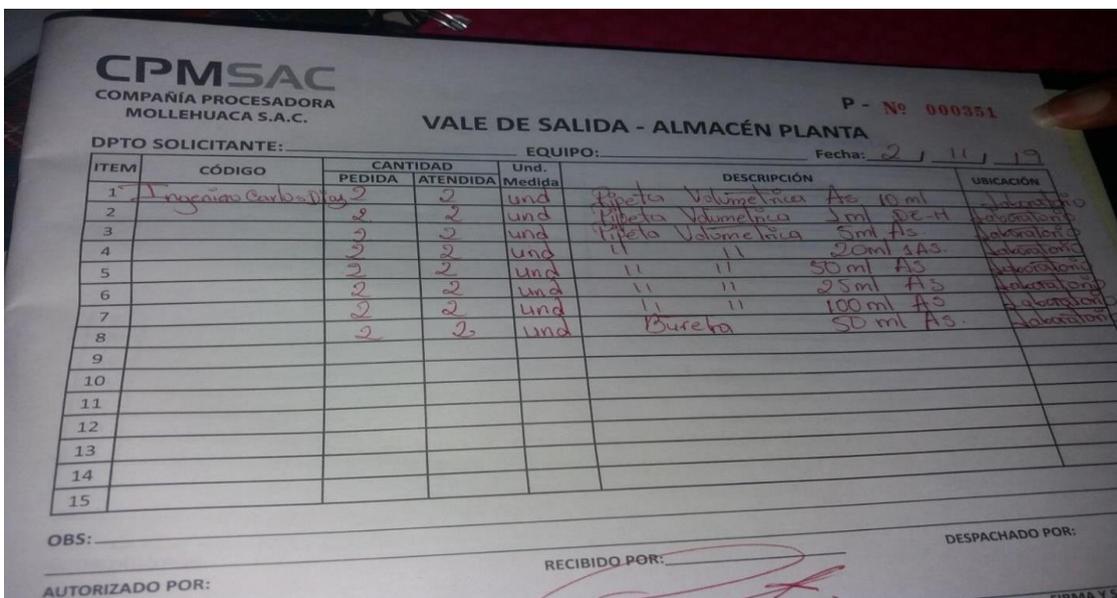


Figura N° 47

Evidencia de control de consumo mensual de los reactivos químicos utilizados por el área de fundición y copelación

CONTROL DE CONSUMO LABORATORIO      MES    DICIEMBRE

INSUMO	CANT. CONSUMO	CANT CONSUMO SEGÚN SUPERVISOR	FECHA	OBSERVACIONES
ACIDO NITRICO 68%	1 Lt			
BORAX	2 Kg			
COPELAS BICARBONATO	220 und			
CRISOLES	220 und			
FLUX OXIDO	14 kg			
FLUX SULFURO	15 kg			
HARINA DE TRIGO				
NITRATO DE POTASIO				
CENIZA DE HUESO	1 kg			
SILICE				
NITRATO DE POTASIO QP	100g			
AGUA DESIONIZADA	4 bidones			
PLATA ELECTROLITA	7g			
PLOMO LAMINADO	100g			
NITRATO DE PLATA 99.8	20g			
HIDROXIDO DE SODIO SP	40g			
CIANURO DE SODIO	40g			
POLVO DE ZINC	20g			
ACETATO DE PLOMO	20g			

FIRMA SUPERVISOR: *Calo Daz Dato*      04/01/2020

Realizados por el área de Supervisión de laboratorio químico

Figura N° 48

Evidencia del ingreso de muestras al laboratorio químico y su respectiva supervisión.

anarangel590@gmail.com      Auditoria interna

IDENTIFICACION	% Humidad	Fecha	Hum.	IDENTIFICACION	% Humidad	Fecha	Hum.
1000	18.51	09/12/19	14.13	636 TK1	34.36	23/12/19	11.20
LCA 434	5.86	10/12/19	10.09	L-1070	12.19	23/12/19	11.20
LCA 435	15.14	11/12/19	08.03	LCA 453	12.42	23/12/19	11.20
LCA 436	14.50	11/12/19	08.20	LCA 454	24.23	23/12/19	11.20
LCA 437	10.46	11/12/19	01.46	LCA 455	23.24	23/12/19	11.20
BLSHTR2	31.66	11/12/19	17.10	LCA 456	11.21	25/12/19	11.20
BL 54 TR3	32.80	11/12/19	17.33	LCA 457	12.58	26/12/19	11.20
LCA 438	10.18	12/12/19	11.53	L-1103	13.57	27/12/19	11.20
LCA 439	13.93	12/12/19	12.03	LCA 458	31.7	27/12/19	11.20
1027	17.62	13/12/19	10.58	L-1104	17.25	27/12/19	11.20
1028	18.53	14/12/19	20.08	L-1110	14.09	27/12/19	11.20
1030	8.74	14/12/19	1.37	L-1113	13.28	28/12/19	11.20
LCA-440	5.23	13/12/19	14.51	LCA 459	20.03	28/12/19	11.20
L-1034	8.91	13/12/19	19.26	L-1110	33.90	28/12/19	11.20
L-1036	12.57	14/12/19	12.30	L-1118	20.48	28/12/19	11.20
L-1039	12.05	14/12/19	14.30	TK3	33.37	28/12/19	11.20
L-1040	12.21	14/12/19	15.50	TK6	32.47	28/12/19	11.20
L-1041	14.45	14/12/19	16.12	TK3	32.02	28/12/19	11.20
LCA-441	31.84	14/12/19	16.30	LCA-460	7.58	27/12/19	11.20
LCA-442	3.37	15/12/19	14.57	L-1128	10.47	27/12/19	11.20
TK4	33.51	15/12/19	14.57	L-1124	10.40	27/12/19	11.20
LCA-443	23.39	16/12/19	20.30	BSE-TK1	50.51	31/12/19	03.20
L-1046	13.11	16/12/19	11.40	BSE-TK2	33.07	31/12/19	03.20
LCA-444	3.61	16/12/19	16.15	LCA 461	16.15	02/01/20	11.20
L-1052	4.23	16/12/19	20.20				
LCA-445	14.37	16/12/19	16.45				
LCA-446	25.39	18/12/19	10.55				
LCA-447	16.17	18/12/19	10.55				
LCA-448	20.78	19/12/19	12.47				
1063	15.01	19/12/19	13.14				
LCA 449	2.22	20/12/19	15.20				
LCA 450	4.71	20/12/19	15.30				
LCA 451	13.18	22/12/19	13.20				
L-1084	6.32	22/12/19	9.10				
L-1085	12.10	22/12/19	19.22				
LCA 452	16.85	22/12/19	16.50				
L-1086	1.0						
L-1087	11.11	22/12/19	13.20				

**Figura N° 49**  
Evidencia de la verificación del higrómetro durante los trabajos de supervisión.



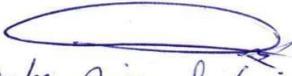
**Figura N° 50**  
Evidencia de la verificación de las balanzas realizado durante los trabajos de supervisión



Figura N° 51

Evidencia del control del registro de optimización del equipo de absorción atómica realizado por la Supervisión del laboratorio químico

		OPTIMIZACION DE OPERACION AAS PERKIN ELMER AANALYST 400									
FECHA	ITEM	CU LAMP-LUM- MOLL-A1-CU01 5 PPM	AU LAMP-LUM- MOLL-A1-Au01 1 PPM	C2H2 PSI	TEMPERATURA °C	% HUMEDAD	LIMPIEZA QUEMADOR / LIMPIEZA CAPILAR	MANTENIMIENT O SISTEMA DE NEBULIZACION	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	
T: DIA	ABS	0.5420	0.0359	160	18	80	OK	OK	M. J. J.	—	
FECHA: 02-12-20	GANANCIA	36%	33%	—	—	—	—	—	—	—	
T: NOCHE	ABS	0.5505	0.0314	170	20	85	✓	✓	R.B.	—	
FECHA: 03-12-20	GANANCIA	34%	33%	—	—	—	—	—	—	—	
T: DIA	ABS	0.5505	0.0320	120	20	83	✓	✓	P. Cardenas	—	
FECHA: 06-12-20	GANANCIA	37%	34%	—	—	—	—	—	—	—	
T: NOCHE	ABS	0.5710	0.0325	240	21	82	✓	✓	M. J. J.	Solo queda 1 balón en stock	
FECHA: 08-12-20	GANANCIA	35%	33%	—	—	—	—	—	—	—	
T:	ABS										
FECHA:	GANANCIA										
T:	ABS										
FECHA:	GANANCIA										
T:	ABS										
FECHA:	ALTURA										
	GANANCIA										
T:	ABS										
FECHA:	GANANCIA										
T:	ABS										
FECHA:	GANANCIA										
T:	ABS										
FECHA:	GANANCIA										
T:	ABS										
FECHA:	GANANCIA										

  
 .....  
 Carlos Diaz Lato

V°B° : SUPERVISION DE LABORATORIO

Figura N° 52

Evidencia del control del registro de check list del equipo de absorción atómica realizado por la Supervisión del laboratorio químico.

		INSP-MOLLE-01 CHECK LIST SECCION ABSORCION ATOMICA				AREA DE RESPONSABILIDAD LABORATORIO QUIMICO	
EQUIPO	AESORCION ATOMICA PERKIN EL MERA ANALYST 400	PERIODO INSPECCION				TRIMESTRAL	
NUMERO DE INSPECCION		1		2		X	
FECHA INSPECCION						15-12-2020	
ITEM	CONDICION B = BUENO, M = MALO	B	M	B	M	B	M
1	MANOMETROS DE CONTROL DE PRESION DE ACETILENO					✓	
2	MANOMETROS DE CONTROL DE PRESION AIRE COMPRIMIDO					✓	
3	MANGUERAS DE AIRE COMPRIMIDO					✓	
4	MANGUERAS DE GAS ACETILENO					✓	
5	EXTRACTOR Y CAMPANA DE GASES Y VAPORES					✓	
6	QUEMADOR					✓	
7	NEBULIZADOR					✓	
8	CAMARA DE MEZCLA					✓	
9	PUERTA PROTECTORA DE CAMARA DE MEZCLA					✓	
10	ENDCAP					✓	
11	RECIPIENTE DE DRENAJE					✓	
12	TABLERO DE CONTROL ELECTRICO					✓	
13	INSTALACIONES ELECTRICAS					✓	
14	LAMPARA DE CATODO HUEDO					✓	
NOMBRE INSPECTOR						M. Jujca	
FIRMA							
VºBº JEFE DE AREA						 CARLOS OROS Sup. LAB	

Figura N° 53

Evidencia del control del registro de verificación de pesos realizado por la Supervisión del laboratorio químico

 <b>VERIFICACION DE BALANZAS</b>					
<b>FECHA:</b>		02-12-2020		<b>TEMPERATURA</b> 20°C	
TURNO DIA					
Codigo de balanza	PESAS VS				OBSERVACIONES
	0.01g	0.2 g	0.5 g	1 g	
01-BLQI		0.2001	0.5	1.0001	—
<b>FECHA :</b>		02-12-2020		<b>TEMPERATURA</b> 21°C	
Codigo de balanza	PESAS VS				OBSERVACIONES
	10 g	20 g	50 g	200 g	
02-BLQI	10.0001	19.999	49.999	—	—

  
 .....  
 V°B° : SUPERVISION DE LABORATORIO

### III APORTES REALIZADOS A LA EMPRESA

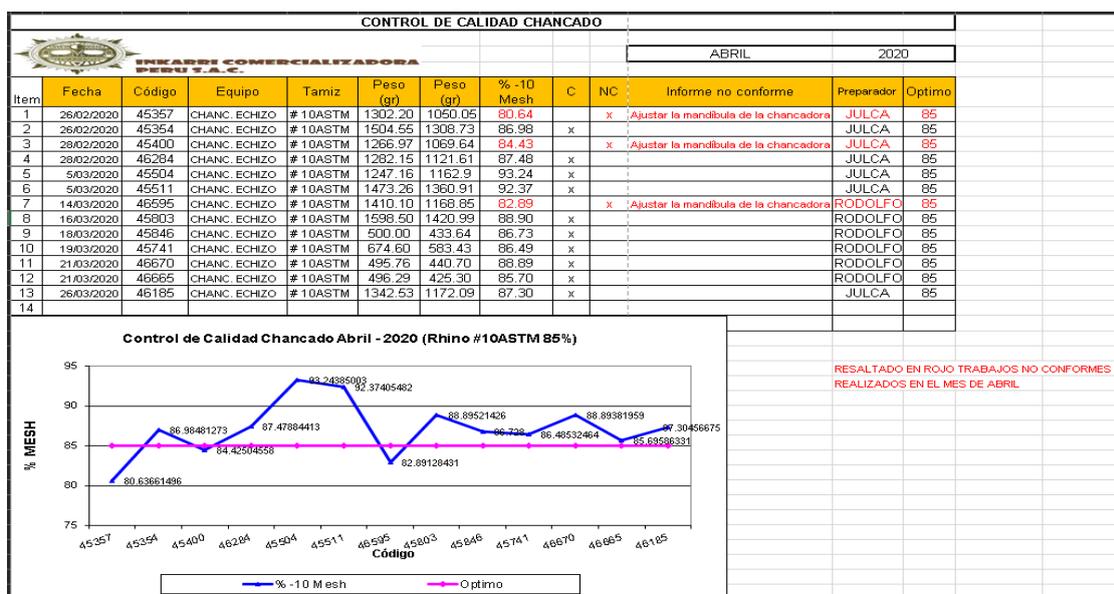
#### 3.1 Mejora de la eficiencia y la calidad en los procesos de análisis químico en el laboratorio químico

Se mencionarán los aportes realizados en todas las etapas del proceso de análisis químico.

##### 3.1.1 Área de recepción y preparación de muestras

a) **Implementación de control de calidad de chancado, gráfica de control,**- Al no existir un control de calidad respecto de las muestras chancadas en el laboratorio y conociendo la importancia de este proceso, esto debido a que un chancado óptimo asegura una correcta separación y división de la muestra representativa, se implementó el control de calidad para monitorear la eficiencia del chancado. Se define un correcto chancado cuando a la muestra chancada es tamizada en malla # 10 a un 85% de material pasante como mínimo. En la **Figura N° 54** se presenta la gráfica de control sobre la calidad de chancado.

**Figura N° 54**  
**Control de calidad Chancado.**



Donde :

$$\text{Mesh -10} : \left( \frac{\text{Peso mineral pasante}}{\text{Peso mineral}} \right) \times 100$$

Los resultados que sean menores al 85% en Mesh – 10, se deberá tomar como acción correctiva el ajuste de la mandíbula de la chancadora.

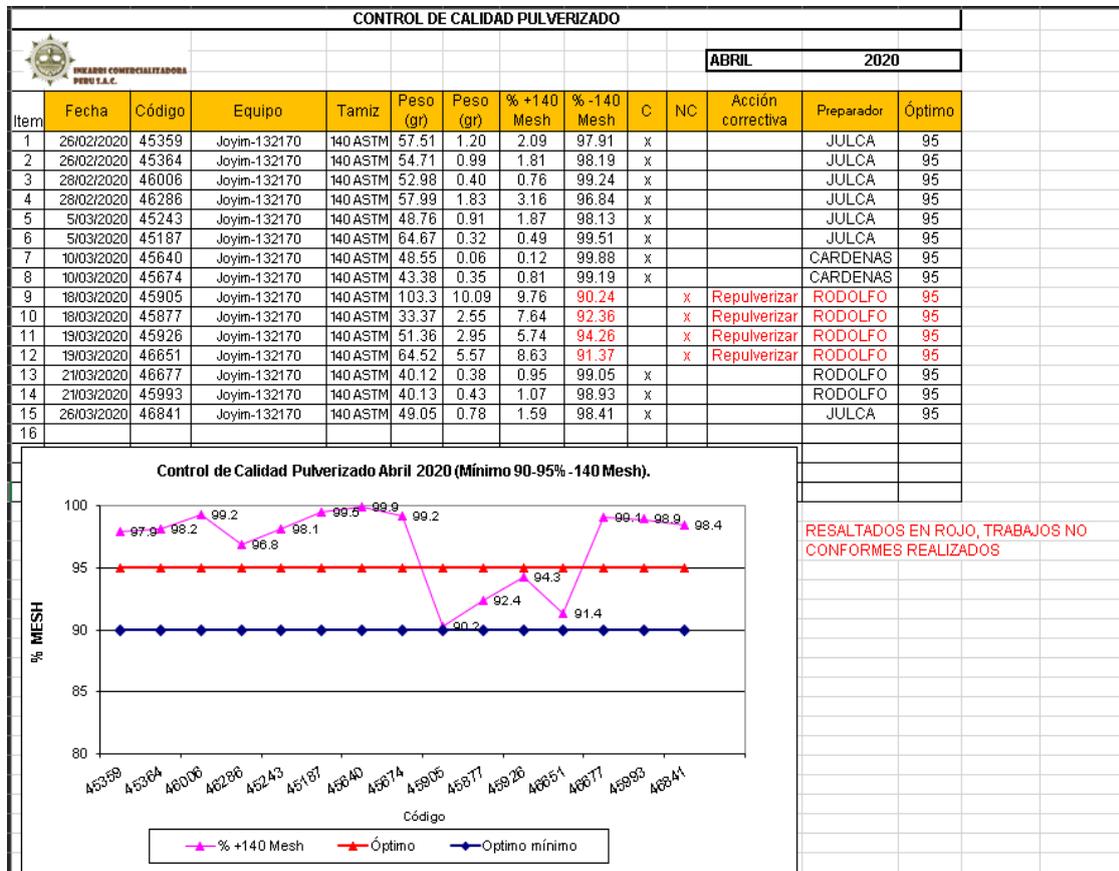
**b) Implementación de control de equipo de pulverizado, gráfica de control.-** Al no existir un control de calidad respecto de las muestras pulverizadas en el laboratorio y conociendo la importancia de este proceso (esto debido a que un pulverizado óptimo asegura una correcta liberación del material valioso de la ganga), se implementó el control de calidad para monitorear la eficiencia del pulverizado. En general para muestras de intermedia a baja dureza se tiene como un correcto pulverizado cuando a la muestra pulverizada es tamizada en malla # 140 a un 95% de material pasante como mínimo. Para muestras de alta dureza se tiene como un correcto pulverizado cuando a la muestra pulverizada es tamizada en malla # 200 a un 85% de material pasante como mínimo. En la **Figura N° 55 (Ver pag 86)** se muestra grafica de control de la calidad del pulverizado.

Donde :

$$\text{Mesh +140} = \frac{\text{Peso mineral retenido}}{\text{Peso mineral}} \times 100 \quad \text{Mesh - 140} = 100 - (\text{Mesh} + 140)$$

Los resultados que sean menores al 95% en Mesh – 140, se deberá tomar como acción correctiva un pulverizado doble y evaluar si se debe aumentar el tiempo de pulverizado para este mineral. También es importante verificar el desgaste de la olla de pulverizado

**Figura Nº 55**  
**Control de calidad Pulverizado.**



Para minerales de dureza superior se debe considerar:

$$\text{Mesh} + 200 = \frac{\text{Peso mineral retenido}}{\text{peso mineral}} \times 100 \text{ Mesh} - 200 = 100 - (\text{mesh} + 200)$$

Los resultados que sean menores al 85% en Mesh – 200, se deberá tomar como acción correctiva un pulverizado doble y evaluar si se debe aumentar el tiempo de pulverizado para este mineral.

En general se pulveriza un total de 200 g a 250 g de mineral, por lo observado y para mejorar los tiempos del proceso se optó por hacer los controles con la cuarta parte de lo normal de peso de mineral y tiempo en caso de urgencia en el ensayo. (Solo en ocasiones excepcionales)

Se utiliza para este procedimiento tamices con certificación ASTM E11.

**c) Implementación del procedimiento de preparación y muestreo de pulpa, mineral, relave y carbón activado.**- Antes de la nueva gestión de laboratorio no estaba definido como debería de muestrearse las muestras que ingresan al laboratorio químico ni cual sería el criterio para escoger entre diversas técnicas existentes.

Ante este vacío en el procedimiento de análisis se hizo la siguiente determinación:

**1) Muestreo por incrementos.**- Las muestras minerales (pulpa) de planta, relave de clientes externos, al tener una similar característica de procesamiento y al ser muestras de final de proceso (es decir estas muestras son muestras trituradas, pulverizadas y lixiviadas) se puede asumir en general como una muestra homogénea en su totalidad, por este motivo se determinó que el tipo de muestreo sería después de secado y homogenizado por incrementos.

Las muestras de carbón activado luego de las pruebas de comparación entre análisis de carbón activado pulverizado y sin pulverizar y al no haber diferencias significativas en los resultados obtenidos se optó por analizar muestras de carbón sin pulverizar. Al no pulverizar el carbón activado el proceso de análisis se hace más eficiente en términos de tiempo y menos contaminante, pues las muestras de carbón en general son de alta ley en oro y plata, pulverizar significaba un riesgo muy alto de contaminación en el laboratorio.

Es decir, las muestras de carbón activado provenientes de la planta de lixiviación, planta de desorción y clientes externos solo se proceden a secar, homogenizar y muestrear por incrementos.

**2) Muestreo por roleo, cono y cuarteo.**- Las muestras de mineral (no geología) se proceden a muestrear de esta forma al ser mineral de granulometría homogénea, pues estas muestras son provenientes del área de conminución de la planta procesadora, es decir son muestras trituradas y molidas.

**d) Muestreo y división por cuarteador tipo Jonesd.-** Las muestras de mineral geología al llegar a laboratorio químico en forma de rocas reciben todo el proceso completo de conminución desde secado, trituración, división de rifle tipo Jones antes del pulverizado.

**e) Cantidad y presentación de muestra.-** Al no haber una cantidad de muestra y calidad en el envase de entrega, Se definió con las áreas respectivas la forma y cantidad de muestra que debe de ingresar a recepción de muestras:

**1) Área de lixiviación.-** Esta área entrega dos tipos de muestra que son las muestras de mineral (cabeza), y muestras de pulpa (colas)

– **Muestra de mineral (cabeza).**- Característica: Muestra de mineral con escasa humedad Cantidad de muestra: 2 000 g – 2 500 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble.

– **Muestra de pulpa (cola).**- Característica: Muestra pulpa de relave, con alta humedad, debido a que estas muestras en planta de lixiviación no son filtradas sino floculadas.

Cantidad de muestra : 1 000 g – 1 500 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble.

– **Muestra de carbón activado.**- Característica: Muestra de carbón activado ya sea de cosecha o de inicio del proceso de lixiviación con alta humedad

Cantidad de muestra : 30 g – 50 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble.

– **Muestras liquidas del proceso de lixiviación en los tanques.-** Característica: Muestra liquida del proceso de lixiviación, es una solución transparente previamente filtrada, esta solución está constituido por una

solución cianurada. (anteriormente las muestras eran entregadas a laboratorio vasos descartables de plástico).

Cantidad de muestra: 40 ml – 50 ml aproximadamente.

Envase: Fiolas de vidrio de 50 ml limpio, correctamente rotulado con plumón indeleble.

**f) Área de desorción:**

**1) Muestra de carbón activado.-** Característica: Muestra de carbón activado antes del proceso de desorción y al final del proceso de desorción, muestran alta humedad.

Cantidad de muestra : 30 g – 50 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble.

**2) Muestras líquidas del proceso de desorción.-** Característica: Muestra líquida del proceso de desorción, solución de coloración amarillo brillante, esta solución está constituido por una solución cianurada en presencia de alcohol y soda. (anteriormente las muestras eran entregadas en frascos de botellas de plástico recicladas o vasos descartables de plástico)

Cantidad de muestra : 100 mL – 200 mL aproximadamente.

Envase : Frasco de vidrio limpio, correctamente rotulado con plumón indeleble.

**g) Área comercial.-** Esta área se encarga de entregar a recepción de laboratorio químico las muestras minerales de los lotes que ingresan a planta de lixiviación (Cabeza), las muestras de relave de clientes externos, muestras de geología, muestras de carbón activado clientes externos.

**1) Muestra mineral de lotes.-** Característica: Muestra de mineral de lotes, son aquellas muestras producto de un blending de varios lotes anteriores presentes en planta. El blending es un procedimiento por el cual se combinan lotes de leyes conocidas hasta completar un lote blending de una ley conveniente. Esto se da para obtener el máximo de eficiencia de recuperación de oro de la planta de lixiviación siendo valores óptimos de leyes en blending cabeza valores entre 0,4 Onz/Tm – 0,6 Onz/Tm para nuestra planta. La

cantidad mínima requerida para asegurar una ganancia en la planta son leyes de 0,2 Onz/Tc

Cantidad de muestra : 2 000 g – 2 500 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble.

- 2) Muestra relaves clientes externos.-** Característica: Muestra de relave, presentan humedad moderadas. Cantidad de muestra: 1 000 g – 1 500 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble.

- 3) Muestra Mineral geología.-** Característica: Muestra de mineral geología, presentan humedad mínima. El mineral de granulometría grande requiere trituración.

Cantidad de muestra : 2 000 g – 3 000 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble. Enzunchado.

- 4) Muestra carbón activado clientes.-** Característica: Muestra de carbón activado, presentan humedad alta. Cantidad de muestra: 30 g – 50 g aproximadamente.

Envase : Bolsa de polietileno nuevo, correctamente rotulado con plumón indeleble. Sellado.

- h) Registro Chech List chancadora.-** Se implemento este registro para poder tener un control efectivo del estado de conservación y operación de este equipo tan importante en la preparación de muestras. **(Ver Figura N° 56)**
- i) Registro control de engrase de chancadora.-** Al tratarse de un equipo móvil de requerimiento constante y teniendo solamente una unidad, se estimó muy necesario la implementación de registros de control de engrase para evitar el daño por fricción. **(Ver Figura N° 57)**

**Figura Nº 56**  
**Registro Check List Chancadora**

 <b>CHECK LIST DE CHANCADORAS</b>										
EQUIPO		HORA								
FECHA		GUARDIA			DIA			NOCHE		
ITEM	INSPECCION DIARIA				OK	REVISION	CAMBIO	OK	REVISION	CAMBIO
SISTEMA MECANICO										
1	Tolva de alimentación									
2	Abertura de quilladas									
3	Bandeja de Descarga									
SERVICIOS Y HERRAMIENTAS										
4	Conexiones electricas									
5	Tablero de control									
6	Lubricación del equipo									
7	Linea a tierra									
PARAMETROS CONTROL DE OPERACIÓN					SI	NO	Ubicación	SI	NO	Ubicación
8	Ruido									
9	Vibración									
10	Temperatura elevada									
11	Polvos									
12	Ventilación									
OBSERVACION: .....										
.....										
.....										
.....										
OPERADOR ENCARGADO					SUPERVISOR					

**Figura Nº 57**  
**Registro Control de Engrase Chancadora**

CONTROL DE ENGRASE DE CHANCADORA						
MES : JUNIO - 2020						
FECHA	HORA	PERSONAL	CHANCADORA	FIRMA	TURNOS	OBSERVACIONES
1-Jun						
2-Jun						
3-Jun						
4-Jun						
5-Jun						
6-Jun						
7-Jun						
8-Jun						
9-Jun						
10-Jun						
11-Jun						
12-Jun						
13-Jun						
14-Jun						
15-Jun						
16-Jun						
17-Jun						
18-Jun						
19-Jun						
20-Jun						
21-Jun						
22-Jun						
23-Jun						
24-Jun						
25-Jun						
26-Jun						
27-Jun						
28-Jun						
29-Jun						
30-Jun						

j) **Registro de control de engrase de la pulverizadora.**- Al tratarse de un equipo móvil de requerimiento constante y teniendo solamente una unidad,

se estimó muy necesario la implementación de registros de control de engrase para evitar el daño por fricción. (Ver Figura N° 58)

**Figura N° 58**  
**Registro Control de Engrase Pulverizadora**

CONTROL DE ENGRASE DE PULVERIZADORA						
<b>MES : JUNIO - 2020</b>						
FECHA	HORA	PERSONAL	PULVERIZADORA	FIRMA	TURNOS	OBSERVACIONES
1-Jun						
2-Jun						
3-Jun						
4-Jun						
5-Jun						
6-Jun						
7-Jun						
8-Jun						
9-Jun						
10-Jun						
11-Jun						
12-Jun						
13-Jun						
14-Jun						
15-Jun						
16-Jun						
17-Jun						
18-Jun						
19-Jun						
20-Jun						
21-Jun						
22-Jun						
23-Jun						
24-Jun						
25-Jun						
26-Jun						
27-Jun						
28-Jun						
29-Jun						
30-Jun						

### 3.1.2 Área de pesado

- a) En el área de pesado de muestras se adquirió un juego de pesas patrón para poder hacer la verificación de Balanzas correspondiente. **(Ver Figura N° 93)**
- b) Se implemento un registro de verificación de pesos. **(Ver Figura N° 59)**

**Figura N° 59**  
**Registro Verificación de Balanzas**

 <b>VERIFICACION DE BALANZAS</b>					
<b>FECHA:</b>		<b>TEMPERATURA</b>			
<b>Codigo de balanza</b>	<b>PESAS VS</b>				<b>OBSERVACIONES</b>
	<b>0.01g</b>	<b>0.2 g</b>	<b>0.5 g</b>	<b>1 g</b>	
<b>FECHA :</b>		<b>TEMPERATURA</b>			
<b>Codigo de balanza</b>	<b>PESAS VS</b>				<b>OBSERVACIONES</b>
	<b>10 g</b>	<b>20 g</b>	<b>50 g</b>	<b>200 g</b>	

### 3.1.3 Área de Absorción Atómica

Cuando se inició el trabajo en el laboratorio químico de la compañía se encontró patrones de dudosa calidad pues no contaban con certificado respectivo. Se hizo la adquisición de estándares certificados para la elaboración de las curvas de calibración. **(Ver Figura N° 111)**

Se adquirió material volumétrico de primera calidad para la preparación de las curvas de calibración (pipetas volumétricas). **(Ver Figura N° 32)**

**a) Registro de optimización de operación del equipo AAS.-** Se implementó un registro de optimización del equipo de absorción atómica para garantizar una correcta lectura de los elementos químicos. **(Ver Figura N° 60)**

**Figura N° 60**  
**Registro Optimización de Operación Espectrofotómetro de Absorción Atómica**

		OPTIMIZACION DE OPERACION AAS PERKIN ELMER AANALYST 400								
FECHA	ITEM	CU LAMP-LUM- MOLL-A1-CU01 5 PPM	AU LAMP-LUM- MOLL-A1-Au01 1 PPM	C2H2 PSI	TEMPERATURA °C	% HUMEDAD	LIMPIEZA QUEMADOR / LIMPIEZA CAPILAR	MANTENIMIENT O SISTEMA DE NEBULIZACION	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									
T:	ABS									
FECHA:	GANANCIA									

Donde:

- ABS** : Absorbancia característica del elemento, para el caso del cobre 5 ppm (0,500 – 0,600), para caso del oro 1 ppm (0,060)
- Ganancia** : De acuerdo con cada elemento y cada lámpara se tiene ganancias características optimas y diferentes.
- C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>** : Cuando el acetileno marca una presión de menos de 80 psi en el balón debe de cambiarse. En este punto de no hacer el cambio de balón y seguir usándolo hay mucho riesgo de contaminación con acetona.
- Temperatura** : Se necesita una temperatura ambiente de no más de 25°C
- Humedad** : Se recomienda una humedad relativa inferior al 80%. Registro de Lecturas de Absorción Atómica

Se implemento un registro de lectura que nos sirva para asegurar la trazabilidad del método y sirva también como material de consulta rápida. **(Ver N° figura 61, pag 96)**

- b) Registro Check List Absorción Atómica.**- Debido a la falta de un registro para hacer una correcta inspección del equipo de absorción atómica, el área de trabajo y los equipos presentes en esta área, se implementó el siguiente registro. **(Ver Figura N° 62, pag 96)**

#### **3.1.4 Área de fundición**

- a) Registro de control de calidad en el proceso de fundición:**

- 1)** Debido a la falta de controles internos de calidad o patrones internacionales y debiendo asegurar un resultado confiable, se implementó este registro para poder tener un control de calidad sobre la etapa de dosificación y fundición de muestra: **(Ver Figura N° 63, pag 98)**

**Figura N° 61**  
**Registro Lecturas de Absorción Atómica**

		PLANTA LIQUIDACION	PLANTA DESORCION	ANAUSTA	FECHA
ITEM	CODIGO MUESTRA	su g/mb	su g/mb		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					

**Figura N° 62**  
**Registro Check List Área de Absorción Atómica**

		INSP-MOLLE-01				AREA DE RESPONSABILIDAD LABORATORIO QUIMICO			
		CHECK LIST SECCION ABSORCION ATOMICA							
EQUIPO	ABSORCION ATOMICA PERKIN ELMER A ANALYST 400	PERIODO INSPECCION				TRIMESTRAL			
NUMERO DE INSPECCION		1		2		3			
FECHA INSPECCION									
ITEM	CONDICION B = BUENO, M = MALO	B	M	B	M	B	M		
1	MANOMETROS DE CONTROL DE PRESION DE ACETILENO								
2	MANOMETROS DE CONTROL DE PRESION AIRE COMPRIMIDO								
3	MANGUERAS DE AIRE COMPRIMIDO								
4	MANGUERAS DE GAS ACETILENO								
5	EXTRACTOR Y CAMPANA DE GASES Y VAPORES								
6	QUEMADOR								
7	NEBULIZADOR								
8	CAMARA DE MEZCLA								
9	PUERTA PROTECTORA DE CAMARA DE MEZCLA								
10	ENDCAP								
11	RECIPIENTE DE DRENAJE								
12	TABLERO DE CONTROL ELECTRICO								
13	INSTALACIONES ELECTRICAS								
14	LAMPARA DE CATODO HUECO								
NOMBRE INSPECTOR									
FIRMA									
VºBº JEFE DE AREA									

- 2) Se debe de obtener un regulo de plomo de unos 30 g – 35 g de peso para asegurar una correcta y total colección de metales preciosos.
- 3) Se tiene conocido que una adecuada dosificación de harina o nitrato de potasio asegura una correcta fundición.
- 4) Cuando se da una fundición adecuada la escoria y el regulo de plomo presentan características típicas de calidad.
- 5) Respecto de la escoria tenemos.- En una correcta fundición la escoria no presenta perdida por rebalse del vaso de fundición, además la fluidez de la escoria es la adecuada, la apariencia de la escoria una vez colada y fría es cristalina y vidriosa en la mayoría de los casos.
- 6) Respecto del regulo de plomo tenemos.- En una correcta fundición el regulo de plomo luego de ser colado y estar frio es de color plomo metálico característico.

Cuando este regulo se martilla y se cubica para separar la escoria y darle mayor área de contacto para agarrar con la pinza, este regulo presenta una maleabilidad característica. De presentar poca maleabilidad el regulo se presenta duro y quebradizo con mucho riesgo de pérdida de muestra durante el martilleo. En conclusión, cuando las muestras no cumplen las características de calidad indicadas se procede a reensayar la muestra, evitando en todo momento seguir con el análisis.

- b) Registro de inspección de hornos de fundición.-** Se implemento este registro para asegurar el correcto mantenimiento de los hornos de fundición. **(Ver Figura Nº 64, pag 99)**

### **3.1.5 Implementación de nueva área de laboratorio químico**

Al ingresar a la compañía procesadora Mollehuaca, se evidencio de las condiciones críticas del área de laboratorio y de los equipos. Pasare a mencionar las dificultades y condiciones subestándar encontradas y las respectivas medidas tomadas por la Jefatura y Supervisión de laboratorio para levantar estas condiciones.

**Figura N° 63**  
**Registro Control de Calidad Proceso de Fundición**

DATOS				OBS
N° Muestra Ord.	PESO MUESTRA	PESO HARINA/NITRATO	PESO REGULOPLOMO	

**Figura N° 64**

**Registro Check List horno de fundición. Área Vía Seca**

		INSP-MOLLE-UIASECA-01				AREA DE RESPONSABILIDAD LABORATORIO QUMICO			
		CHECK LIST SECCION VIA SECA							
EQUIPO	HORNO DE FUNDICION	PERIODO INSPECCION				CADA 10 DIAS			
NUMERO DE INSPECCION		1		2		3			
FECHA INSPECCION									
ITEM	CONDICION B = BUENO, M = MALO	B	M	B	M	B	M	B	M
1	RESISTENCIAS								
2	CORREAS DE METAL								
3	TERMINALES								
4	ABRAZADERAS								
5	CABLES ELECTRICOS <b>(No negociable)</b>								
6	EXTRACTOR DE HUMOS VAPORES								
7	TABLERO CONTROL ELECTRICO Y TEMPERATURA								
8	TERMOCUPLA								
9	REFRACTARIO DE LA CAMARA								
10	SOLERA								
11	PUERTA DELHORNO								
12	ESTRUCTURA METALICA								
NOMBRE INSPECTOR									
FIRMA									
VºBº JEFE DE AREA									

a) **Evaluación y diagnóstico del laboratorio químico antiguo.**- En primer lugar, se observó la muy mala ubicación del área de laboratorio químico porque esta se encontró ubicado a muy pocos metros de la planta de lixiviación y a la planta de desorción, la cercanía con los molinos y la exposición del laboratorio y sus equipos a las vibraciones que los molinos producen hizo inmediata la necesidad de su reubicación. **(Ver Figura N° 65).** Debemos de señalar que la vibración es un elemento no deseado para los equipos de laboratorio de alta precisión, como son la ultramirobalanza, balanzas analíticas, equipo de absorción atómica, etc.

**Figura N° 65**  
**Cercanía del laboratorio químico a la planta de desorción de oro y a la planta de lixiviación**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 66**  
**Antiguo laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 67**  
**Techo de calamina y los motores de las campanas de extracción del antiguo laboratorio**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 68**

**Estructuras de un circuito de flotación de cobre en desusó ubicadas inmediatamente delante del laboratorio químico antiguo**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 69**

**Edificación del laboratorio químico antiguo se verifica la mala ubicación de esta estructura**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

Continuando con la evaluación se observó la falta de áreas de trabajo adecuadas para el desarrollo de un trabajo de calidad y con seguridad. A continuación, se mencionarán las áreas del laboratorio químico, hallazgos y falencias encontradas en cada una de ellas :

**a) Área de preparación y secado de muestras del antiguo laboratorio químico:**

- 1) No existe un área adecuada de trabajo, el área de trabajo es de 16 m<sup>2</sup> aproximadamente que resulta insuficiente para la cantidad de equipos presentes. **(Ver Figuras Nº 70 a Nº 73, pag 104 y 105)**
- 2) No existe sistema de extracción de polvos.
- 3) No hay registros de inspección de equipos mecánicos.
- 4) Falta un cronograma de inspección de equipos mecánicos.
- 5) Falta pruebas y graficas de control para verificar la eficiencia de equipos de pulverizado y chancado.
- 6) Falta equipo apropiado para secado de muestras. La capacidad de secado de muestras es insuficiente. Solo se puede secar tres bandejas de muestra por vez. (El tiempo de secado es de 1 hora aproximadamente). **(Ver Figura Nº 74)**
- 7) Falta un equipo de verificación de temperatura.
- 8) No existe pistolas de aire para mejorar las limpiezas de los equipos de conminución, así como la olla de pulverización.
- 9) Falta un formato de registro de inspección y control de equipo de secado.
- 10) Presenta iluminación deficiente.
- 11) El equipo de secado que se encontró, que en realidad es un equipo de esterilizado ideal para un laboratorio medico es un equipo totalmente inadecuado para el laboratorio químico debido a la capacidad de carga y secado del equipo, además se encontró ubicado en el área de función y copelación. Debido a esta situación se recomendó la compra de un equipo adecuado a la necesidad del laboratorio químico, también

se recomendó la ubicación del equipo de secado fuera del área de fundición.

**Figura N° 70**

**Área de preparación de muestras, pulverizadora de anillos, chancadora de quijadas, equipo de agitación, lavadero**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 71**

**Pulverizadora de anillos marca JOYIM**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 72**  
**Chancadora de quijada hechiza**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 73**  
**Equipo de Secado marca Kytel, para esterilizar instrumental médico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 74**  
**Equipo de secado de capacidad insuficiente**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**b) Área de Fire Assay (vía seca):**

- 1) Falta de un área adecuada de trabajo y de uso exclusivo para la homogenización, fundición y copelación de las muestras. El área de trabajo es insuficiente (12 m<sup>2</sup> aproximadamente) considerando la necesidad de un trabajo de calidad y seguridad. **(Ver Figura N° 75, pag 108)**
- 2) El lugar de trabajo está construido de concreto este material es inadecuado para esta área pues con los constantes cambios de temperatura el concreto se agrieta y deteriora fácilmente. (Los hornos de fundición y copelación trabajan a 1 100°C y 950°C respectivamente). **(Ver Figura N° 75, pag 108)**
- 3) Los equipos de extracción de gases y humos tóxicos muestran claras deficiencias de diseño y funcionamiento.

- 4) En esta área también se encontró funcionando el equipo de ataque químico y una estufa de secado todo esto por el poco espacio en el laboratorio.
- 5) Falta un cronograma de inspección de equipos.
- 6) Falta equipo para verificar temperatura de hornos de fundición y copelación. (Termocupla).
- 7) Falta de herramientas necesarias para un trabajo más óptimo, los encontrados son de un diseño limitado para la necesidad del laboratorio.
- 8) Presenta una iluminación deficiente.
- 9) Falta registro de inspección de equipos.
- 10) Falta registro de mantenimiento preventivo del equipo

**c) Área de pesado:**

- 1) Se evidencia que el área de pesado era un área totalmente improvisada, que también se usaba como almacén y se hacía el pesado del fundente utilizado en la fundición exponiendo al personal a una constante contaminación por plomo. **(Ver Figura N° 76, pag 108)**
- 2) Lo más crítico es señalar la presencia de vibración a efecto de la cercanía a los molinos de la planta de lixiviación esta es una condición extremadamente inapropiada y perjudicial para los equipos de pesado en primer lugar porque dificultaba las tareas de pesado y lo más importante dañaba los equipos de alta tecnología y precisión como la ultramicrobalanza.
- 3) Además, al iniciar labores el nuevo equipo de jefatura y supervisión de laboratorio evidencio la ausencia de un equipo de verificaciones de pesos.
- 4) Falta de parámetros de calidad la ausencia de gestión de calidad para la inspección y control de las balanzas presentes.
- 5) Falta registro de verificación de pesos patrones

6) Falta cronograma de inspección y mantenimiento de los equipos.

**Figura N° 75**  
**Área de fundición y copelación**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 76**  
**Sala de pesado y almacén improvisado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**c) Área de Absorción Atómica:**

- 1) Área improvisada de AAS falta más espacio para un correcto funcionamiento del equipo. **(Ver Figuras N° 77 a N° 81, ver pag 110 a 112)**
- 2) Se detecta una vibración excesiva en el área, esto dificulta una correcta utilización del equipo, así como también daña y malogra el equipo de absorción atómica.
- 3) El área de trabajo presenta mucha contaminación por polvo esto debido a su ubicación y falta de aislamiento conveniente.
- 4) No se utiliza el acetileno especial para AAS de grado analítico, se encontró acetileno de menor calidad.
- 5) El equipo de compresión de aire que se encontró es inadecuado. El equipo existente es una compresora lubricada. Se hizo el requerimiento para el cambio a compresora de aire libre de aceite.
- 6) Se encontró un equipo de extracción de gases hecho y deficiente de plancha de hierro dulce pintado, el cual presentaba corrosión y contaminaba el área de trabajo
- 7) Se encontró soluciones estándares para preparación de curvas de calibración de calidad dudosa no certificadas.
- 8) Material de vidrio para la preparación de las curvas de calibración no tenían la calidad adecuada en su mayoría.
- 9) No se encontró un control de la humedad y la temperatura adecuado.
- 10) Falta registro de lecturas diarias.
- 11) Falta registro de inspección de equipos.
- 12) Falta registro de control de optimización del equipo.
- 13) Falta registro de mantenimiento de equipo
- 14) No se encontró un área especial para el ataque químico, la plancha de ataque se encontraba en el área de fundición y copelación. **(Ver Figura N° 82, pag 112)**
- 15) Al estar dentro del área de fundición el analista está expuesto a vapores

tóxicos y calor innecesariamente.

**Figura N° 77**  
**Equipo de absorción atómica marca Perkin-Elmer AAnalyst 400**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 78**  
**Equipo de absorción atómica y la campana de extracción hechiza**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura Nº 79**

**Área de AAS en los primeros días de evaluación de las condiciones de trabajo**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

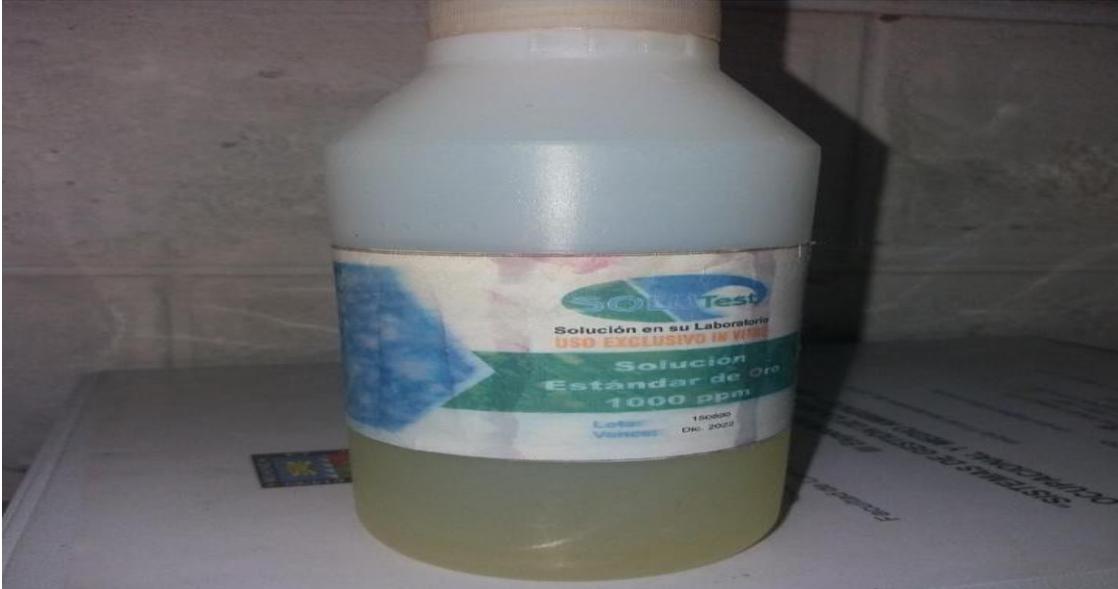
**Figura Nº 80**

**Compresora de aire al aceite**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 81**  
**Solución estándar de oro de 1000 ppm sin certificado de calidad**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**d) Área de ataque químico**

**Figura N° 82**  
**Área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**e) Área de almacén y recepción de muestras:**

- 1) Se encontró un Área de almacén de reactivos e insumos de tamaño deficiente. **(Ver Figura N° 83)**
- 2) Debido a la falta de espacio parte de los reactivos químicos que no entraban en el almacén fueron colocados en el área de pesado.

**f) Área de almacén de materiales:**

- 1) No se encontró un área de almacén de materiales. Estos se encontraron en el área de fundición. **(Ver Figura N° 84, pag 114)**

Como se observa en las imágenes anteriores y por la descripción de la realidad encontrada y mencionada, la reubicación del laboratorio químico fue un pedido y una necesidad de mucha urgencia que se realizó a la alta gerencia para poder garantizar la calidad y el trabajo seguro.

Mediante las muestras de evidencia y la urgencia de resultados de calidad la alta gerencia tomo la decisión de reubicar el laboratorio químico en un lugar alejado de la planta de lixiviación (molinos), para lo cual se tuvo que rediseñar un área que no se estaba usando en su totalidad (área de recepción o acopio de carbón activado) y hacerla útil para el caso de un laboratorio químico, a continuación se muestran las evidencias de la transformación y habilitación del laboratorio químico en su nueva ubicación.

**Figura N° 83**

**Almacén de reactivos químicos**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 84**  
**Almacén de materiales de Vidrio y otros**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

### **3.2 Química analítica cualitativa**

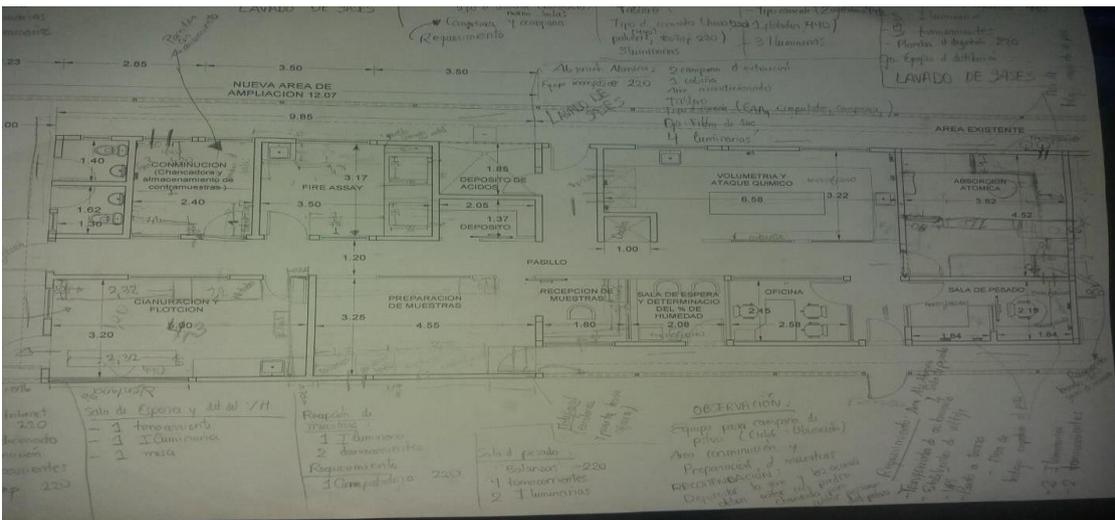
- a) Se presentan los planos de construcción y recomendaciones técnicas de la supervisión de laboratorio para la construcción de la nueva área del Laboratorio químico. **(Ver Figuras N° 85 a N° 87, pag 115 y 116)**
- b) Se procedió a la modificación y la construcción de los nuevos ambientes de trabajo, siendo las nuevas áreas las siguientes **(Ver Figura N° 88, pag 116)**: sala de pesado, sala de absorción atómica, sala de ataque químico, sala de reporte y supervisión, sala de jefatura, sala de almacén de reactivos químicos, sala de recepción de muestras, sala de secado y de preparación de muestras, sala de fundición y copelación de muestras.

#### **3.2.1 Área de pesado**

- 1) En el área de pesado se recomendó el traslado inmediato de los equipos de pesado de alta precisión **(Ver Figuras N° 92, N° 93, N° 94, pag 119 y 120)** a la nueva área la cual se diseñó tomando en cuenta la ínfima presencia de vibración en el nuevo local, el área de pesado se subdividió en dos ambientes, el primer ambiente especialmente aislado de las corrientes de

aire especial para el pesado de oro por método de gravimetría, en esta área se colocó la balanza analítica de precisión ultramicrobalanza Mettler Toledo UMX2.

**Figura Nº 85**  
**Primer plano con las recomendaciones técnicas de la supervención y jefatura de laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

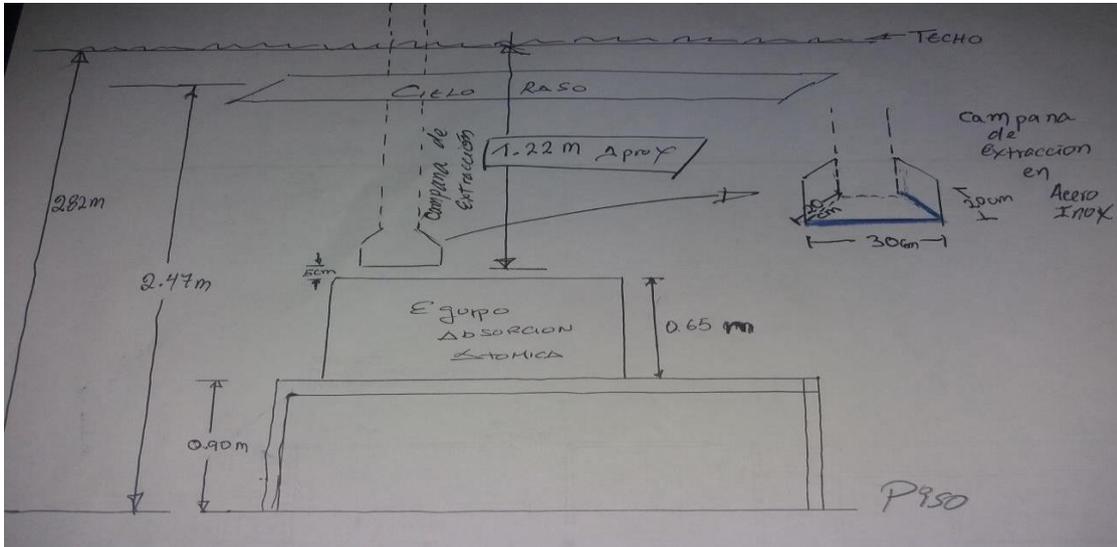
**Figura Nº 86**  
**Dimensiones del área de AAS y las mejores opciones para la instalación de las mesas de trabajo y la instalación de los equipos**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

Figura Nº 87

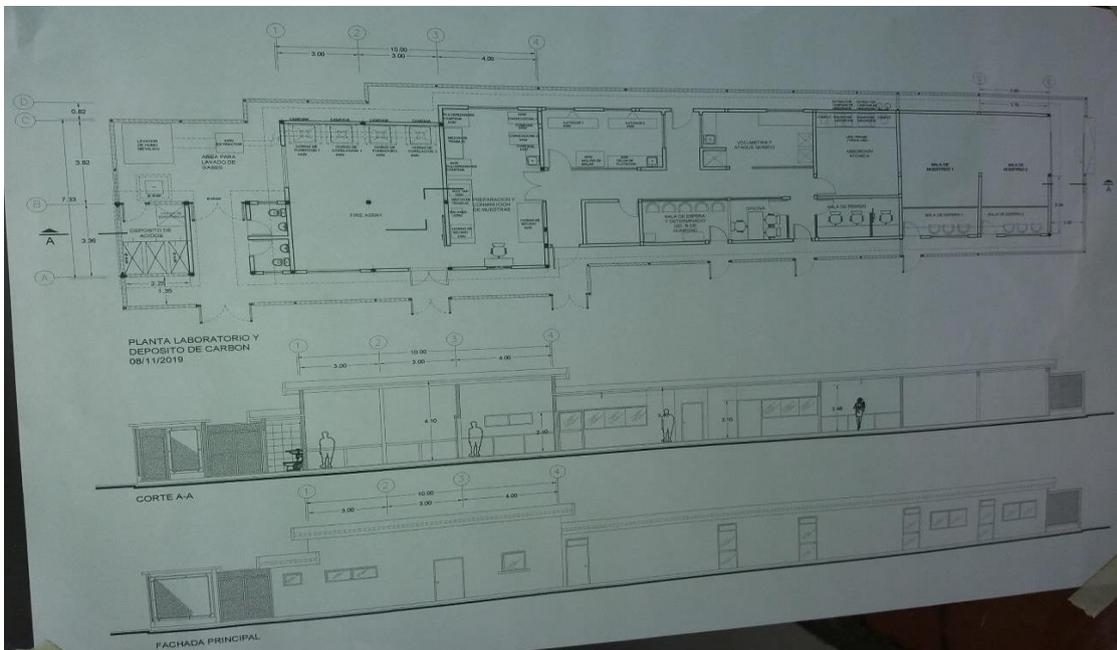
Recomendaciones para la instalación del equipo extractor de gases del área de AAS



Compañía Procesadora Mollehuaca SAC

Figura Nº 88

Plano final de Laboratorio Químico



Compañía Procesadora Mollehuaca SAC

**Figura N° 89**

**Antiguas instalaciones del laboratorio químico y la nueva área que se modificó para la construcción del nuevo laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 90**

**Recepción y acopio de carbón activado, infraestructura modifica para la construcción del Laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 91**

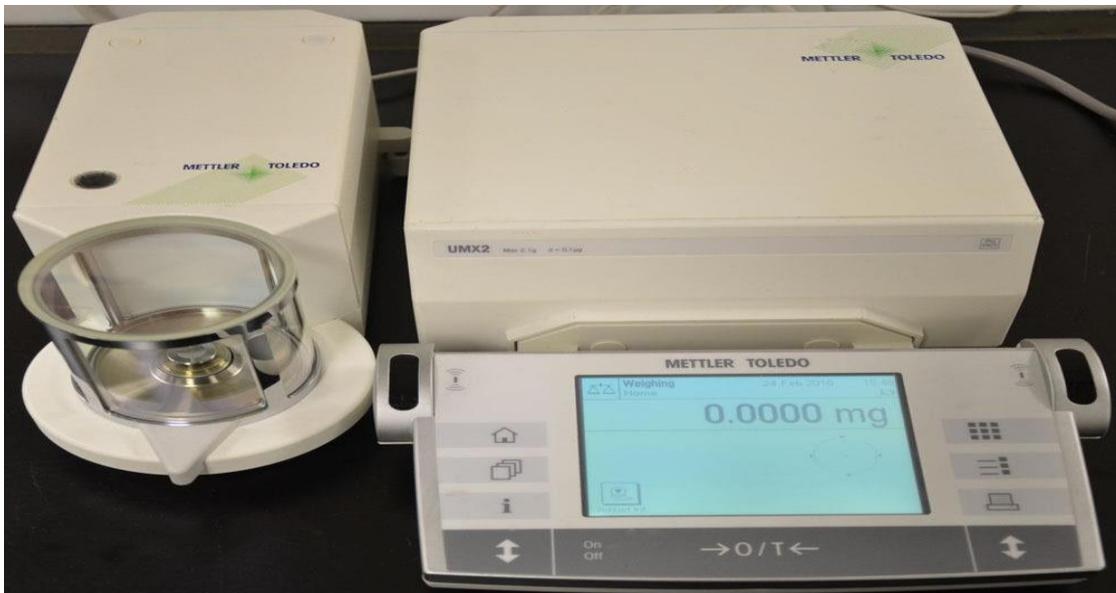
**Vista posterior de Recepción y acopio de carbón activado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC.**

- 2) En el otro ambiente se colocó la balanza digital para el pesado de muestras.
- 3) Se adquirió un kit de verificación de pesos.
- 4) Se mejoró de manera sustancial la iluminación del área.
- 5) Se implementó un registro de verificación de pesos, temperatura y humedad.
- 6) A continuación, se detallará la modificación y construcción del área de pesado (**Ver Figuras N° 95 a N° 107, pag 120 a 126**) En todo momento se estuvo dando las indicaciones técnicas para que esta área se lo más funcional y óptima para asegurar un trabajo de calidad y seguridad.

**Figura N° 92**  
**Ultramicrobalanza Mettler Toledo UMX2 para pesado de oro gravimétrico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 93**  
**kit de verificación de pesos**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 94**  
**Balanza analítica digital, para el pesado de muestras mineral**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 95**  
**Antigua área de acopio de carbón activado próximo a modificar**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 96**  
**Modificación y construcción de la mesa de trabajo del área de pesado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 97**  
**Estructura metálica de mesa de trabajo para asegurar un acabado fijo y firme**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura Nº 98**

**Área de pesado con la pared que independiza el área**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura Nº 99**

**Material cerámico para enchape de mesa de trabajo**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 100**  
**Puerta para área de pesado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 101**  
**Inicio del enchape de la mesa de trabajo del área de pesado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 102**  
**Estructura de perfiles de metal para instalación de drywall**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 103**  
**Instalación de Drywall**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 104**  
**Mesa de pesado terminado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 105**  
**Instalación de puerta**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 106**  
**Instalación del vidrio de la ventana**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 107**  
**Área de pesado terminada**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

### **3.2.2 Área de Absorción Atómica**

- 1) El área de absorción atómica, al ser un espacio en donde estará el equipo de absorción atómica y por ser este equipo muy sensible al entorno de trabajo se tomaron las mayorías de los cuidados para su optima construcción, las recomendaciones de la jefatura y supervisión de laboratorio fueron totalmente atendidas por la alta gerencia de la compañía. Aquí se presenta todas las mejoras que se tomaron para su construcción.
- 2) Se construyó una mesa sólida para el equipo de absorción. Área libre de vibración.
- 3) Área aislada del polvo.
- 4) Área con temperatura controlada mediante equipo de aire acondicionado.
- 5) Área con muy buena iluminación.
- 6) Un nuevo y mejor equipo de extracción de gases con los accesorios hechos en acero inoxidable. Este material no causa contaminación del área de trabajo.
- 7) Se adquirió un equipo de compresión de aire libre de aceite el cual garantiza un aire para combustión del acetileno mucho más puro.
- 8) Se convenció a la alta gerencia de la importancia del uso de un Acetileno extra puro especial para absorción atómica. Este tipo de acetileno asegura una lectura estable, optima y protege al equipo de cualquier contaminación con acetona por lo general.
- 9) Se hizo la adquisición de soluciones estándares certificados para garantizar la calidad durante la construcción de las curvas de calibración para el equipo de absorción atómica.
- 10) Se adquirió material volumétrico como las pipetas volumétricas de clase A por las pipetas graduadas existentes. Estas pipetas volumétricas son las más recomendadas para la construcción de las curvas de calibración, por ser más precisas.
- 11) Se hizo la adquisición de Ups.

12) Se implemento registro de lectura de absorción atómica para planta de lixiviación y planta de desorción.

De **Figura N° 108, N° 109** y de la **N° 110 a la 112 (Ver pag 130 y 131)** se puede apreciar un antes y un después, donde se verifica la eficiencia de nuestra gestión.

**Figura N° 108**  
**Equipo de Absorción Atómica PerkinElmer AAnalyst 400**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 109**  
**Compresora con lubricación al aceite (antes) y la compresora libre de aceite (después)**



**ANTES**

**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC.**



**DESPUÉS**



ANTES



DESPUÉS

Figura N° 110

Antiguo laboratorio y su equipo de extracción de gases hechizo (antes),  
Apreciamos también en las figuras el nuevo equipo de extracción de acero  
inoxidable instalado en el nuevo laboratorio químico (después)



Compañía Procesadora Mollehuaca SAC



ANTES



DESPUÉS

**Figura N° 111**

**Solución estándar encontrado carente de certificado de calidad (antes).  
Observamos también las soluciones estándares certificadas adquiridas  
(después)**



**DESPUÉS**

**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 112**

**Estabilizador de voltaje y Ups adquiridos**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

A continuación, se detallará la modificación y construcción del área de absorción atómica (**Ver Figuras N° 113, 114 y N° 115 a N° 120, ver pag 133 a 165**) En todo momento se estuvo dando las indicaciones técnicas para que esta área sea lo más funcional y óptima para asegurar un trabajo de calidad y seguridad.

**Figura N°113**

**Antigua área de acopio de carbón activado próximo a modificarse**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N°114**

**Mesa solida de trabajo enmallada para Equipo Absorción atómica**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 115**  
**Mesa de trabajo enchapada en cerámica**



**Compañía Procesadora**

**Figura N ° 116**  
**Área de absorción atómica con el cielo raso terminado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 117**  
**Área de absorción atómica con la nueva iluminación**



**Compañía Procesadora**

**Figura N° 118**  
**Área de absorción atómica terminada**



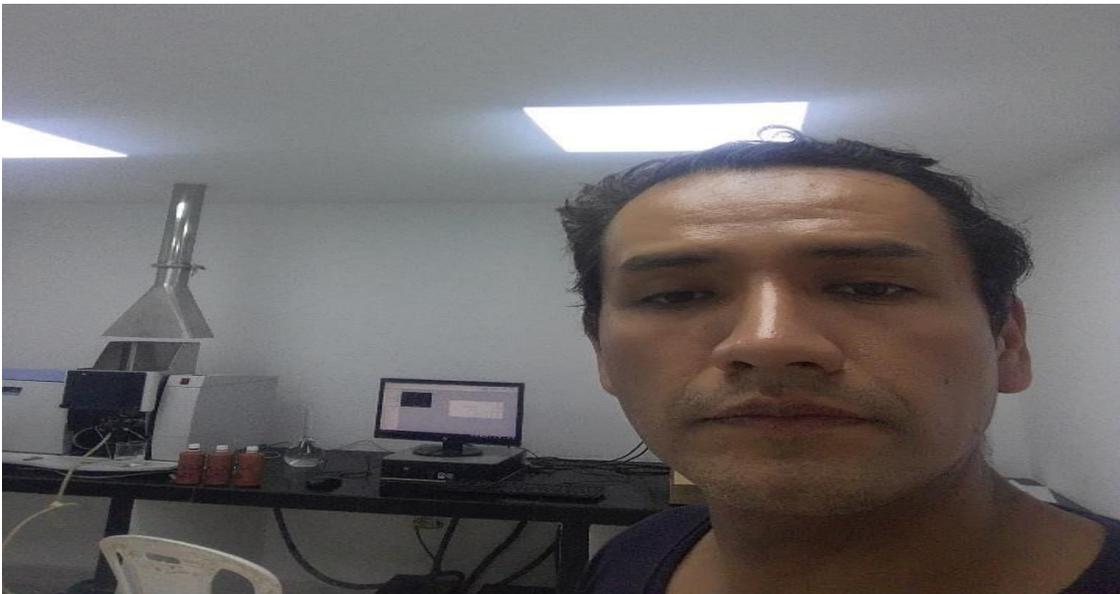
**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 119**  
**Primeras pruebas de lectura en la nueva área de trabajo**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 120**  
**El área de absorción Atómica en pleno funcionamiento**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

### 3.2.3 Área de secado y preparación de muestras

- 1) Se construyo un área especial para secado y preparación de muestras.
- 2) Se adquirio un nuevo y mejor equipo de secado de muestras. Se mejoro sustancialmente la cantidad de muestras a secar por ves. **(Ver Figura N° 121)**
- 3) Debido a la mejor disposición de los equipos se puede hacer un trabajo de calidad y seguridad.
- 4) Se implemento un registro de chek list del de los equipos.
- 5) Se implemento pruebas de calidad para medir la eficiencia de los equipos.

**Figura N° 121**

**Equipo de secado encontrado (antes) y el equipo de secado adquirido (después)**



ANTES



DESPUES

#### **Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

A continuación, se detallará la modificación y construcción del área de secado y preparación de muestras **(Ver Figuras N° 122 a N° 131, pag 137 a 141)** En todo momento se estuvo dando las indicaciones técnicas para que esta área se lo mas funcional y óptima para asegurar un trabajo de calidad y seguridad.

**Figura N° 122**

**Antigua área de acopio de carbón activado próximo a modificarse**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 123**

**Cortes en el cerámico delineando la nueva construcción**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 124**

**Inicios de la construcción del área de preparación de muestras**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 125**

**Avances de la construcción, colocación de columna de refuerzo**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 126**  
**Paredes terminadas y tarrajeadas**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 127**  
**Colocación de la estructura de Drywall**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 128**  
**Área de preparación de muestra**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 129**  
**Chancadora de quijadas en su nueva y mejor ubicación**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 130**

**Pulverizadora de anillos en una ubicación temporal (área de fundición) debido a la demora en la implementación de las campanas de extracción de polvos**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 131**

**Preparación muestras**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC.**

### 3.2.4 Área de ataque químico

- a) Se construyó el área de ataque químico mejorando la independencia y el tamaño del área (**Ver Figuras N° 132 y de la N° 133 a N° 149, pag N° 143 a N° 146**) Se construyó esta área con una proyección para análisis volumétricos de cobre.
- b) También se pensó en la seguridad del personal pues se habilitó en esta área un lugar para una ducha de emergencia.

A continuación, se detallará la modificación y construcción del Área de ataque químico. En todo momento se estuvo dando las indicaciones técnicas para que esta área se lo más funcional y óptima para asegurar un trabajo de calidad y seguridad.

**Figura N° 132**

**Antigua área de acopio de carbón activado próximo a modificarse**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 133**  
**Cortes en el cerámico delineando la nueva construcción**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 134**  
**Cortes en el cerámico para la Construcción de la ducha de emergencia**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 135**  
**Construcción de las paredes de la nueva área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 136**  
**Instalación de una columna de seguridad en el área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 137**

**Avance en la construcción de las paredes del área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 138**

**Construcción de las paredes del laboratorio parte de la ducha de emergencia**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 139**  
**Instalaciones para de agua**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 140**  
**Tarrajeó de los ambientes del Área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 141**  
**Paredes de área de ataque químico tarrajeadas**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 142**  
**Instalaciones de agua y desagüe del área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 143**  
**Instalación de tuberías ducha de emergencia**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 144**  
**Instalación de la tabiquería para la instalación de Drywall en el área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura Nº 145**  
**Estructura de Drywall instaladas**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura Nº 146**  
**Instalación de cerámicos en área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 147**  
**Interior del área de ataque químico terminado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 148**  
**Mesa de trabajo terminadas en el área de ataque químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 149**  
**Área de ataque químico terminada**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

### **3.2.5 Área de jefatura y supervisión de laboratorio**

- a)** Debido a la carencia de espacio en el antiguo laboratorio no existía un área física para la jefatura y supervisión del laboratorio químico.
- b)** Se acondicionaron dos áreas especiales para jefatura y supervisión de laboratorio químico.

A continuación, se detallará la modificación y construcción del Área de ataque químico (**Ver Figuras N° 150 a N° 155, pag 152 a 154**) En todo momento se estuvo dando las indicaciones técnicas para que esta área se lo mas funcional y óptima para asegurar un trabajo de calidad y seguridad.

**Figura N° 150**

**Antigua área de acopio de carbón activado próximo a modificar**



**AREA MODIFICADA PARA  
JEFATURA Y SUPERVISIÓN DE  
LABORATORIO**

**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 151**

**Primeras modificaciones para el área de jefatura y supervisión de laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 152**

**División de área de supervisión y jefatura Laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 153**

**Drywall para división del área de supervisión y jefatura**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 154**

**Instalación de la pared de drywall y la independización del área de supervisión de laboratorio químico**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 155**

**Área de supervisión terminada**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

### 3.2.6 Área de almacén de reactivos químicos

- a) Se instaló un área especial para almacén de los reactivos químicos.
- b) A continuación, se detallará la modificación y construcción del Área de almacén de reactivos químicos (**Ver Figuras N° 156 y N° 157 a N° 160, pag 156 y 157**) En todo momento se estuvo dando las indicaciones técnicas para que esta área se lo mas funcional y óptima para asegurar un trabajo de calidad y seguridad.

**Figura N° 156**

**Antigua área de acopio de carbón activado próximo a modificar**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

### 3.2.7 Área de fundición y copelación

- a) En esta nueva área se ubicó los hornos de fundición y copelación (**Ver Figuras N° 161 a N° 168, pag 158 a 162**)
- b) Se instaló nuevos equipos de extracción de gases con un mejor diseño de construcción.
- c) El área de trabajo es considerablemente más amplia, al igual que el techo del área es más alto, en comparación con el antiguo laboratorio. Un área

espaciosa y un techo alto aseguran un trabajo con comodidad y seguridad pues este ambiente no concentra calor y la contaminación con gases es disipada rápidamente.

**Figura N° 157**  
**Instalación de columna y cortado de cerámico para instalación de pared**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 158**  
**Corte en la pared y barras de hierro para asegurar las paredes del almacén**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 159**  
**Levantamientos de pared del almacén**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

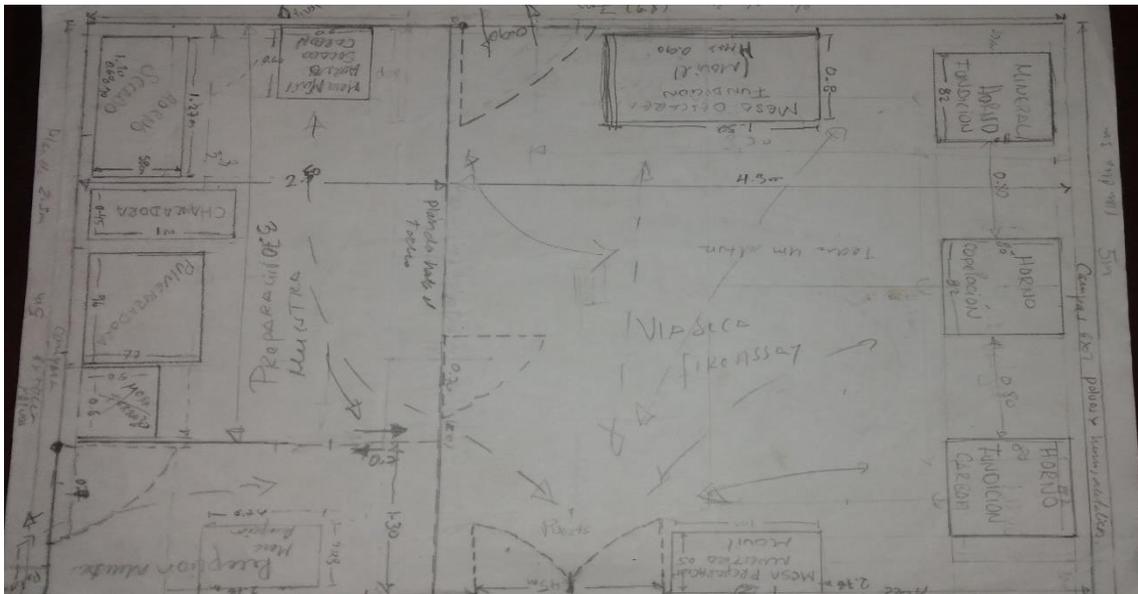
**Figura N° 160**  
**Almacén tarrajado**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

- d) Se habilito dentro de esta nueva área un lugar especial para la dosificación de fundentes a las muestras para así reducir al máximo la contaminación.
- e) Mientras las demás áreas se modificaron y acomodaron a la necesidad del laboratorio químico, el área de fundición y copelación se construyó desde sus bases, utilizándose para este propósito placas de metal y acero por recomendación de la jefatura y supervisión de laboratorio pues este material es el adecuado considerando las altas temperaturas a la que trabajan los hornos de fundición y copelación (1100°C aproximadamente)

**Figura N° 161**  
**Primeros bosquejos para el área de vía seca**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 162**

**Antiguo patio de la zona de acopio del carbón activado próximo a modificarse**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 163**

**Parte posterior donde se construirá la nueva área de fundición**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 164**

**Lugar donde se construirá el área de vía seca, nótese las planchas de acero que se van a utilizar para la construcción**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 165**

**Paredes divisorias del Área de fundición y copelación con el total de laboratorio**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 166**

**Día de trabajo en el Área de fundición y copelación totalmente operativa**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 167**

**Campanas de extracción y una campana especial para la dosificación de fundente**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

**Figura N° 168**  
**Área de fundición y copelación terminada**



**Compañía Procesadora Mollehuaca SAC**

## **IV DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

De acuerdo a lo realizado y al tipo de inconvenientes afrontados durante la implementación de la nueva área de trabajo se hizo evidente la falta de personal técnico capacitado en antiguas gestiones, además se puede inferir que las gerencias pasadas nunca le dieron la debida importancia al correcto desempeño de un laboratorio químico profesional, consecuencia de esto se tubo no solo pérdidas económicas debido al daño de equipos muy costos como balanzas electrónicas sensibles (ultramicrobalanza) ,sino también por falta de leyes confiables la empresa tubo perdidas costosísimas las cuales se evidenciaron al momento de reportar sus balances finales.

- a)** Para la mejora en la calidad y tiempo de reporte de los resultados se realizaron trabajos y mejoras en la gestión documentaria y sobre todo de manera física pues se implementó y puso en funcionamiento un nuevo laboratorio químico para esto la alta gerencia tomo en cuenta todas nuestros requerimientos y recomendaciones
- b)** Se mejoro la calidad en las diferentes áreas de trabajo mediante la implementación de registros y la adquisición de equipos. Por ejemplo:

### **1) Área de preparación de muestras:**

- Implementación de registros de control y su procedimiento para un mejor proceso de chancado y pulverizado
- Implementación de una correcta clasificación, disposición y muestreo para todas las muestras que ingresan al laboratorio, teniendo como principal referencia la característica física de la muestra y su nivel de procesamiento
- Creación e implementación de registros de control de mantenimiento para los diversos equipos del área.
- Adquisición de un nuevo horno de secado

**2) Área de pesado:**

- Adquisición de un juego de pesas patrón para asegurar la calidad del pesado y eliminar el error sistemático de este proceso
- Creación e implementación de registro de verificación de balanzas.

**3) Área de absorción atómica:**

- Adquisición de equipo volumétrico de calidad superior para la preparación de las curvas de calibración (pipetas volumétricas)
- Adquisición de estándares certificados de calibración para la elaboración de las curvas de calibración de equipo de absorción atómica.
- Creación e implementación de registro de optimización para el equipo de absorción atómica.
- Creación e implementación de registro para el control y mantenimiento del equipo de absorción atómica.

**4) Área de Fundición y copelación:**

- Creación e implementación de registro para el control de la calidad del proceso de fundición y copelación.
- Creación e implementación de registro de mantenimiento del horno de fundición y copelación

**5)** Se diseñó, implementó y puso en marcha el nuevo laboratorio químico en donde se plasmaron todas nuestras recomendaciones, la gerencia y el área de obras civiles fue en todo momento asesorada y dirigida por nuestra gestión para obtener una correcta disposición de las áreas de trabajo, así como todos los equipos en el presente. Así tenemos, por ejemplo:

- En las áreas de pesado de muestra y absorción atómica se eliminó por completo la vibración no solo por la nueva ubicación del laboratorio químico sino también por la construcción de mesas de

trabajo muy sólidos.

- En el área de absorción atómica se realizó un correcto ambiente de trabajo con mejor iluminación, aislada de la presencia de polvo, sin contaminación por residuos de oxido del equipo de extracción, con equipo de aire acondicionado para tener una temperatura de trabajo no mayor de 20°C
  - Para el área de Vía Seca se tomó en cuenta la comodidad para el trabajo en esta área mediante el aumento en el tamaño del área y disminución significativa de contaminación por plomo debido a la instalación de un nuevo y mejor equipo de extracción.
  - Esta nueva área se fabricó en placas de acero lo cual evitaba el deterioro de la infraestructura debido a que este material es más resistente a los cambios de temperatura extremos propios de esta área.
  - Se hizo un techo a los cuatro metros de altura para mejorar la ventilación del área.
- 6)** Todas los trabajos y mejoras que se realizaron en nuestra gestión tuvieron un resultado esperado siendo muy positivo, le dimos a la empresa la herramienta fundamental de poder controlar sus procesos en el tiempo y con la precisión requeridas. Cada mejora en las diversas áreas de trabajo proporcionó una mejora en el tiempo de respuesta y en la validez del resultado, siendo necesario la aplicación de mejoras en el área de la calidad y seguridad nuestra gestión ha encaminado a la planta y a su gerencia en este propósito de la mejora continua.
- 7)** Durante la realización de las obras civiles dentro de las instalaciones modificadas para el laboratorio químico, pudimos apreciar nuevas técnicas de trabajo de parte de los constructores, así como también otro tipo de idiosincrasia pues en su mayoría estas personas eran de otra nacionalidad en su mayoría, esto significaba una forma de trabajar

diferente, pero al final nutritiva y llena de matices positivos que hicieron el trabajo más productivo. Como siempre lo he dicho al respeto, la responsabilidad y la habilidad no tienen nacionalidad y siempre será bien valorada indudablemente.

## **V RECOMENDACIONES**

- 1) Seguir con las mejoras en los temas de calidad.
- 2) Iniciar un plan de seguridad en el laboratorio químico.
- 3) Seguir con la implementación de los procesos administrativos respecto de las operaciones y los equipos del laboratorio químico.
- 4) Obtener la responsabilidad de muestreo en planta de lixiviación y desorción.
- 5) Tener un stock mínimo en materiales y reactivos para dos meses de trabajo como mínimo, esto debido a las ocurrencias que se presentan en el tiempo y por lo observado durante todo este periodo de trabajo.
- 6) Priorizar la obtención de un nuevo equipo de chancado de preferencia de marca reconocida en el mercado, pues la que existe en el laboratorio es hechiza y debido a su deficiente construcción presenta averías frecuentes originando retrasos innecesarios.
- 7) Priorizar la adquisición de un equipo más de pulverizado de marca reconocida pues debido a la cantidad de muestras la que se tiene no da abasto y genera un cuello de botella innecesario.
- 8) Implementación de cabinas especiales de aislamiento con equipo de extracción de aire, para los equipos de chancado y pulverización con lo que se podrá utilizar aire comprimido para mejorar la limpieza de los equipos y sus accesorios. Además, estas cabinas disminuyen significativamente la contaminación con polvos finos y ruidos.
- 9) Gestionar de manera urgente la implementación de sistema de extracción de polvos para el área de preparación de muestras con su respectivo colector de polvos.
- 10) Adquirir un equipo nuevo de cuarteador tipo Jones de acero inoxidable, pues el que se tiene es hechizo y de material incorrecto que hace deficiente el proceso de mezcla y división.
- 11) Se hace prioritario la implementación de material de referencia interno validado para los análisis de gravimetría, esto haría de nuestros análisis

sean mejor controlados no solo mediante la precisión, sino también con la exactitud al poder comparar nuestros resultados con un valor conocido, asiendo del resultado de laboratorio un dato veraz en el primer reporte. (cabe indicar que a finales del año 2020 se inició la recolección de muestras para la preparación de la matriz para obtener material de referencia interna validada, debido a muchas coyunturas presentadas en la compañía como es el covid-19 y problemas gerenciales la empresa se vio en la necesidad de paralizar sus operaciones quedando pendiente esta tarea)

- 12)** Implementar un sistema de filtrado de muestra con presión de aire, para mejorar la calidad y tiempo de proceso de preparación de muestras.
- 13)** Instalar un colector de polvos para el área de fundición y copelación.

## VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballesteros, J. (2019). Implementación de un análisis de mallas para la determinación de leyes de minerales que contienen oro grueso y fino. Repositorio UNSA. edu. pe. Consultado el 10 de agosto de 2022. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13418?show=full>. 2019
- Latinbusinessdaily. (2015, 9 de agosto). Montan mining suministra 60 toneladas diarias desde Mollehuaca. Latinbusinessdaily. Consultado el 5 de agosto de 2022. <https://latinbusinessdaily.com/stories/510632213-montan-mining-supplies-60-tons-per-day-from-mollehuaca>
- Pérez, G. Espectrometría de absorción atómica. Espectrometria.com. Consultado el 3 de agosto de 2022. [https://www.espectrometria.com/espectrometra\\_de\\_absorcio\\_atmica](https://www.espectrometria.com/espectrometra_de_absorcio_atmica)
- Portal minero. (2015, 29 de abril). Empresa canadiense adquirió planta procesadora de oro en Arequipa. Portal minero. Consultado el 15 de julio de 2022. <http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=96755606>

# **ANEXO**

	<b>DETERMINACIÓN DE ORO POR ABSORCIÓN ATÓMICA Y GRAVIMETRÍA</b>		
	Área: Laboratorio Químico	Versión: 02	
	Código:	Página: 1 de 3	

<p>1) Personal:</p> <p>1.1 Técnico de Laboratorio</p>	<p>Referencias Complementarias:</p> <p style="text-align: center;"><b>THE SAMPLING AND ASSAY OF THE PRECIOUS METALS – Ernest A. Smith – Volumen I y II</b></p> <p style="text-align: center;"><b>TECNICAL METHODS OF ORE ANALYSIS FOR CHEMISTS AND COLLEGES –Arthur J. Weinig</b></p>
<p>2. EPP:</p> <p><b>Lentes</b>, Guantes de nitrilo, zapatos de seguridad, y mameluco antiácido.</p>	<p>Competencias Necesarias: (Cursos, entrenamiento, Inducción, etc.)</p> <p>Análisis instrumental: Espectrofotometría de Absorción Atómica.</p>
<p>3. Equipos/Materiales/Herramientas:</p> <p>Espectrofotómetro de Absorción Atómica, Compresora, Acetileno especial, Materiales de vidrio, reactivos, <b>plancha de digestión</b>, <b>crisoles de porcelana</b>.</p>	<p>Nivel de Riesgo: BAJO</p>
<b>4. PROCEDIMIENTO</b>	
Pasos :	<p>1. Leer el Cuaderno de Ocurrencias de Laboratorio, para enterarse de lo ocurrido en las guardias anteriores</p> <p>2. Evaluar Peligros – Riesgos.</p> <p>3. Realizar la limpieza del área, quitar el polvo de las mesas de trabajo, ordenar los reactivos y materiales de vidrio.</p>
Pasos :	<b>DETERMINACIÓN POR ABSORCIÓN ATÓMICA.</b>
Pasos :	<p>4. El encargado de vía húmeda recepcionará las muestras doré entregadas por el encargado de ensayos al fuego, los cuales se colocarán en tubos de ensayo de 10 mililitros.</p>

	<p>5. Utilizando el dispensador añadir a cada tubo 1.5 mililitros de la solución de ácido nítrico 1:1</p> <p>6. Colocar la gradilla en la plancha de calentamiento a una temperatura suave, dejar reaccionar hasta que desaparezcan los gases nitrosos. La digestión del doré termina cuando éste deje de burbujear. Retirar la gradilla de la plancha de calentamiento y verificar que todos los dorés estén disueltos en su totalidad. Dejar enfriar.</p> <p>7. Añadir 1.5 mililitros de ácido clorhídrico químicamente puro a cada tubo de ensayo, agitar inclinando la gradilla para que el agua regia formada entre en contacto con las partículas de oro.</p> <p>8. Colocar nuevamente la gradilla con los tubos de ensayo sobre la plancha de calentamiento a temperatura suave y dejar digerir hasta la disolución total de las partículas de oro. Retirar la gradilla y dejar enfriar las muestras</p> <p>9. Aforar los tubos con agua destilada hasta volumen de 10 mililitros. Tapar los tubos de ensayo y homogenizar la solución.</p> <p>10. Dejar sedimentar el precipitado de cloruro de plata hasta que la solución se encuentre clara. La muestra se encuentra lista para su análisis por absorción atómica.</p> <p>11. Si se requiere preparar patrones sintéticos de oro para absorción atómica consultar con el (Instructivo 9).</p>
Pasos :	<b>DETERMINACIÓN GRAVIMÉTRICA.</b>
	<p>1. El encargado de vía húmeda recepcionará las muestras doré entregadas por el encargado de ensayos al fuego, estas se colocarán en crisoles de porcelana</p> <p>2. Añadir solución de ácido nítrico 1:5 a cada crisol hasta 2/3 de su capacidad y colocarlos sobre la plancha de calentamiento a temperatura suave para su digestión. La digestión del doré termina cuando éste deje de burbujear.</p> <p>3. Terminada la digestión retirar los crisoles de la plancha y decantar cuidadosamente la solución de nitrato de plata con ayuda de una bagueta, evitar perder alguna partícula de oro en la solución.</p> <p>4. Lavar 3 veces cada crisol con agua destilada caliente, agitando con la ayuda de una bagueta para que el oro se asiente en el fondo, verificar que en la superficie del agua no haya partículas flotando, de ser así golpear suavemente la partícula flotante con la bagueta.</p> <p><u>Nota 1.</u>- Para el análisis de barras, se utilizarán crisoles de porcelana de 50 mililitros.</p> <p><u>Nota 2.</u>- Para el análisis de barras, realizar una digestión intermedia a temperatura suave con una solución de ácido nítrico 1:2, decantar la solución y empezar la tercera digestión de acuerdo con el paso 5 de Determinación Gravimétrica)</p>

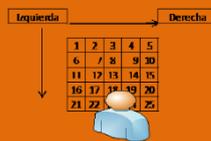
	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Añadir ácido nítrico químicamente puro a cada crisol hasta la mitad de su capacidad y colocarlos sobre la plancha de calentamiento a temperatura suave, dejar digestar, retirar y repetir el paso 3 y 4 de Determinación Gravimétrica)</li> <li>6. Colocar los crisoles sobre la plancha de calentamiento a temperatura suave para secar el remanente de agua.</li> <li>7. Utilizando la pinza retirar los crisoles del horno y dejarlos enfriar.</li> <li>8. Verificar la micro-balanza de acuerdo con el instructivo 1</li> <li>9. Tomar el crisol inclinándolo hacia el platillo y darle golpes suaves para trasladar todo el oro, pesar.</li> </ol>
	<p style="text-align: center;"><b>PREPARACION DE SOLUCIONES</b></p> <p><u>Preparación de la Solución de Ácido Nítrico 1:1.</u>- Mezclar una parte de ácido nítrico con una parte de agua destilada, homogenizar.</p> <p><u>Preparación de la Solución de Ácido Nítrico 1:2.</u>- Mezclar una parte de ácido nítrico con dos partes de agua destilada, homogenizar.</p> <p><u>Preparación de la Solución de Ácido Nítrico 1:5.</u>- Mezclar una parte de ácido nítrico con cinco partes de agua destilada, homogenizar.</p>

**RESTRICCIONES:** Todo lo que se oponga a este procedimiento, estándares y requerimientos legales.

<b>PREPARADO POR:</b> SUPERVISOR DEL AREA Y TRABAJADORES	<b>REVISADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b> GERENTE DE UNIDAD
<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b> 25 de agosto 2011	<b>SUPERINTENDENTE DEL AREA</b>	<b>JEFE DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD</b>	<b>FECHA DE APROBACION:</b>
<b>ANALISIS QUIMICO</b>			
<b>DETERMINACIÓN DE ORO Y PLATA POR ENSAYOS AL FUEGO</b>			
Área: Laboratorio Químico		Versión: 2	
Código:		Página: 1 de 3	
1. Personal: 1.1 Analista		Referencias Complementarias: <b>THE SAMPLING AND ASSAY OF THE PRECIOUS METALS – Ernest A. Smith – Volumen I y II</b>  <b>TECNICAL METHODS OF ORE ANALYSIS FOR CHEMISTS AND COLLEGES –Arthur J. Weinig</b>	
2. EPP: - Respirador para polvos y gases, lentes de seguridad, guantes y chaqueta de rayón aluminizadas, careta facial.		Competencias Necesarias: (Cursos, entrenamiento, Inducción, etc.) <b>Análisis por ensayos al fuego</b>	
3. Equipos/Materiales/Herramientas: - Hornos, Sistema de extracción de polvos y gases, Balanza, Microbalanza, Muestra, Fundente, Crisol de arcilla, Copela, Lingotera, Yunque, Martillo, Pinzas, Bandeja portafundente.		<b>Nivel de Riesgo: Bajo</b>	

<b>4. PROCEDIMIENTO</b>	
<b>Pasos:</b>	1. Leer el Cuaderno de Ocurrencias de Laboratorio, para enterarse de lo ocurrido en las guardias anteriores. 2. Evaluar Peligros – Riesgos. 3. Verificar y mantener el piso de los hornos con ceniza de hueso, inspeccionar la parte posterior de los hornos para identificar

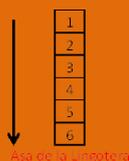
- recalentamiento en los contactos y resistencias (comunicar a la jefatura)
4. Recepcionar las muestras de cabezas y proceder a pulverizarlas de acuerdo con el instructivo 16, Pesaje de Muestras Sólidas.
  5. Verificar la balanza de acuerdo con el Instructivo 1
  6. Ubicarse en la campana extractora para abrir las bolsas con fundente y ordenarlas en la bandeja porta fundente. Trasladarla al área de balanzas.
  7. Ordenar los sobres con muestra a analizar y proceder a pesar. Mantener el siguiente orden en la bandeja porta fundente
  8. Llevar la bandeja con muestras a la campana del área de vía seca, adicionar los reactivos, cerrar la boca de la bolsa y homogenizar teniendo cuidado de no perder muestra. Expulsar suavemente el aire de la bolsa, amarrar la boca y colocarla en su respectivo crisol en el siguiente orden:



9. FUNDICIÓN.- Verificar que el horno de fundición esté a 950 °C. Usar los EPPs: respirador contra gases y polvos, guantes y casaca aluminizadas, careta de protección facial para fundición y con ayuda de la tenaza colocar los crisoles dentro del horno en el siguiente orden.



10. Fundir la muestra por un tiempo aproximado de 40 a 50 minutos.
11. Antes de vaciar la fundición, revisar las lingoteras para evitar cualquier inconveniente en el vaciado o la formación del régulo de plomo.
12. Utilizando los EPPs descritos en el paso 9, retirar el crisol respectivo, presionándolo firmemente con la tenaza y agitar suavemente con movimientos circulares la mezcla fundida.
13. Verter la mezcla fundida en el cono de la lingotera, seguir el siguiente orden:



14. COPELACION.- Eliminar la escoria de los régulos de plomo, utilizando el yunque, martillo y pinza dándole la forma de un cubo (usar lentes de seguridad para proteger la vista de las esquirlas de escoria). El régulo de plomo deberá de estar entre 25 y 35 gramos aproximadamente, si no se encuentra en este rango repetir el ensayo y comunicar a la jefatura.
15. Colocar los régulos o cubos de plomo en el porta régulos de la siguiente manera:



16. Utilizando los EPPs descritos en el paso 9, previamente calentar las copelas por aproximadamente 25 minutos a 930 °C, colocar el régulo en la copela caliente con ayuda de una pinza para copelas en el orden descrito en el paso 15.
17. El final de la copelación ocurre cuando se observa el relámpago que emite el metal (doré)
 

**Nota 1.-** Las muestras de doré para análisis de oro, previamente pesadas, deben entregarse al encargado de vía húmeda, comunicándole la procedencia, pesos, patrones y contramuestras.

**Nota 2.-** Para el ensayo de cabezas y muestras para determinación de oro utilizar crisoles nuevos, estos se reutilizarán para analizar muestras de concentrados. Seleccionar los crisoles, los desechados serán dispuestos en el contenedor para residuos peligrosos junto con las copelas usadas.
18. PESADO DE DORES.  
Verificar la micro-balanza de acuerdo con el (Instructivo 1
19. Pesaje de Muestras para Análisis de Barras Bullion.  
Cortar aproximadamente 20 gramos de lámina de plomo y formar una bolsita con ésta.
20. Pesar los dores en orden correlativo, registrando el peso en el sistema.
21. Copelar de acuerdo con el paso 14.
22. Pesar los dores en orden correlativo, registrando el peso en el sistema.
23. Dejar los dores ordenados para su verificación correspondiente.

<b>PREPARADO POR:</b> SUPERVISOR DEL AREA Y TRABAJADORES	<b>REVISADO POR:</b>	<b>REVISADO POR:</b>	<b>APROBADO POR:</b> GERENTE DE UNIDAD
<b>FECHA DE ELABORACIÓN:</b> 25 de agosto 2011	<b>SUPERINTENDENTE DEL AREA</b>	<b>JEFE DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD</b>	<b>FECHA DE APROBACION:</b>

### REGISTRO DE APROBACIÓN DEL DOCUMENTO

<b>Título:</b>	<b>DETERMINACIÓN DE ORO Y PLATA EN CONCENTRADOS NO FERROSOS</b>				
<b>Código</b>		<b>Revisión</b>	<b>09</b>	<b>Fecha (Mes/Año):</b>	<b>Diciembre 2012</b>
<b>Fecha de solicitud de cambio (Mes/Año):</b>			<b>Diciembre 2013</b>		

<b>ELABORADO POR:</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>

<b>REVISADO POR:</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>

<b>APROBADO POR:</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>

## 1) OBJETIVO

Establecer un método de ensayo para determinar plata y oro [ ] en muestras de Concentrados No Ferrosos.

## 2) PRINCIPIO DEL MÉTODO

Es un proceso físico- químico que consiste en el cambio del material a tratar por la acción del calor, porque se transfiere energía a los átomos que vibran con más rapidez a medida que se gana energía de los sólidos que se calientan.

Los metales se funden a altas temperaturas y bajo condiciones reductoras se recogen los metales preciosos en un botón de plomo metálico y los demás sólidos se cristalizan.

Luego, los metales de base presentes en el botón de plomo son sustancialmente separados de los metales preciosos mediante la oxidación fusión, finalizando al producirse un grano que comprenda una aleación de plata y oro con pequeñas cantidades de otros metales llamado doré.

Este es cuantificado por pesado y luego se separa la aleación mediante la dilución de la plata con Ácido Nítrico, la cual permite la cuantificación final por diferencia.

## 3) EQUIPOS Y MATERIALES

- 3.1 Balanza analítica, precisión 0,01 g
- 3.2 Ultra-Microbalanza, precisión de 0,1 g
- 3.3 Horno a petróleo y/o gas natural con control digital de temperatura, temperatura máxima 1100°C
- 3.4 Horno eléctrico, con control digital de temperatura, temperatura máxima 1100°C
- 3.5 Plancha eléctrica con control digital de temperatura, temperatura máxima 350°C
- 3.6 Mechero Bunsen
- 3.7 Equipo de Espectroscopia de Absorción Atómica
- 3.8 Mesas de trabajo
- 3.9 Espátula de acero inoxidable
- 3.10 Cargador, tenaza y pinza de fierro para crisoles, copelas y botones de plomo
- 3.11 Alicates de punta curva
- 3.12 Pinzas y/o Tenaza de 30 cm de acero inoxidable
- 3.13 Pinza quirúrgica
- 3.14 Lingoteras cónicas de capacidad 125 mL

- 3.15 Yunque
- 3.16 Martillo de 0,906 Kg (2 Lb)
- 3.17 Plancha porta doré (oro/plata)
- 3.18 Rack porta crisoles
- 3.19 Anaqueles porta racks
- 3.20 Porta crisoles de porcelana
- 3.21 [ ] Marcador de copelar o punzón de fierro
- 3.22 Cepillo dental de cerdas gruesas
- 3.23 Bolsas de polipropileno de 7 cm x 10 cm x 1,5 cm
- 3.24 Guantes Aluminizados
- 3.25 Guantes de cuero
- 3.26 Máscaras de protección facial.
- 3.27 Máscaras para gases
- 3.28 Crisoles refractarios de 40 g y/o 50 g
- 3.29 Copelas N° 6, N° 9 y N° 11
- 3.30 Crisoles de porcelana de 30 mL
- 3.31 Lentes protectores
- 3.32 Tubos de ensayo
- 3.33 Dispensadores
- 3.34 Piceta

#### 4. REACTIVOS QUÍMICOS

##### 4.1 Mezcla fundente (FLUX)

Composición	Cantidad	%
Litargirio	47 Kg	62,67
Carbonato de sodio	20 Kg	26,67
Sílice	6 Kg	8,00
Bórax	2 Kg	2.66

- 4.2 Plomo electrolítico (plata < 2,5 ppm)
- 4.3 Carbonato de sodio p.a.
- 4.4 Tetraborato de Sodio (Bórax)
- 4.5 Sílice
- 4.6 Harina trigo de uso común
- 4.7 Nitrato de potasio grado técnico
- 4.8 Ácido Nítrico concentrado (p.a)
- 4.9 Hidróxido de amonio concentrado (p.a.)
- 4.10 Ceniza de hueso
- 4.11 Ácido clorhídrico concentrado (p.a.)
- 4.12 Plata metálica pureza mínima 99,99%

## 5. PROCEDIMIENTO

### 5.1 PESADO

5.1.1 Pesar entre 10 g y 30 g de muestra aproximadamente en una bolsa de plástico previamente tarada, según la calidad de muestra\*; agregar nitrato de potasio si la muestra es un sulfuro; y/o harina según lo que se espera obtener. **(ver Tabla N° 1, pag 18)** En casos, donde los contenidos de plata sean altos, se pesa 10 g o 5 g de muestra aproximadamente.

**\*Nota 1:** Calidad de muestra: se refiere al tipo de concentrados (plomo o zinc)

**Tabla N° 1**  
**Cantidad de Nitrato de potasio y Harina**

CALIDAD DE MUESTRA	REACTIVO	PESO (g)
Concentrado de cobre, plomo, zinc	Nitrato de plomo	1 – 21
Concentrado de cobre, plomo, zinc	Harina	1 – 4

5.1.2 Colocar la bolsa en sus respectivos crisoles y pasar a la fundición.

### 5.2 FUNDICIÓN

5.2.1 Agregar 160 g de mezcla fundente.

5.2.2 Homogenizar la mezcla agitando la bolsa cuidando que no salte el contenido.

5.2.3 Agregarde10 g a 20 g de Bórax aproximadamente.

5.2.4 Llevar los crisoles al horno utilizando la tenaza de fierro para crisoles a una temperatura de aproximadamente 850°C por un período de 20 minutos aproximadamente, luego subir la temperatura gradualmente hasta aproximadamente 1 050°C el tiempo total de fundición no debe exceder de una hora. En algunos casos en que la muestra presente problemas de fusión, el proceso de fundición puede extenderse a 1,50 horas aproximadamente (concentrado de zinc). Tener en cuenta que, para la descarga, subir la temperatura a 1 100°C aproximadamente, con el fin de evitar el enfriamiento durante la operación de descarga.

5.2.5 Retirar el crisol del horno realizando un movimiento circular para una mejor aglomeración de plomo y golpear sobre una

superficie dura.

- 5.2.6 Verter el contenido del crisol en la lingotera enumerada previamente limpia y completamente seca.
- 5.2.7 Dejar enfriar aproximadamente 15 min, retirar la masa de la lingotera, golpeando con un martillo para liberar el botón de plomo.
- 5.2.8 Limpiar el botón de plomo (escorias de fundición) con un martillo dándole la forma de un cubo y numerar cada uno de ellos.
- 5.2.9 Si el peso del botón no está dentro del rango de 25 g a 60 g, se repite el ensayo.
- 5.2.10 Previamente verificar el aspecto físico del botón (Por ejemplo, brillo metálico, si es compacto o maleable) antes de realizar el re análisis considerando la dosificación inicial.

### 5.3 COPELACIÓN

- 5.3.1 Poner las copelas enumeradas previamente en el horno por un tiempo de 20 min a temperatura aproximadamente de 950°C. Se utiliza copela N ° 9 para régulos que pesan entre 25 g y 50 g y copelas N° 11 para régulos que pesan entre 50 g y 60 g
- 5.3.2 Colocar en la copela el cubo de plomo cerrando la puerta, y cuando el botón de plomo se haya fundido, entreabrirla para que entre una corriente de aire y así oxidar el plomo.
- 5.3.3 Para determinar el factor de ajuste de la plata (Ag), en la etapa de copelación se incorporan los títulos de plata metálica. El peso del régulo de plomo es aproximadamente al peso promedio de los régulos obtenidos de la muestra ensayada.
- 5.3.4 Para cada análisis de muestras se coloca dicho título de plata conocido. La copelación dura aproximadamente 45 minutos. El punto final es notorio, sucede cuando aparece el relampagueo de plata; proceder a retirar la copela del horno y dejar enfriar.
- 5.3.5 Extraer los dorés (oro/plata), limpiando la base con un cepillo dental de cerda gruesa.
- 5.3.6 Para el caso que tan solo se pida en el análisis determinación de oro, siempre y cuando el tamaño del régulo sea el adecuado, se utiliza copelas N ° 6 (régulos que pesan entre 30 g y 50 g)

### 5.4 DETERMINACION DE PLATA Y ORO (PESADO Y PARTICIÓN)

Según la necesidad del análisis se puede seguir de manera lineal los pasos descritos (para la determinación de plata), en caso solo se solicite análisis de oro, se procederá a partir del punto 5.4.2.

- 5.4.1 Pesar el botón para obtener el peso relacionado al contenido de plata y oro ( $P_1 + P_2$ ) y registrar el peso, en el CCLAS seleccionar el esquema de trabajo y el analito Ag – Au
- 5.4.2 Colocar el doré en un crisol de porcelana y agregar Ácido Nítrico al 15% hasta las dos terceras partes del crisol. El crisol se coloca en la plancha a 150°C aproximadamente, por espacio de 20 minutos o hasta que cese la reacción. Decantar con ayuda de una bagueta.
- 5.4.3 Agregar ácido nítrico al 50% hasta la mitad del crisol colocar en la plancha a 150°C aproximadamente por espacio de 25 minutos, finalizar agregando 3 a 10 gotas de ácido nítrico concentrado.
- 5.4.4 Decantar y lavar con agua desionizada; volver a decantar y lavar con agua desionizada, decantar y agregar de 3 a 10 gotas de Hidróxido de Amonio concentrado, lavar con agua desionizada y decantar.
- 5.4.5 Secar el crisol en la plancha por 5 minutos, luego colocar sobre el mechero Bunsen para calcinar.
- 5.4.6 Enfriar y pesar el botón de oro en la ultramicrobalanza. Registrar el peso en el CCLAS seleccionar el esquema de trabajo y el analito W – AU
- 5.4.7 Si el contenido de oro es igual o superior a aproximadamente 2.5 veces la plata, se debe realizar el encuarte, para tales efectos se agrega 4 veces el peso del botón de oro, se procede a envolver en una lámina de entre 5 g y 10 g de plomo electrolítico, y luego a copelar. Repetir los pasos desde 5.4.2

## 6 ANÁLISIS DE Au < 2 g/TM

- 6.1 Cuando los valores de Au son menores a 2 g/TM se procede a analizar por espectroscopia de absorción atómica (AAS). Primero se inserta los analitos para AAS y repetir el análisis desde el paso 5.1 hasta el paso 5.2.9 y luego el 5.3.6
- 6.2 Colocar los dorés en tubos de ensayo, agregar 0,8 ml de ácido nítrico al 20% luego, colocar en la plancha a 90°C aproximadamente; cuando se halla disuelto la plata (después de 20 a 30 min.) se retira de la plancha, y se agrega 2,4 ml de ácido clorhídrico concentrado, se coloca nuevamente a la plancha.
- 6.3 Terminado de liberar los vapores nitrosos (entre 30 y 50 min.) retirar los tubos de la plancha y dejar enfriar a temperatura ambiente. Agregar 6,8 mL de agua desionizada, llevando la solución a un volumen final de 10 mL aproximadamente, agitar bien, dejar precipitar el cloruro de plata y enviar a lectura por AAS, las cuales se registran en el analito Au\_L

## 7. CÁLCULOS Y EXPRESIÓN DE RESULTADOS

$$Ag \left( \frac{S}{a} \right) = \frac{\{(P_1 + P_2) - P_1 - Bk\} \times 1\,000}{P}$$

$$Ag \left( \frac{C}{a} \right) = \left[ Ag \left( \frac{S}{a} \right) \times F \right]$$

$$Au = \frac{[P_1 \times 1\,000]}{P}$$

Donde:

- Au** : Contenido de oro en gramos por tonelada métrica
- Ag** : Contenido de plata en gramos por tonelada métrica
- P<sub>1</sub>** ; Peso en miligramos del botón de oro
- P** : Peso en gramos de la muestra
- (P<sub>1</sub> + P<sub>2</sub>)** : Peso en miligramos del botón de oro y plata
- Bk** : Blanco (flux)
- F** : Título de plata (factor plata) viene a ser el peso del título antes de la copelación entre el peso final del título después de la copelación

**Nota 1** .- Para convertir gramos por tonelada métrica a onzas por tonelada corta, se multiplica por 0,0291667

**Nota 2**.- Sólo en casos que el cliente solicite que el resultado de análisis de Ag sea reportado sin ajuste, el laboratorio procederá a reportarlo como tal y se deberá indicar esta condición de los resultados en el informe de ensayo. De lo contrario se deberá reportar el resultado de Plata con ajuste sin indicaciones adicionales, es decir no es necesario indicar que el resultado es con ajuste.

## 8. REPORTE DE RESULTADOS

En la evaluación de los resultados se debe tener en cuenta la precisión y veracidad, para tales efectos considerar las ecuaciones establecidas en la validación del método.

Durante la evaluación considerar el documento relacionado EF-DR-08

## **9. BIBLIOGRAFÍA**

- 9.1** NTP 122.014:1974. Minerales No Ferrosos. Método para determinar el contenido de oro y plata.
- 9.2** JIS M 8111:1998. Methods for determination of gold and silver in ores.
- 9.3** Standard Methods of Chemical Analysis, N.H. Furman. Sexta edición. Volumen I. 1965. pp. 491-496.
- 9.4** ASTM E 400-97. Standard Test Method for Analysis of Ores, Minerals, and Rocks by the Fire Assay Preconcentration Optical Emission Spectroscopy.
- 9.5** ISO 10378 Second Edition 2005. Copper, lead and Zinc sulfide concentrates – Determination of gold and silver - Fire assay gravimetric and flame atomic absorption spectrometric method.
- 9.6** The sampling and assay of the precious metals second metals precious metals second edition – ERNEST A. Smith. Second Edition 2003
- 9.7** EF-DR-08 Evaluación de precisión en los análisis de oro y plata en muestras de concentrados

## ANÁLISIS DE ORO Y PLATA EN MUESTRAS SDE CARBÓN ACTIVADO

### 1. Objetivo

Aplicar el procedimiento analítico para determinar Oro y Plata en carbón activado,

### 2. Límite de Aplicación

Este método es aplicable para la determinación de Oro y Plata en muestras de carbón activado.

### 3. Principio

El método consiste en la propiedad que tiene el plomo de coleccionar metales nobles como: Ag, Au, y metales del grupo del Pt, etc. al ser reducido parte del PbO, componente de la mezcla fundente, formando un botón del mismo es conocido como régulo, y el resto pasa a oxidar las impurezas metálicas y formar plumbatos con los óxidos metálicos. Los otros componentes de la mezcla fundente escorifican el material no valioso: el bórax disuelve la gran mayoría de óxidos metálicos y cantidades de sílice de la muestra, el carbonato de sodio actúa sobre la sílice de la muestra formando silicatos de sodio y la sílice actúa como escorificador del fierro formando el silicato correspondiente. El plomo del régulo formado es separado de la parte valiosa al ser oxidado y absorbido hasta en 90% junto con algunas impurezas metálicas por una copela de magnesita, y el resto es volatilizado como PbO o en forma de Pb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, en el proceso de copelación, obteniéndose un botón no oxidable formado por metales nobles conocido como doré.

La separación de estos metales se realiza en crisoles de porcelana mediante el ataque de ácidos, como el ácido nítrico formando AgNO<sub>3</sub> y el ácido sulfúrico formando Ag<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ambos en solución, quedando el oro metálico decantado en la misma, el cual es lavado con agua y solución amoniacal, secado y calcinado. También se puede digerir el doré con ácido nítrico en tubos de ensayo quedando el oro metálico decantado en la solución de AgNO<sub>3</sub>, adicionando HCl para formar solución de agua regia con el exceso de ácido nítrico, formándose iones [AuCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup>, para su cuantificación mediante espectrofotometría de absorción atómica.

### 4. Reactivos

Durante el análisis, usar sólo reactivos de reconocido grado analítico. Agua desionizada debe ser usada en todo momento.

- 4.1. Ácido Nítrico (G.E. 1,40)  
(Nota: Corrosivo, usar guantes, respiradores y gafas, usar solo en campana de extracción)
- 4.2. Ácido Nítrico (15% v/v)  
Tomar 15 mL de ácido nítrico y llevar a 100 mL con agua.
- 4.3. Ácido Clorhídrico (G.E. 1,19)  
(Nota: Corrosivo, usar guantes y gafas, usar solo en campana de extracción)
- 4.4. Hidróxido de Amonio, (G.E. 0.91)  
(Nota: Contaminante usar respiradores, guantes y gafas)
- 4.5. Hidróxido de Amonio, (1:3)  
Tomar 100 mL de hidróxido de amonio y mezclar con 300 mL de agua.
- 4.6. Bórax
- 4.7. Ceniza de hueso
- 4.8. Plomo laminado para análisis (ver especificaciones en Anexo N° 1)
- 4.9. Plata metálica
- 4.10. Fundente para concentrados ya preparado.  
Ver composición en Anexo N° 1  
(Nota: Contaminante usar respiradores, guantes y gafas)
- 4.11. Nitrato de Potasio Grado Técnico ( $\text{KNO}_3$ )
- 4.12. Harina
- 4.13. Papel parafilm

## 5. Equipos y Materiales

- 5.1. Pinza de fundición
- 5.2. Pinza de copelación
- 5.3. Guante de cuero con cubierta aluminizada
- 5.4. Chaleco de cuero con cubierta aluminizada
- 5.5. Protector facial
- 5.6. Respirador para humos metálicos
- 5.7. Lingotera de fierro
- 5.8. Mesa metálica
- 5.9. Comba de 6 Lb
- 5.10. Yunque
- 5.11. Copelas de magnesita # 9
- 5.12. Crisoles refractarios de 40 g
- 5.13. Horno de fundición (Ver Instrucción Operativa ILM – 0011)
- 5.14. Horno de copelación (Ver Instrucción Operativa ILM – 013)
- 5.15. Balanza de precisión sensibilidad 1 mg (Ver instrucción Operativa ILM – 010)

- 5.16. Microbalanza sensibilidad 1 ug (Ver Instrucción Operativa ILM -)
- 5.17. Portadoré
- 5.18. Alicata pico de loro
- 5.19. Pincel de cerda dura
- 5.20. Pincel de pelo de camello
- 5.21. Crisoles de porcelana 15 y/o 20 MI

## 6. Procedimiento

- 6.1 Elaborar la hoja de trabajo de acuerdo con lo solicitado en la Instrucción de Análisis usar para ello el Formato FLM – 011  
Las muestras deben ser lo suficientemente finas (malla – 100). Cualquier partícula más grande debe ser pulverizada hasta el correcto tamaño de malla.
- 6.2 Pesado  
Pesar de 5 g – 10 g de muestra por analizar en una luna de reloj previamente tarada y pasar a un crisol codificado, según indica en la Hoja de Trabajo (FLM – 011); también se puede pesar en un escorificador previamente tarado y codificado.
- 6.3 Calcinación  
Llevar a calcar la muestra ya sea en el crisol o escorificador a una temperatura entre 400°C – 450°C por aproximadamente 1 – 1,5 horas (observar que desaparezca la llama), luego elevar la temperatura entre 700°C – 800°C por aproximadamente por 3 – 4 horas, (observar que la muestra tome un color marrón y sea homogéneo)

## 6.4 Fundición

- 6.4.1 Adicionar a la muestra calcinada, aproximadamente 150 g - 180 g de fundente (la composición de la mezcla fundente se muestra en el anexo N° 1), y aproximadamente 1 g – 2 g harina, homogenizar cuidando que no haya pérdidas y luego colocar en el crisol que le corresponde
- 6.4.2 Cubrir la muestra con una capa de bórax.
- 6.4.3 Cargar los crisoles al horno en forma descendente y de derecha a izquierda y disponerlos en el horno de acuerdo con el esquema del anexo N° 3.
- 6.4.4 La temperatura inicial de fundición estará entre 700°C a 800°C de acuerdo con el comportamiento de las muestras y de ser necesario dejar la puerta parcialmente abierta. El extractor debe estar encendido para evacuar los gases de combustión.
- 6.4.5 Luego de observar la evacuación de los gases de combustión y el cese del burbujeo que puede ser entre 10 a 40 min. °C. elevar la temperatura a 1040°C – 1 070°C y cerrar la puerta del horno. Siendo

esta la temperatura final de fundición, descargar después de 10 min. a 15 min.

- 6.4.6** Proceder a descargar con mucho cuidado dando movimientos circulares y golpeando la base del crisol sobre la mesa metálica, para una mejor aglomeración de plomo; verter el contenido del crisol teniendo la certeza de que la escoria y el plomo caigan exactamente en el centro de la cavidad de la lingotera, previamente limpia y seca.
- 6.4.7** Dejar enfriar y separar el régulo de plomo de la escoria, golpearlo con la comba sobre el yunque dándole la forma de un cubo para limpiarlo de la escoria, en el caso de régulos limpios solo aplanar la punta del régulo para facilidad la manipulación en el momento de la copelación. Codificar cada uno de los régulos, según la hoja de trabajo (FLM – 011)
- 6.4.8** El peso promedio del botón de plomo será de 30 g - 60 g. de lo contrario se volverá a fundir la muestra.  
**Nota** : Recuperación de escoria, se puede realizar este paso adicional para el caso de aquellas muestras con altos contenido de plata y oro, al notarse que no todo el plomo ha sido descargado de los crisoles, luego del proceso de fundición. Para esto, devolver la escoria al crisol original, agregarle 1 g de harina y continuar con los pasos desde
- 6.4.9** Es necesario recuperar también el blanco. Realizar las correcciones del caso para efectos de cálculo. Para ello al peso del doré se le suma el peso del doré obtenido en la recuperación de escorias, previamente restado del blanco de la recuperación, y se procede luego a los cálculos como se realiza normalmente.

## 6.5 Copelación

- 6.5.1** Cargar las copelas codificadas para su calentamiento por un espacio de 25 min. Previamente codificadas según hoja de trabajo a una temperatura de 980°C a 1 000°C. Indicar en un croquis la disposición de las copelas al interior del horno, según Anexo N° 4.
- 6.5.2** Se colocará un título (peso de plata conocida, que será aproximado al peso esperado del doré que se está analizando). De acuerdo con la Tabla N° 1
- 6.5.3** Los títulos se ubican entre duplicados de muestra ensayada, de manera que un título pueda controlar las muestras circundantes a él, este puede ir en al menos uno por cada fila e irá envuelto en plomo laminado en peso similar al peso del régulo obtenido de. Se puede observar un modelo de disposición de copelas en el Anexo N° 4.
- 6.5.4** Cargar los régulos fila por fila, cerrar la puerta hasta que los régulos se fundan, luego dejar la puerta del horno entreabierta para permitir el ingreso de corrientes de aire y facilitar el proceso de oxidación del

plomo, evitar en todo momento que la temperatura del horno disminuya.

**Tabla Nº 1**  
**Pesos de títulos referidos a la ley esperada de Ag**

Material	Ensayo a 10 g		Ensayo a 5 g	
	Ag en g/tm	Peso Título en mg	Ag en g/tm	Peso Título en mg
Carbón activado	800 – 1 800	10 – 20	800 – 1 800	5 – 10
	1 800 – 3 000	18 – 35	1 800 – 3 000	10 – 20
	3 000 – 6 000	25 – 65	3 000 – 6 000	20 – 40
	4 000 – 6 500	40 – 70	150 000 – 250 000	100 – 150
	6 000 – 10 000	60 – 110	250 000 – 350 000	140 – 180
	100 000 – 150 000	90 – 150	350 000 – 450 000	180 – 250
	150 000 – 200 000	140 – 220		

**6.5.5** La copelación puede durar entre 30 a 50 min. Esto de acuerdo con el tamaño del régulo cargado (rate aprox. = 1 g de plomo del régulo/min.), y se lleva a cabo de 930°C ± 20°C el punto final de la copelación es cuando se observa un relámpago de plata, luego de ello dar un tiempo entre 15 seg – 20 seg para evitar que queden restos de plomo en el doré y retirar la copela del horno.

**6.5.6** Limpiar el doré obtenido usar para ello el alicate pico de loro, el pincel de cerda dura y las pinzas de doré, luego pesar en microbalanza (ver instrucción operativa ILM–) y registrar el peso en la hoja de trabajo.

## 6.6 Partición

**6.6.1** Anotar en la hoja de trabajo el número de crisol de porcelana

**6.6.2** Colocar los dorés en crisoles de porcelana de 15 mL o 20 mL de capacidad. (Previamente a la partición las muestras deben estar lo suficientemente laminadas en los casos que los contenidos de Au sean superiores al 0,2%)

**6.6.3** Agregar ácido nítrico al 15% hasta las aproximadamente un 80% de su capacidad y llevarlo a la plancha de ataque a temperatura moderada.

**6.6.4** Una vez terminada la reacción (cese de burbujeo) elevar la temperatura 150°C a 200°C y agregarle 20 gotas aprox. de ácido nítrico concentrado, dejar atacando por un espacio de 30 – 45 min.

- 6.6.5** Retirar los crisoles, dejar enfriar y proceder a lavar el oro, decantando la solución de nitrato de plata, lavar dos veces con agua desionizada y una tercera con hidróxido de amonio (1:3)
- 6.6.6** Dejar secar en la plancha y calcinarlos en mechero o el horno aproximadamente por 10 seg a 15 seg
- 6.6.7** Proceder a pesar el oro y registrarlo en las hojas de trabajo (FLM – 011)
- 6.6.8** Cuando los resultados de oro del paso 6.6.7 son menores al límite de cuantificación que es de 0,008 mg se procede a reensayar la muestra para realizar la digestión para lectura por Absorción Atómica en el punto 6.7.
- 6.6.9** En los casos en los que la relación Ag: Au no sea de 3:1 o mayor, se procederá a realizar el encuarte, el cual consiste en agregar plata metálica al doré y envolverlo en aproximadamente 10 g de plomo laminado para luego copelar de acuerdo con los pasos 6.5.1 y 6.5.4 a 6.5.6. para encuartar se usan las copelas # 7.
- 6.6.10** Continuar con los pasos 6.6.1 a 6.6.6.
- 6.6.11** Cuando se tengan leyes de Au  $\leq 0,8$  g/Tm proceder de acuerdo con el punto 6.7.

## **6.7** Partición para lectura por Espectrofotometría de Absorción Atómica

- 6.7.1** Colocar los dores en tubos de prueba de 5 mL o 10 mL. de capacidad debidamente codificados según sea el caso, en una gradilla metálica.
- 6.7.2** Agregar 1 mL de HNO<sub>3</sub> 15 %. Llevar a la plancha de ataque 100 a 150°C
- 6.7.3** Una vez terminada la reacción de ataque del doré, la cual se nota con el cese del burbujeo, eliminación de gases nitrosos y se pueda observar la esponja de Au. Retirar de la plancha dejar enfriar y agregar 1,5 mL o 2.5 mL de HCl concentrado según sea el caso para tener el Au en medio de 25% de HCl. Dejar atacando hasta que el Au sea totalmente disgregado y se eliminen los gases nitrosos, se observará esto cuando la solución cambie a un color amarillo claro. Tener cuidado con los rebaleses y/o salpicaduras ocasionas por la sedimentación del cloruro de plata formado en el fondo del tubo.
- 6.7.4** Enfriar, enrasar con agua desionizada hasta el volumen indicado de 5 mL 10 mL
- 6.7.5** Tapar con papel Parafilm, agitar y llevar a lectura por Absorción Atómica. Usar el Formato FLM – 001 para indicar especificaciones de las muestras enviadas.

## 7. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

### 7.1 Cálculos

$$7.1.1 \quad Au_{(g/Tm)} = Au_{(ppm)} = \frac{W_{Au(mg)}}{W_{muestra(g)}} \times 1\,000$$

$$7.1.2 \quad Au_{(oz/tc)} = \frac{W_{Au(mg)}}{W_{muestra(g)}} \times 29,1667$$

$$7.1.3 \quad Ag_{g/Tm(S/A)} = Ag_{ppm(S/A)} = \frac{(W_{doré} - W_{Au} - W_{BK})_{(mg)}}{W_{muestra(g)}} \times 1\,000$$

$$7.1.4 \quad Ag_{oz/tc(S/A)} = \frac{(W_{doré} - W_{Au} - W_{BK})_{(mg)}}{W_{muestra(g)}} \times 29,1667$$

$$7.1.5 \quad Ag_{g/Tm(C/A)} = Ag_{ppm(C/A)} = f_{aj} * \frac{(W_{doré} - W_{Au} - W_{BK})_{(mg)}}{W_{muestra(g)}} \times 1\,000$$

$$7.1.6 \quad Ag_{oz/tc(S/A)} = f_{aj} * \frac{(W_{doré} - W_{Au} - W_{BK})_{(mg)}}{W_{muestra(g)}} \times 29,1667$$

$$7.1.7 \quad f_{aj} = \frac{W_{o(título)}}{W_{f(título)} - W_{BK(PlomoLaminado)}}$$

Donde :

<b>W<sub>doré</sub>(mg )</b>	:	Peso de doré en mg
<b>W<sub>Au</sub>(mg )</b>	:	Peso de oro en mg
<b>W<sub>BK</sub> (mg )</b>	:	Peso del blanco de la mezcla fundente en mg
<b>W<sub>muestra</sub>(mg )</b>	:	Peso de la muestra ensayada en g
<b>W<sub>f</sub> (título)</b>	:	Peso final de título en mg
<b>W<sub>o</sub>(título)</b>	:	Peso Inicial de título en mg
<b>W<sub>BK</sub> ( PlomoLaminado)</b>	:	Peso del blanco del plomo laminado
<b>f<sub>aj</sub></b>	:	Factor de ajuste
$\frac{Ag_g}{Tm \left(\frac{S}{A}\right)}$	:	Ley de plata en g/tm sin ajuste
$\frac{Ag_{oztc}}{Tm \left(\frac{S}{A}\right)}$	:	Ley de plata en Oz/Tc sin ajuste
$\frac{Ag_g}{Tm \left(\frac{C}{A}\right)}$	:	Ley de plata en g/tm sin ajuste
$\frac{Ag_{oz}}{Tc \left(\frac{C}{A}\right)}$	:	Ley de plata en Oz/Tc con ajuste
$\frac{Au_g}{Tm}$	:	Ley de oro en g/Tm
$\frac{Au_{oz}}{tc}$	:	Ley de oro en Oz/Tc

## 7.2 Control de Resultados

**7.2.1** Efectuar los ensayos en paralelo con un patrón sintético y/o haber una muestra anterior de la misma calidad y ley conocida, por cada 5 muestras bajo las mismas condiciones de operación que las muestras en análisis, con el fin de verificar la exactitud del ensayo.

**7.2.2** Realizar paralelamente un ensayo en blanco por plata y oro (la última muestra de cada batch), cuyo resultado se descontará al efectuarse los cálculos.

## **Control de Ensayo**

Los ensayos se efectuarán de la siguiente forma:

- Lote : Análisis por Duplicado
- Dirimencia : Análisis por Triplicado

## **8. Reporte de Resultados**

**8.1 Hoja de Reporte.**- Las hojas de reporte deben incluir:

- a) Código del Método usado
- b) Código de Instrucción de Análisis y de Muestras
- c) Responsable de emisión del reporte
- d) Firma
- e) Fecha de reporte
- f) Unidades/elemento que está siendo reportado
- g) Proceso de análisis incluidas correcciones
- h) Concentración del patrón interno incluyendo niveles de tolerancia

## ANEXO N° 1

### A. Especificaciones en Composición de la Mezcla Fundente

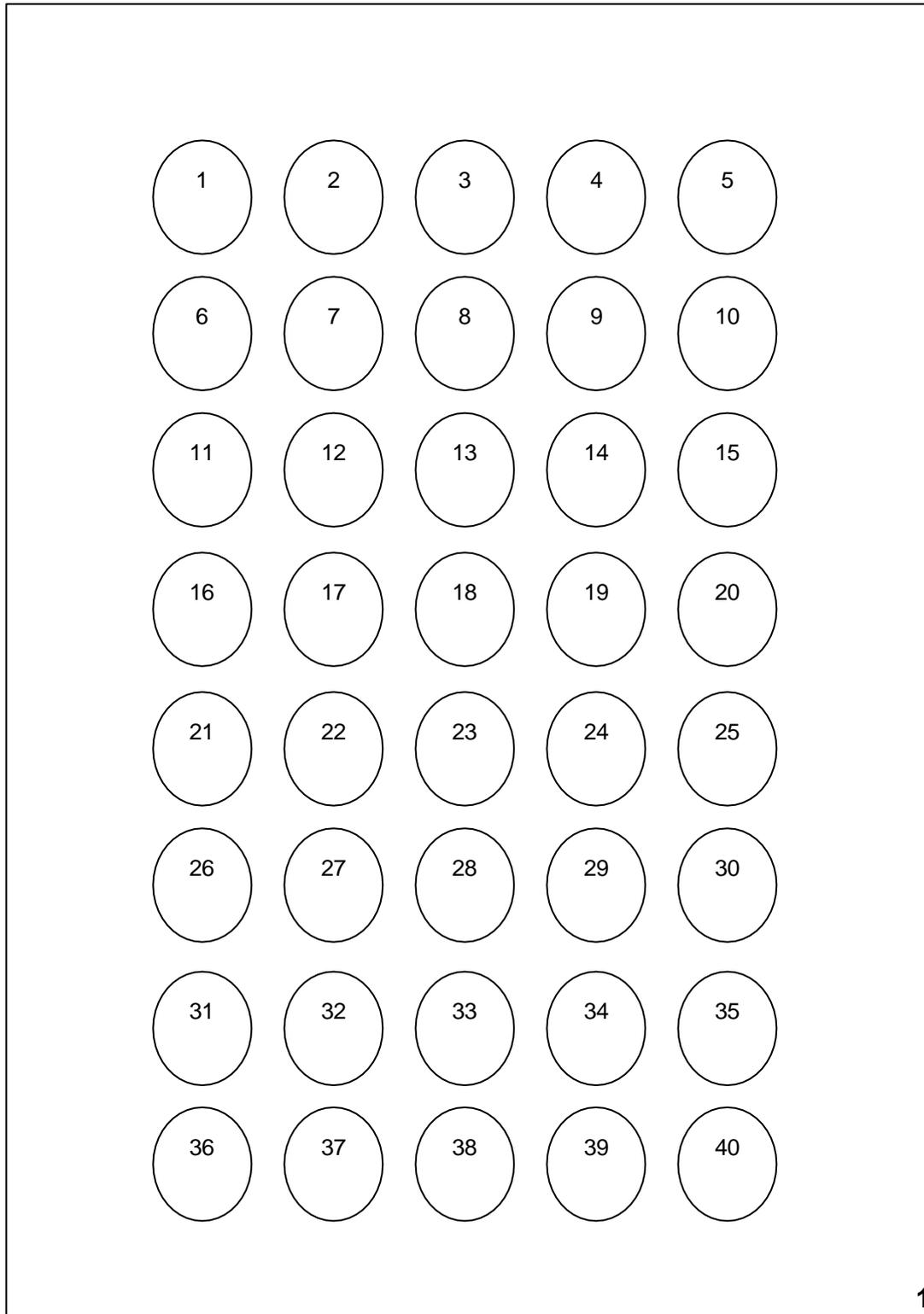
<b>FUNCCRISAC</b> Fúndente Córteles Crisoles S.A.C.																									
Carta No 20021	Lima, 17 de Setiembre del 2002.																								
Señores: INSPECTORATE GRIFFITH PERU S.A.C																									
Atención: Ing. Gladys Chamorro Asunto : Composición de fúndente																									
Adjunto a la presente,																									
<table border="1"><thead><tr><th colspan="2">FÚNDENTE CONCENTRADO</th><th colspan="2">FÚNDENTE GEOQUIMICO</th></tr></thead><tbody><tr><td>Litgerio</td><td>67%</td><td></td><td>54.5%</td></tr><tr><td>Carbonato</td><td>23%</td><td></td><td>25.5%</td></tr><tr><td>Bórax</td><td>3%</td><td></td><td>15%</td></tr><tr><td>Sílice</td><td>7%</td><td></td><td>5%</td></tr><tr><td>Nitrato de plata</td><td></td><td></td><td>25 gramos sobre 50 kilos</td></tr></tbody></table>	FÚNDENTE CONCENTRADO		FÚNDENTE GEOQUIMICO		Litgerio	67%		54.5%	Carbonato	23%		25.5%	Bórax	3%		15%	Sílice	7%		5%	Nitrato de plata			25 gramos sobre 50 kilos	
FÚNDENTE CONCENTRADO		FÚNDENTE GEOQUIMICO																							
Litgerio	67%		54.5%																						
Carbonato	23%		25.5%																						
Bórax	3%		15%																						
Sílice	7%		5%																						
Nitrato de plata			25 gramos sobre 50 kilos																						
Sin otro particular saludo a Ud.																									
Atentamente,																									
 ----- JALMER HUAMAN																									
Av. San Martín Mz F1 Lte. 3 Puente Piedra	Telefax: 550-1688																								

## B. Especificaciones Plomo Laminado para Análisis

G.E.	11,34 g/cm <sup>3</sup>
Cage	0,30
M	207,21
Pb	99,997 %
Sb	0,0002 %
As + Sn + Fe + Zn	0,0006 %
Bi	0,0012 %
Cu	0,0002 %
Ag	0,0001 %

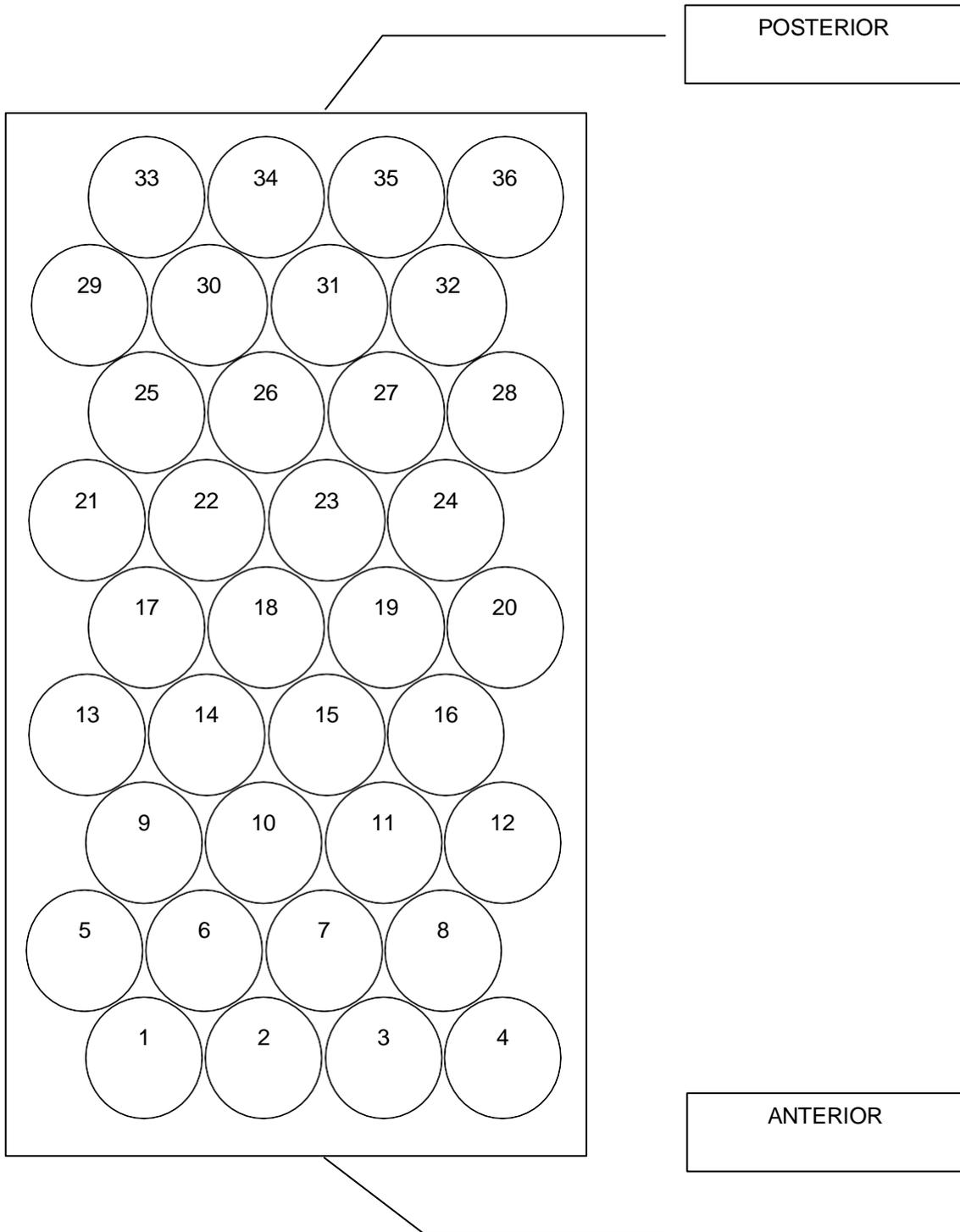
**ANEXO N° 2**

**ESQUEMA DE DISPOSICION DE CRISOLES PREVIO A SER CARGADOS  
AL HORNO**



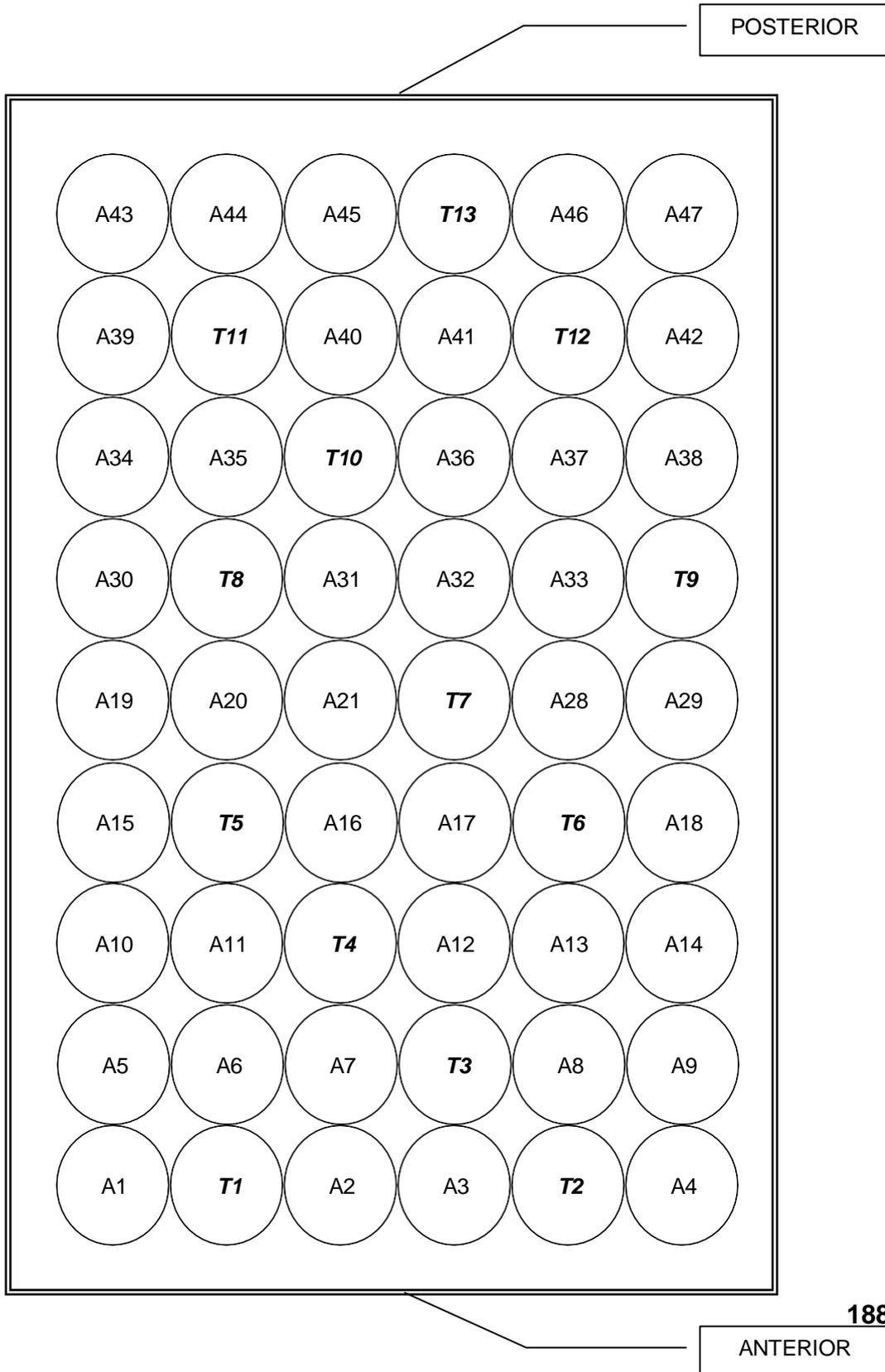
### ANEXO N° 3

#### DISPOSICION DE LOS CRISOLES EN EL HORNO DE FUNDICIÓN



## ANEXO N° 4

### DISPOSICIÓN DE COPELAS EN HORNO DE COPELACIÓN



## PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE ORO

### 1) Dosificación de las muestras:

Cabeza	3KNO <sub>3</sub>
RVE	1,5 harina
Cu	19 KNO <sub>3</sub>
Pb	9 KNO <sub>3</sub>
Zn	19 KNO <sub>3</sub>

- 2) Para cabeza y relave se deberá pesar una muestra de 30 g y para los concentrados se pesará una muestra de 15 g
- 3) En la bolsa de polietileno agregar la muestra con su respectiva dosificación y además agregar el fundente (flux) 180 g toda esta muestra homogenizar bien dentro de la bolsa de polietileno, luego poner dentro del crisol refractario (cabeza y relave en crisol de 40 g y concentrados en crisol de 30 g), luego agregar como capa ½ cucharada de bórax.
- 4) Fundición se deberá realizar a una temperatura de 1 040°C por un tiempo de 45 minutos a una hora para eliminar algunos interferentes, luego de esto hacer la colada en una lingotera de hierro donde se deberá separar el regulo de plomo de la escoria.
- 5) Copelación las copelas deberán estar previamente calentadas por un tiempo de 10 minutos a 960°C, luego de este tiempo se colocará los regulo previamente chancado en forma de cubo, la copelación se dará por finalizado cuando se vea el punto de destello en este momento se procederá a retirar las copelas de la cámara del horno se sacará enfriándole poco a poco para evitar que erosione el botón (dore)
- 6) Limpieza el dore que se ha obtenido se debe proceder a limpiar para evitar residuos de la copela que pueda quedar adheridos al dore (realizar este paso para concentrados)
- 7) Digestación; previamente codificar los tubos de ensayo para proceder a introducir los dores en los tubos, agregar 0,5 mL de ácido nítrico al 20% a una temperatura de 205°C hasta que termine la reacción desaparezca el botón; luego agregar ácido clorhídrico (CC) a una temperatura de 350°C por un tiempo de 30 minutos (hasta que cambie la coloración a casi clara); aforar a 5 mL y tapar con parafina.
- 8) Absorción en esta etapa se procederá a dar a lectura en Au el ensayo realizado en ppm (mg/Lt)
- 9) Fórmulas para calcular:

$$Ag \left( \frac{g}{Tm} \right) = \frac{(W_{Dore} - W_{Au} - W_{Bk})}{W_{muestra}} \times 1\,000 \quad Au \left( \frac{g}{Tm} \right) = \frac{W_{Au}}{W_{muestra}} \times 1\,000$$

$$Ag \left( \frac{Oz}{Tc} \right) = \frac{(W_{Dore} - W_{Au} - W_{Bk})}{W_{muestra}} \times 29,1667 \quad Au \left( \frac{Oz}{Tc} \right) = \frac{W_{Au}}{W_{muestra}} \times 2\,901,667$$

Observaciones:

Dilución 50x

50x : 100 mL (volumen de la fiola)

x : 2 mL (alícuota de concentrado de Cu y Pb)

Medio (30% HCl) : 30% x 100 mL de HCl  
: 30 mL HCl ; Aforar a 100 mL

Nº Orden	peso de muestra (g)	Dosificación			peso del dore(mg)	Peso del Ag (ppm)	peso del Au (mg)	Ley Ag (g/Tm)	Ley Au (g/Tm)
		KNO <sub>3</sub>	Harina	Flux					
<b>Cu</b>	15	19		180	23,53	218	1,09	1480,6667	72,6667
<b>Pb</b>	15	9		180					
<b>Zn</b>	15	19		180					
<b>BK.</b>			3	180	0,23				