

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
MINERA Y METALURGICA



PROCESOS DE LIXIVIACIÓN Y MERRILL-CROWE
EN MINERA YANACOCHA

INFORME DE INGENIERÍA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO METALURGISTA

PRESENTADO POR:

WILDER RAÚL SÁNCHEZ NAVARRO

LIMA – PERU
2002

*A MIS PADRES:
Graciela Y Wilder*

INDICE

I. GENERALIDADES

1.1. Lideres mundiales en minería.....	1
1.2. El oro en Cajamarca.....	1
1.3. Ubicación.....	2
1.4. Lluvias.....	4
1.5. Exploración moderna.....	6
1.6. Visión.....	7
1.7. Misión.....	7
1.8. Valores.....	7
1.9. Producción anual en onzas de oro.....	8
1.9.1. Producción histórica.....	8
1.9.2. Producción 2002.....	8
1.10. Reservas.....	9
1.11. Yanacocha en Cifras.....	9
1.12. Impacto Económico.....	10
1.12.1. Apoyo al crecimiento económico del País.....	10
1.12.2. Compromiso con el desarrollo local.....	10
1.12.3. Inversión en Cajamarca.....	11
1.12.4. Generación de empleo.....	12
1.12.5. Compras locales.....	13
1.12.6. El canon minero.....	14
1.12.7. Sostenibilidad en el tiempo.....	14

II. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS OPERACIONES

2.1. Exploración.....	16
2.2. Pre minado y minado.....	16
2.3. Carguío y acarreo.....	17
2.4. Lixiviación.....	17
2.5. Merrill - Crowe.....	18
2.6. Carbón en columnas.....	19
2.7. Refinación.....	19
2.8. Lavado de la pila.....	19
2.9. Restauración	19
2.10. Plantas de tratamiento de agua.....	20

III. CONSTRUCCIÓN DEL PAD

3.1. Procedimiento.....	23
3.2. Detalle típico para construcción de pads.....	25
3.3. Detalle típico para construcción de pozas.....	26

IV. METODOS USADOS EN LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES AURÍFEROS

4.1. Chancado y Trituración.....	27
4.2. Aglomeración y curado.....	27
4.3. concentración gravimétrica.....	28
4.4. concentración por flotación.....	28
4.5. Amalgamación.....	28
4.6. Fusión directa.....	29
4.7. Cianuración.....	29

V. PROCESO DE LIXIVIACION CON CIANURO

5.1. Introducción.....	30
5.2. Descripción de los minerales cianurables.....	31
5.3. Generalidades sobre la disolución del oro.....	32
5.4. Reacciones de disolución de oro en soluciones diluidas en cianuro de sodio.....	33
5.5. Factores que afectan la disolución del oro....	34
5.5.1. Porosidad.....	34
5.5.2. Tamaño de partícula.....	35
5.5.3. Concentración de cianuro.....	36
5.5.4. Concentración de oxígeno.....	38
5.5.5. Temperatura.....	39
5.5.6. La alcalinidad de la solución.....	40
5.5.7. El pH y Eh en la cianuración.....	43
5.5.8. La Influencia de compuestos extraños del mineral en el proceso de cianuración.....	48

VI. LIXIVIACION EN PILAS

6.1. Procedimiento.....	54
6.2. Descarga de solución a las pozas.....	57
6.3. Poza de operaciones.....	59
6.4. Poza de menores eventos.....	60
6.5. Poza de tormentas.....	61
6.6. Bombeo de solución a las plantas de Merrill-Crowe ; Carbón en Columnas.....	62
6.7. Sistemas interconectados de bombeo.....	63

VII. PRECIPITACIÓN DEL ORO

7.1. Introducción.....	68
7.2. Fundamento Teórico - Mecanismo químico de la precipitación del oro.....	68
7.3. Efectos de la composición de la solución.....	72
7.4. Una practica eficiente de la cementación.....	75

VIII. PROCESO MERRILL - CROWE

8.1. Generalidades.....	77
8.2. Etapas del proceso Merrill - Crowe.....	78
8.2.1. Clarificación.....	78
8.2.2. Deareación.....	81
8.2.3. Precipitación.....	82
8.2.4. Recuperación de precipitado.....	83
8.2.5. Bombeo de solución barren.....	84
8.3. Otros Precipitantes del oro.....	88
8.3.1. Precipitación empírica con zinc.....	88
8.3.2. Precipitaciones con aluminio.....	88
8.4. Comparación del proceso Merrill-Crowe y la adsorción en carbón activado.....	90

IX. EVALUACIÓN DE PROYECTOS

9.1. Uso de perlita Maxiflow en clarificación de soluciones.....	92
9.1.1. Objetivos.....	92
9.1.2. Datos técnicos comparativos.....	92
9.1.3. Beneficio económico.....	93

9.2. Instalación de intercomunicador en zona de filtros prensa I, II y III Pampalarga.....	95
9.2.1. Objetivos.....	95
9.2.2. Situación anterior Vs. Situación actual.....	95
9.2.3. Beneficio económico.....	97
9.3. Dosificación de diatomita y zinc por separado en la precipitación de oro.....	98
9.3.1. Objetivos.....	98
9.3.2. Prueba realizada.....	98
9.3.3. Dolarización.....	101
9.4. Pruebas con diatomita Hi-Flow , Knite 1000...	101
9.4.1. Objetivos.....	101
9.4.2. Mediciones.....	101
9.4.3. Dolarización.....	102

X. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....103

XI. ANEXO.....106

Hojas de seguridad de materiales MSDS usadas para los principales reactivos químicos en procesos Merrill-Crowe y Lixiviación

11.1. Cianuro de sodio.....	106
11.2. Polvo de Zinc.....	119
11.3. Diatomita (sílice).....	122
11.4. Soda Cáustica.....	125
11.5. Cal.....	130

XII. BIBLIOGRAFÍA.....135

I.- GENERALIDADES:

1.1.- LIDERES MUNDIALES EN MINERIA:

Yanacocha fue constituida legalmente en 1992 y está conformada por los siguientes accionistas: Newmont Mining Corporation, con sede en Denver, Estados Unidos (con 51,35% de las acciones) Minas Buenaventura, compañía peruana (con 43,65%) y el International Financial Corporation (IFC), brazo financiero del Banco Mundial (con 5%).

Yanacocha nace con el respaldo de prestigiosas corporaciones que tienen un importante historial en inversiones mineras: Newmont es el más grande productor de oro en el mundo, con operaciones en los cinco continentes y Buenaventura es líder en la producción de metales preciosos en el Perú.

1.2.- EL ORO EN CAJAMARCA:

El área geográfica de Yanacocha muestra una larga historia de la actividad minera, que se inició en tiempos preincaicos. Se han descubierto intentos de fundición de cobre en la zona de Carachugo, lo que se asocia a la edad de piedra de la cultura Cajamarca. También han sido identificados restos de trabajo minero en cuevas ubicadas en el área de Maqui Maqui, donde el mineral extraído era usado por los nativos para fabricar puntas de flechas. Asimismo, en estos lugares hay restos de mercurio nativo, lo que indica que el cinabrio -utilizado para pintar artículos de oro, vasijas de barro y maquillaje- fue extraído por culturas locales en los años 100 a 700 de nuestra era. Los trabajos mineros antiguos

particularmente los que se observan alrededor de Carachugo y Cerro Negro- son en su mayoría una combinación de tajos abiertos y galerías.

En 1902 el sabio italiano Antonio Raimondi consignó la existencia de minas en la mencionada zona de Carachugo, y constató que éstas habían sido abandonadas durante el período pre inca, habiendo sido redescubiertas en tiempos recientes.

1.3.- UBICACIÓN:

El yacimiento aurífero de YANACOCHA está ubicado en el departamento peruano de Cajamarca, a 600 kilómetros al norte de Lima (capital del país), a una altura de 3 400 a 4 120 metros sobre el nivel del mar.

Las operaciones de **MINERA YANACOCHA S.A.** están ubicadas en un área localizada sobre los 4,000 m.s.n.m. en los Andes del Perú, a 20 Km al norte de la ciudad de Cajamarca. El acceso a la zona de operaciones es por medio de una carretera de 45 Km desde la ciudad de Cajamarca. El clima local es típico de las regiones de altura con mucho viento que con frecuencia alcanza los 160 Km/hr, con temperaturas que oscilan entre - 5°C y + 20°C,

FIGURAS N° 1 Y 2



1.4.- LLUVIAS:

Las precipitaciones de agua de lluvias que se pronuncian a partir del mes de Setiembre/Octubre y durante los siete meses sub siguientes. La precipitación de agua de lluvia en el mes de Febrero del presente año ha sobrepasado los niveles históricos registrados hasta esa fecha, teniendo un registro máximo de 373 mm en Yanacocha Norte y 476 mm en la Quinua, el gráfico adjunto muestra la precipitación histórica en Carachugo, Maqui Maqui Yanacocha Norte y la Quinua.

GRAFICO N° 1

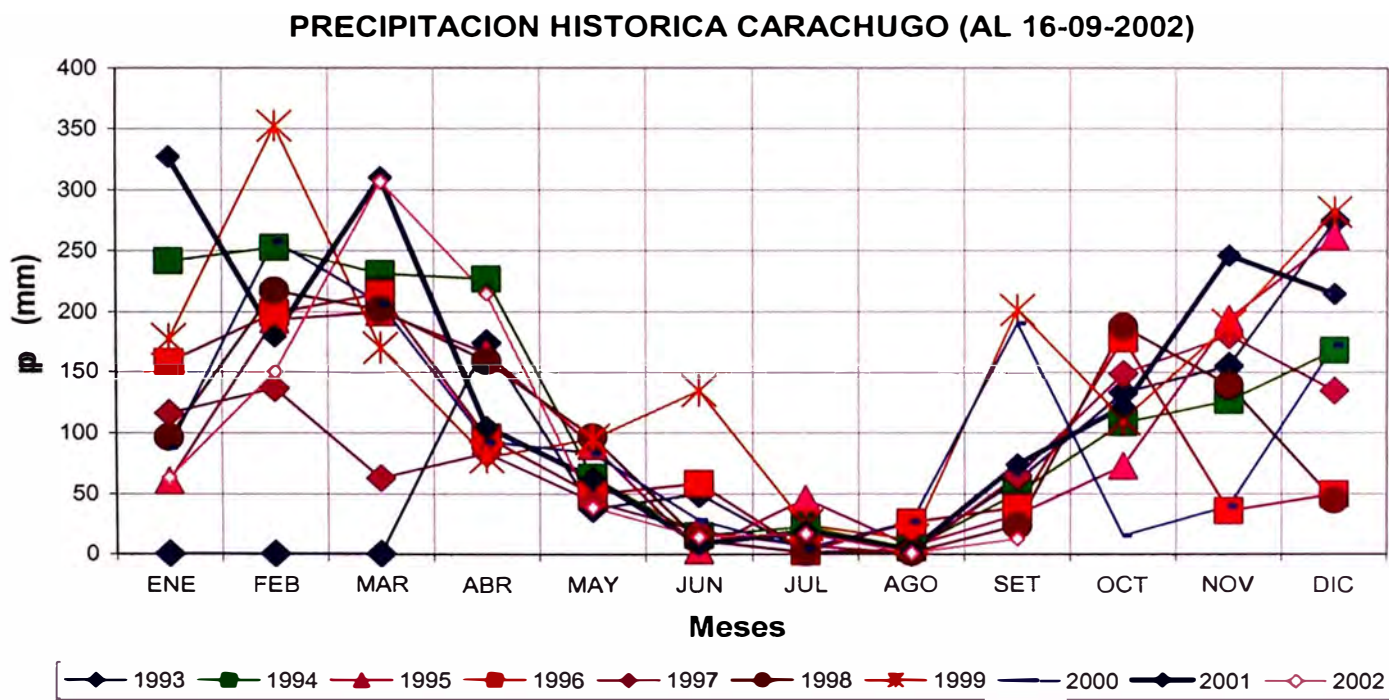


GRAFICO N° 2

PRECIPITACION HISTORICA MAQUI MAQUI (AL 16-09-2002)

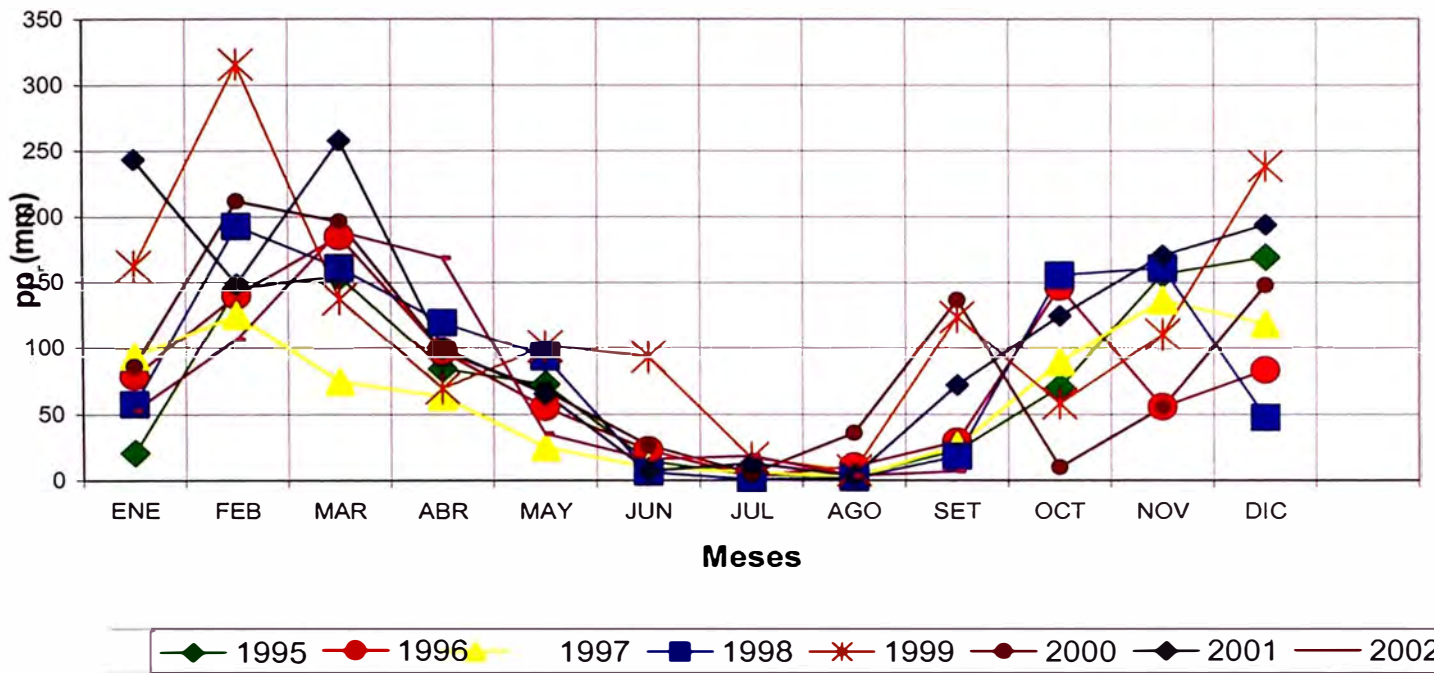
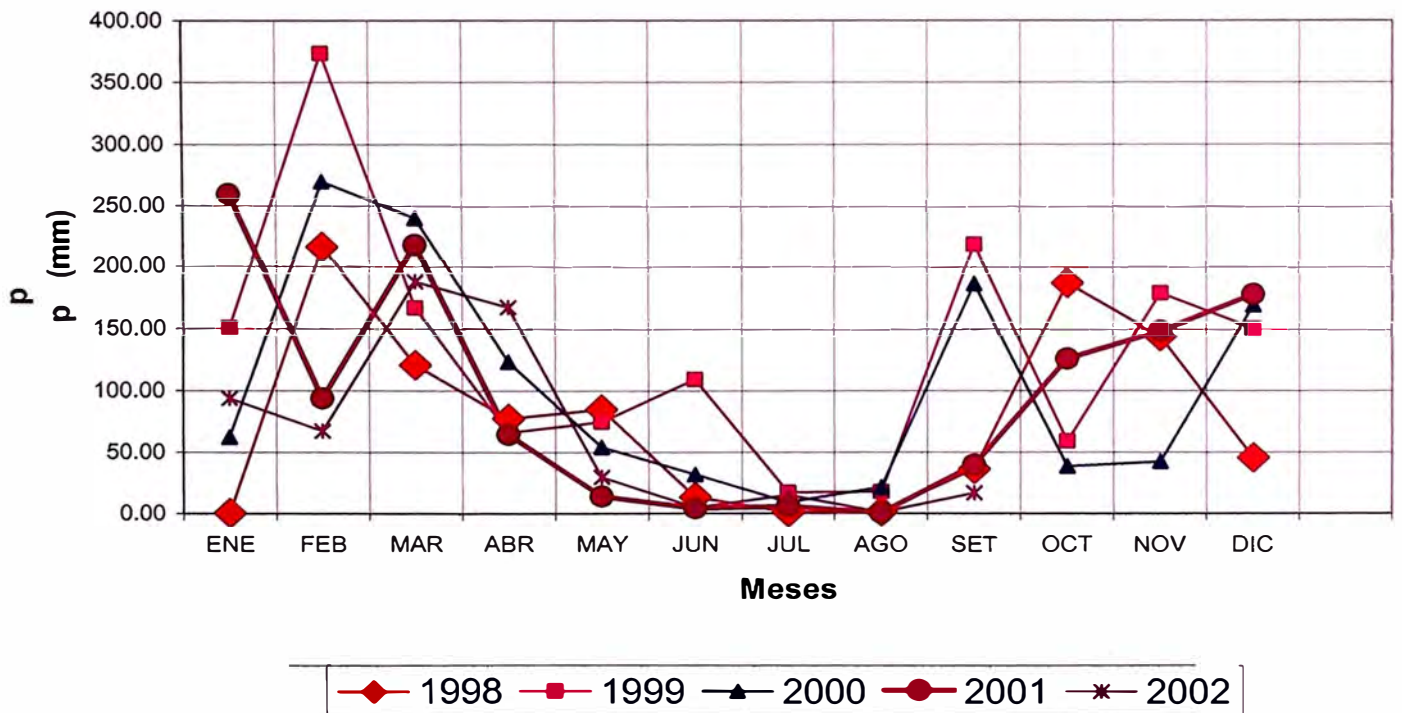
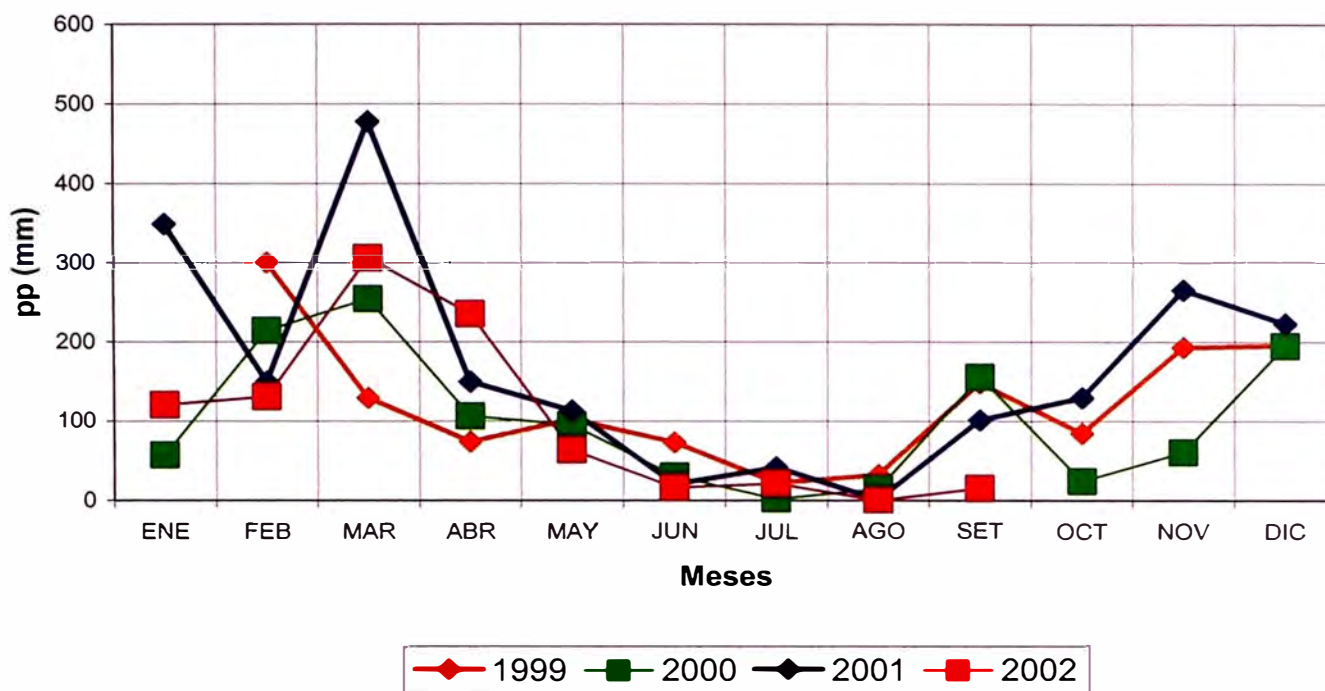


GRAFICO N° 3

PRECIPITACION HISTORICA YANACOCCHA (AL 16-09-2002)



PRECIPITACION HISTORICA EN LA QUINUA (AL 16-09-2002)



1.5.- EXPLORACIÓN MODERNA:

La exploración moderna del área minera de Yanacocha se inició en 1968, cuando la Nippon Mining Company realizó trece perforaciones diamantinas en la quebrada de Encajón para buscar cobre y plata. Durante 1969-1971 la British Geological Survey inició la exploración de oro, lo que posteriormente condujo al descubrimiento del depósito aurífero. Posteriormente -en 1981- se denunció el área. En 1984, Cedimin firmó un joint venture con Newmont y Buenaventura para proseguir con las exploraciones, y en 1986 Newmont descubrió una importante mineralización de oro.

En 1990 se llevaron a cabo los estudios de factibilidad para iniciar los trabajos en una planta piloto para lixiviación en pilas. Con el inicio de las operaciones de Carachugo, la empresa Yanacocha produjo su primera barra de Doré, el 7 de agosto de 1993, y alcanzó a producir en aquel año 81 497 onzas de oro.

El segundo yacimiento, Maqui Maqui, se comenzó a explorar en 1994 y la producción del primer millón de onzas se completó el 3 de febrero de 1996. Ese mismo año se abrió la mina San José, y en 1997 Cerro Yanacocha, con las cuales se superó la producción de millones de onzas de oro. De esta manera Yanacocha se convirtió en la primera operación en América del Sur en alcanzar ese nivel.

1.6.- VISION:

Yanacocha debe ser reconocida como una de las mejores empresas mineras en el mundo por su excelencia en estándares de rentabilidad, productividad, ambiente de trabajo, cuidado ambiental, seguridad y responsabilidad social.

1.7.- MISIÓN:

Explorar y operar nuestras minas con responsabilidad e integridad, buscando la excelencia dentro de un marco de respeto y equidad en todos nuestros actos para maximizar el valor que damos a nuestros accionistas, empleados, comunidad y proveedores.

1.8.- VALORES:

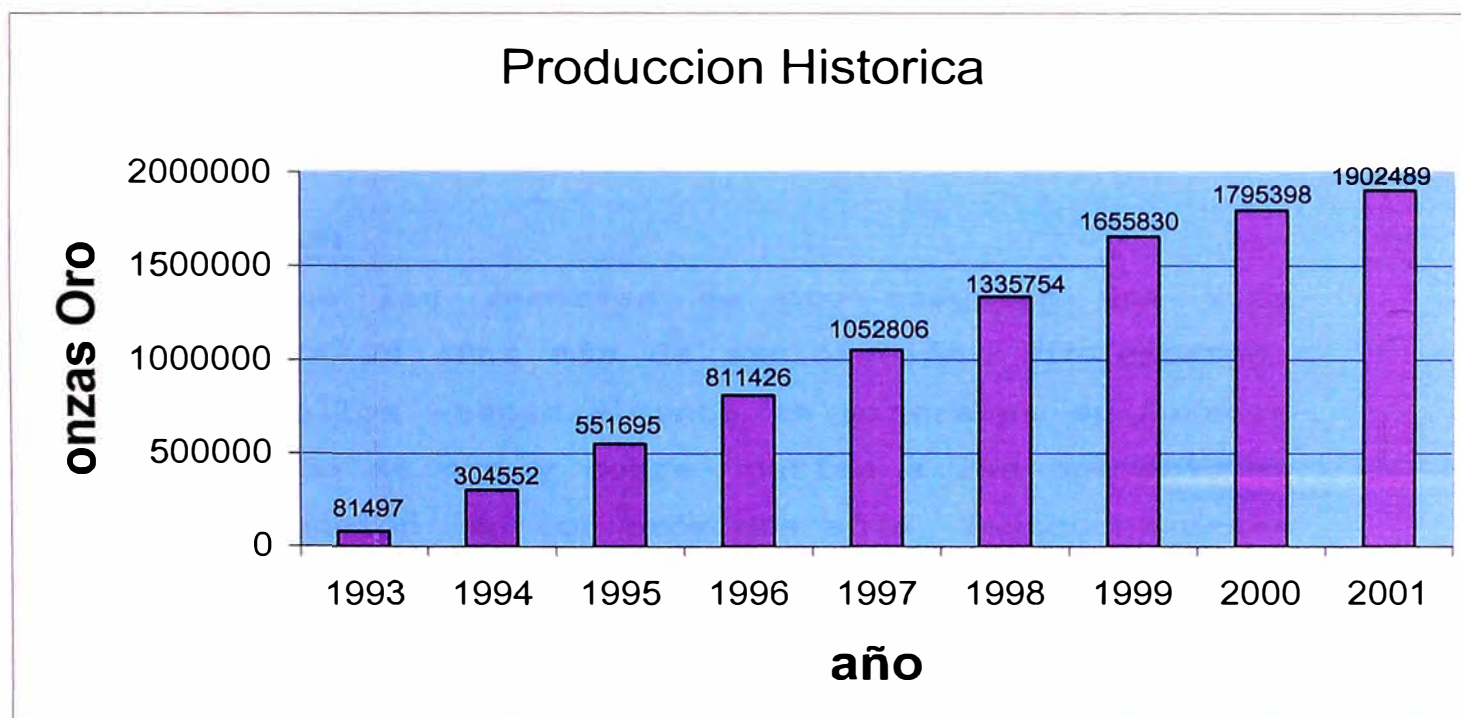
Comportemosnos con integridad
Trabajemos con lealtad
Demos confianza

Hablemos con la verdad
Velemos por nuestros compañeros
Colaboremos con nuestra comunidad

1.9- PRODUCCIÓN ANUAL EN ONZAS DE ORO:

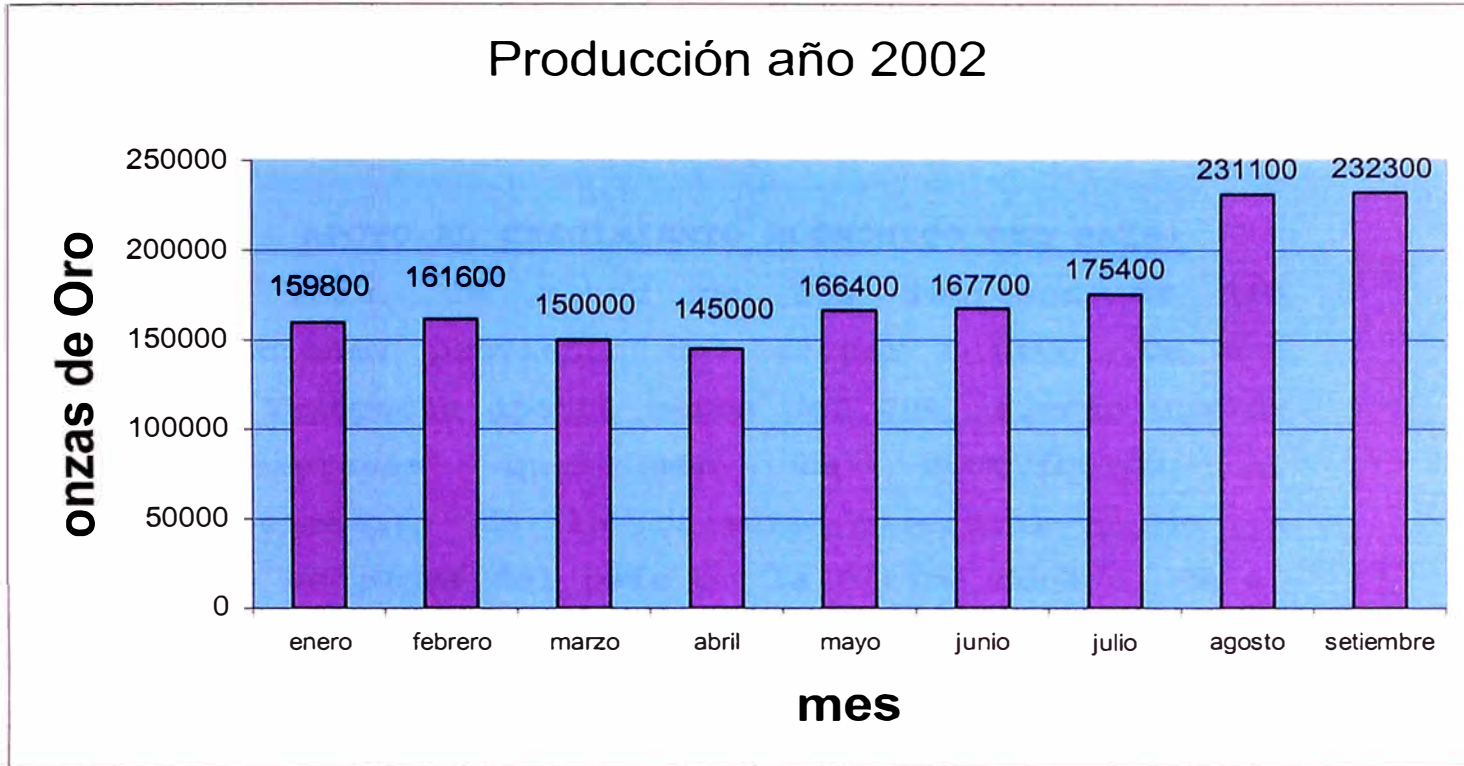
1.9.1- Producción Histórica: El año 2001 Yanacocha alcanzó una producción de 1'902,489 de onzas de oro. Las actuales reservas, y el probable incremento, serán la garantía para obtener el nivel de producción esperado. Valor de Producción: US \$ 514'000,000 de dólares aprox.

GRAFICO N° 5



1.9.2- Producción 2002: Para el presente año se espera producir 2'331,400 Onzas de oro, teniendo un acumulado al mes de setiembre de 1'589,400 Onzas de oro ya producidas.

GRAFICO N° 6



1.10.- RESERVAS:

Se calcula que las reservas de oro aseguran una vida mínima de 15 a 20 años más de exploración. Sin embargo, nuevos desarrollos -especialmente en minerales sulfurados y con contenido de oro y cobre- darían a las operaciones una nueva dimensión. En los próximos años, Yanacocha desea consolidarse como agente impulsor de la economía en Cajamarca y el norte del país.

1.11.- YANACOCHA EN CIFRAS:

Impuestos a la renta:

US \$ 16 500 000 millones de dólares

Canon Minero:

US \$ 8 250 000 millones de dólares

Trabajadores de Yanacocha y

principales contratistas:

5 500 personas aproximadamente

Salarios pagados por Yanacocha:

Más de US \$ 36 millones de dólares aprox.

1.12- IMPACTO ECONOMICO:

1.12.1.- APOYO AL CRECIMIENTO ECONOMICO DEL PAIS:

En el Perú, la mitad de los ingresos de las exportaciones provienen del sector minero. De ese total, Yanacocha aporta cerca del 20%, siendo una de las empresas que más ha contribuido al fortalecimiento de la balanza comercial y de la balanza de pagos del país en la última década. En el 2001, la empresa ha contribuido a las exportaciones de oro del Perú por un total de US\$ 517 800 000 millones de dólares.

En el año 2001, el pago por Impuesto a la Renta de Yanacocha alcanzó la suma de US\$ 16.5 millones. Esta contribución sería aún mayor si se consideran el impuesto a la renta pagado por los contratistas de la empresa y, sobre todo, las contribuciones adicionales resultantes de la mayor actividad económica generada en la región.

1.12.2.- COMPROMISO CON EL DESARROLLO LOCAL:

El crecimiento continuo de Yanacocha ha impulsado sostenidamente la actividad económica de Cajamarca. A su vez, ha estimulado el incremento del ahorro y la inversión personal y empresarial.

Si este proceso continúa y se refuerza en los próximos veinte a treinta años -es decir, durante el probable período de vida útil de la mina- la minería

habrá sido para Cajamarca un factor importante para impulsar su desarrollo y la modernización de su producción.

El ritmo de desarrollo local no se detendrá cuando se recuperen los precios del oro. Las nuevas inversiones mineras en Cajamarca (La Granja, Michiquillay, entre otras) y el surgimiento de actividades conexas podrían generar varios miles de empleos. A su vez, podrá producir una demanda adicional de alimentos, manufacturas y servicios incluso más importante que la lograda hasta estos momentos.

1.12.3.- INVERSIONES EN CAJAMARCA:

Las cifras demuestran que la explotación de Yanacocha promovió un crecimiento regional más rápido que el registrado a escala nacional. Así, entre 1993 y el 2000 el PBI departamental aumentó en 109%, mientras que el PBI del país lo hizo en 45%.

Los datos anteriores reflejan el impacto de las inversiones de Yanacocha en la economía local. Entre 1992 y el año 2001, la empresa invirtió aproximadamente US\$ 1000 millones para poner en producción sus yacimientos. Sólo en los últimos 3 años, esto es entre 1999 y 2001, se han invertido US\$ 686 millones (sin incluir Leasings), a pesar de la caída de los precios del oro en el mercado internacional.

En el año 2001 Yanacocha produjo 1 902 489 onzas de oro, valorizadas en aproximadamente US\$ 514 millones. Para el 2002, La empresa espera producir 2 300 000

onzas de oro, valorizadas en cerca de US\$ 660 millones, si se mantienen los precios actuales.

1.12.4.- GENERACIÓN DE EMPLEO:

Un dato clave en cuanto al impacto en el desarrollo local se refiere al tema del empleo. Yanacocha y sus principales contratistas emplean permanentemente a poco más de 5 000 trabajadores, lo que representa cerca del 10% de la PEA de Cajamarca. Esta cifra aumenta en ciertos momentos del año, pudiendo llegar a 7000 u 8000 personas, como fue el caso en el año 2000.

El 99% de los trabajadores de Yanacocha son peruanos. De este porcentaje, más del 90% son residentes permanentes en la provincia y aproximadamente el 57% son cajamarquinos.

En este marco, la selección de personal de la empresa minera consta de diferentes etapas, entre ellas, la convocatoria mediante avisos periodísticos, la evaluación técnico-profesional y personal, verificaciones, examen médico, entre otros procesos. Todos estos procesos son dirigidos por la empresa, basándose en el compromiso ético, respeto a las personas y principio de igualdad de oportunidades. Es política de Yanacocha exigir el cumplimiento de estas normas a las diferentes empresas contratistas con quienes se mantiene relaciones laborales.

En el año 2001, las remuneraciones pagadas por Yanacocha ascendieron a US\$ 36 millones, y la de sus

principales contratistas ascendieron a US\$ 34 millones, lo cual hace un total de US\$ 70 millones, de los cuales, la mayor parte se destinan a la compra de bienes y servicios ofrecidos por pequeños y medianos empresarios de la provincia. Se calcula que estos trabajadores gastan en promedio el 60% de sus ingresos totales en Cajamarca; es decir US \$42 millones.

En resumen, Yanacocha ha favorecido el crecimiento del empleo y ha dado una significativa dinamización a la actividad económica de Cajamarca.

1.12.5.- COMPRAS LOCALES:

El impacto directo de las actividades de Yanacocha en la ciudad y en la provincia de Cajamarca también se manifiesta a través de la adquisición de bienes y servicios a terceros, así como de las contribuciones a Es-Salud.

Las compras de bienes y servicios de Yanacocha en Cajamarca alcanzaron los US\$ 44 millones al año 2001 y podrían incrementarse en la medida que los empresarios locales amplíen y diversifiquen su oferta. La empresa mantiene relaciones comerciales con aproximadamente 500 proveedores de Cajamarca, de quienes adquiere materiales de construcción, artículos de ferretería, útiles y mobiliario para oficina, madera, materiales eléctricos, repuestos de vehículos, medicinas y víveres. Además, demanda múltiples servicios como reclutamiento de personal, asesoría y consultoría, movimientos de tierras, obras de construcción civil, mantenimiento de diverso tipo, telefonía y radio comunicaciones, entre otros.

1.12.6.- EL CANON MINERO:

El canon es otra de las manifestaciones favorables de la actividad minera en Cajamarca. Según la nueva ley del canon, el 50% del Impuesto a la Renta pagado por Yanacocha se quedarán en Cajamarca. Esto permitirá, en el mediano plazo, la ejecución de obras de impacto económico y social, con la consecuente generación de empleo. Los recursos provenientes del canon amplían los horizontes de desarrollo para Cajamarca, abriendo una oportunidad única para los próximos treinta años.

Según la legislación vigente, el canon minero deberá distribuirse de la siguiente manera:

20% para la provincia donde se encuentra el recurso, 60% entre todas las provincias del departamento y 20% para el gobierno regional.

1.12.7.- SOSTENIBILIDAD EN EL TIEMPO:

Según Estimados del Ministerio de Energía y Minas, los nuevos proyectos de inversión minera serán equivalentes a varios cientos de millones de dólares (Minas Conga, El Galeno, Michiquillay, La Granja, Tantauatay, La Zanja) en los próximos diez años. Estos proyectos generarán algunas decenas de miles de nuevos puestos de trabajo (directos e indirectos) en Cajamarca y Chota y, en menor medida en Celendín y Bambamarca.

En el Año 2001 se invirtió US\$ 277 millones (sin incluir leasing). En los próximos cinco años (2002 2006) las inversiones de capital en Yanacocha serán del orden de los US\$ 690 millones y se calcula que

por lo menos US\$ 900 millones se gastarán en bienes y servicios en el Perú.

Según las proyecciones actuales, la producción promedio de Yanacocha será de 2,5 millones de onzas entre el 2002 y el 2006.

La Quinua es el quinto yacimiento puesto en explotación por Yanacocha y aportará 12 millones de onzas probadas y probables a las reservas de la empresa.

La inversión inicial ha bordeado los US\$ 230 millones. Sin embargo, en el transcurso de los próximos años se requieren inversiones adicionales, de tal forma que la cifra invertida totalizaría unos US\$ 430 millones aproximadamente.

La Quinua tiene una ley de 0,9 gramos por tonelada y se calcula que cada año producirá alrededor de un millón de onzas de oro. Según los estudios realizados por los geólogos de la compañía, debajo de las gravas de este yacimiento habría otro depósito mineralizado.

Las reservas actuales de Yanacocha, incluyendo el aporte de La Quinua, llegan a 34 millones de onzas de oro.

II.- DESCRIPCION GENERAL DE LAS OPERACIONES

2.1.- EXPLORACIÓN:

La primera etapa consiste en explorar el terreno en busca de minerales, para lo cual se utiliza equipos y materiales bajo procedimientos y normas que evitan causar efectos adversos al medio ambiente.

Una vez establecida el área, Geología de Minas inicia estudios más precisos para evaluar con exactitud las leyes -ley es la cantidad de oro encontrado en una tonelada de material- del terreno a explotarse.

Seguidamente el área de Planeamiento hace el diseño de la mina y realiza los primeros planes de minado, los cuales rigen las actividades de la operación, tanto a corto plazo como a largo plazo y tomando en cuenta la geotecnia e hidrología del terreno.

2.2.- PRE MINADO Y MINADO:

El preminado consiste en el retiro y almacenamiento de la capa orgánica o top soil del terreno, compuesta de pastos y plantas para que luego se prepare el área para el minado. Es muy importante señalar que esta capa orgánica es almacenada en lugares especiales para luego ser reutilizada en la revegetación del terreno. (ver animación de revegetación).

A medida que se avanza en el minado, se puede encontrar agua subterránea, la cual puede tener un bajo pH, es decir es ácida por naturaleza (El pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una solución). Esta agua es

extraída y tratada para luego ser descargada al medio ambiente.

Posteriormente se inicia la etapa de minado con la perforación y voladura del terreno, en donde especialistas en explosivos colocan puntos determinados para proceder a la explosión.

2.3.- CARGUIO Y ACARREO:

Una vez procedida la voladura encontramos material con contenido de oro (mineral) y material sin contenido de oro (desmante).

A través del proceso de Carguío y Acarreo el mineral va a las canchas de lixiviación, pero el desmante se acumula en lugares especiales, para lo cual se ha tomado las precauciones en su construcción. Poderosas máquinas mueven hasta 240 toneladas en un sólo viaje.

2.4.- LIXIVIACION:

El mineral requiere ir a las canchas de lixiviación, pilas o Pad, las mismas que son construidas con amplias medidas de seguridad con el fin de evitar que la solución cianurada entre en contacto con el suelo y por ende, con el agua subterránea; además que por contener oro, esta solución no se debe perder. (ver construcción de pad)

Estas pilas son amplios depósitos sobre los cerros, cuya superficie es revestida con una membrana plástica o geomembrana impermeable que evitan cualquier tipo de filtración. Mediante el riego en la superficie por goteo de las canchas de lixiviación con una solución cianurada muy diluida se da comienzo al proceso de lixiviación.

Consiste en que la solución va atravesando por gravedad (hacia abajo) la capa de mineral humectándolo y entrando en contacto con el oro disolviéndolo, y finalmente la solución más el oro -solución rica- va a ser depositada en unas pozas o pond. El proceso de lixiviación disuelve el oro. En las instalaciones donde se almacenan soluciones cianuradas hemos instalado sistemas de contención impermeabilizados (ver animación de poza) y tenemos un plan de contingencia contra posibles derrames. Esta solución con oro será tratada en un proceso posterior para recuperar el oro como barras de Doré.

2.5.- MERRILL - CROWE:

La solución acumulada en las pozas o pond requieren un proceso adicional, pues el oro se encuentra en la solución. La finalidad es obtener el oro sólido, es decir, el oro de la solución deberá pasar a ser oro sólido.

El proceso se llama Merrill Crowe, donde la solución es sometida a pasos previos de clarificación y desoxigenación para llevar a cabo la precipitación del oro con polvo de zinc -donde el oro pasa a estado sólido- y por filtración se colectan los sólidos obteniéndose una solución sin valores previamente reponiendo la calidad necesaria de cianuro para el proceso en si (50 ppm).

El sólido que contiene el oro es sometido a una etapa de secado y fundido posteriormente para obtener las barras de Dore. La solución sin valores -solución pobre o Barren- es retornada al pad para comenzar nuevamente el proceso de lixiviación.

2.6.- CARBON EN COLUMNAS:

La solución de baja ley de oro que se encuentra principalmente en las pozas de menores eventos tanto de la Quinua como de Yanacocha Norte, es enviada a las plantas de carbón en columnas donde por adsorción es recuperado el mineral valioso para que luego al realizar la desorción del carbón cargado se obtenga una solución cargada en Oro la cual es enviada a la planta de Merrill-Crowe.

2.7.- REFINACION:

Los precipitados obtenidos en los filtros prensa de las plantas de Merrill-Crowe son tratados en refinería con un proceso inicial en retortas a 600°C para la extracción de mercurio y posteriormente al horno de arco eléctrico para obtener el dore de Oro-Plata a 1200°C.

2.8.- LAVADO DE LA PILA:

Cuando la cancha de lixiviación llegue a su capacidad límite y culmine el proceso de extracción, desintoxicaremos la zona realizando un lavado continuo (con agua pura libre de cianuro) hasta obtener agua limpia en las descargas de las pilas.

2.9.- RESTAURACIÓN:

Una vez que aseguremos la pureza del agua se procede a suavizar las formas de las canchas y se cubrirán con material orgánico (tierra fértil) que se ha guardado previamente. Luego se revegetará con especies forrajeras o cultivadas. Este último paso ya se realiza en aquellas áreas que han sido perturbadas por nuestra actividad, pero que no seguirán siendo utilizadas (ver animación) Al ser nuestro proceso de recuperación del oro un circuito

cerrado, no producimos relaves, humos tóxicos ni otros desechos, que impacten negativamente el medio ambiente.

2.10.- PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA:

Una preocupación de Yanacocha es la conservación de la naturaleza; por eso, desde el inicio de nuestras operaciones contamos con Plantas de Tratamiento de Agua con capacidad suficiente para tratar agua excedente en el sistema.

Actualmente contamos con 4 Plantas de Tratamiento de Agua excedente de 500 m³/hr cada una. La última Planta entró en operación en diciembre del 2001.

El proceso de lixiviación de mineral se desarrolla en un circuito cerrado, con un sistema de recirculación de solución y en ambiente impermeabilizado que evita fugas. El agua proviene mayoritariamente del almacenamiento parcial del agua de lluvia en las pozas. El exceso de agua es producto de las lluvias constantes. Esto produciría que nos excediéramos en la capacidad de almacenamiento, por ello debe ser eliminado; sin embargo, este excedente de agua, por haber estado en contacto con el sistema de lixiviación que tiene contenidos de cianuro (baja concentración) y otros elementos, es tratado adecuadamente antes de devolverla al medio ambiente.

En nuestras Plantas de Tratamiento de Agua usamos distintos reactivos para separar los elementos presentes.

Durante el tratamiento de agua excedente seguimos un control químico riguroso para asegurar que el agua descargada esté dentro de los estándares ambientales. El

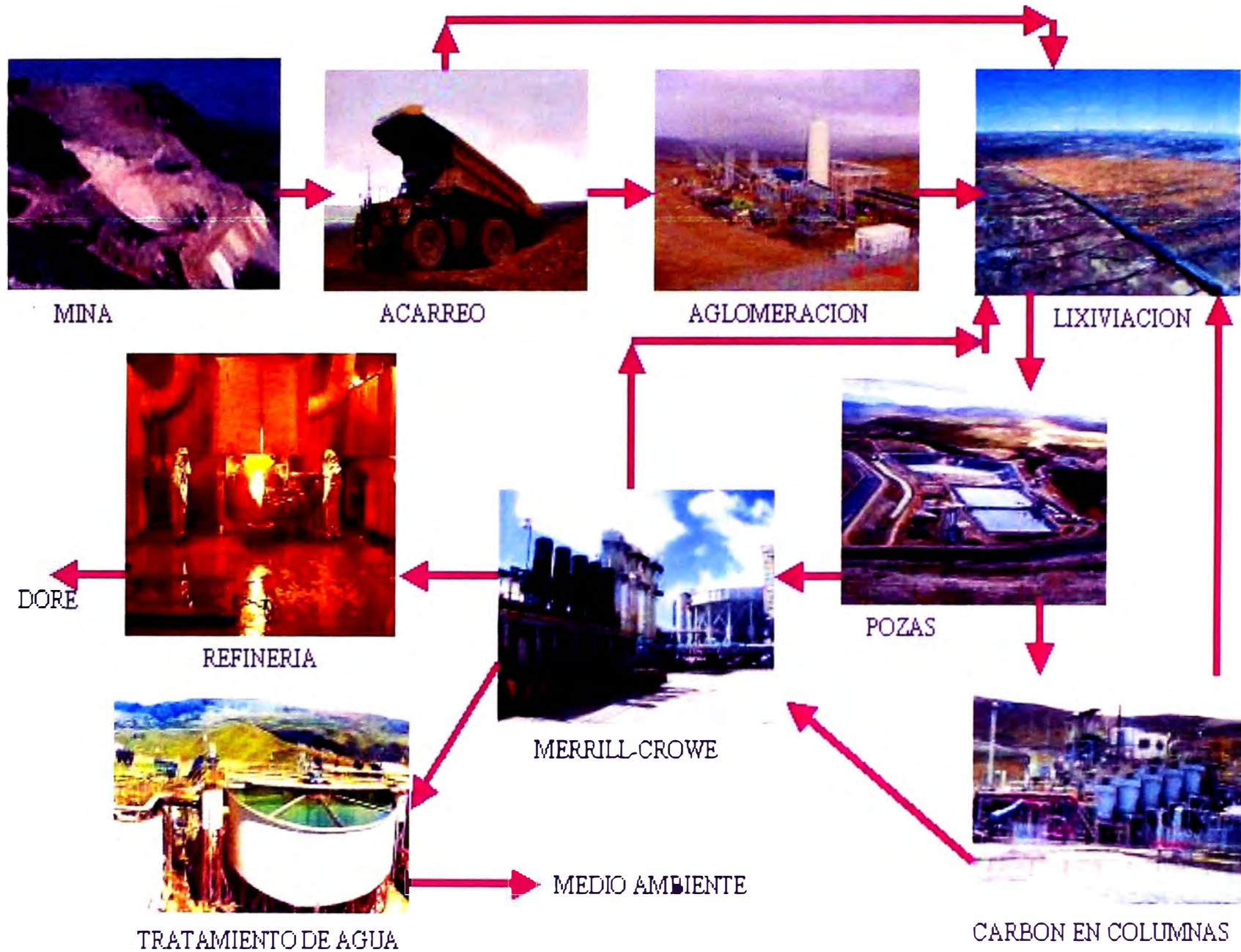
muestreo y análisis de descargas se realiza en forma continua las 24 horas del día con equipos computarizados.

Diferentes especialistas que conocen nuestras instalaciones señalan que nuestras Plantas de Tratamiento de Agua tienen la mejor tecnología con respecto a los más exigentes estándares internacionales. Además, nuestro sistema de control de calidad es sofisticado, de acuerdo a las exigencias que manejamos.

FOTO N° 1: AGUA TRATADA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO.



RESUMEN GENERAL DE OPERACIONES



III.- CONSTRUCCIÓN DEL PAD

3.1.- PROCEDIMIENTO:

Relleno cada 30 cm de espesor con material compactado de corte o traído de cantera. Son necesarias las pruebas de compactación de campo.

Luego de haber colocado el relleno hasta alcanzar la pendiente requerida se coloca una capa de arcilla compactada (soil liner) de 30 cm de espesor. Se debe evitar la presencia de piedras grandes y de esquinas angulosas.

FOTO N° 2



Después de la colocación de soil liner se procede a la instalación de la geomembrana que es un polietileno de alta y baja densidad. El control de calidad debe ser muy exigente en esta fase.

FOTO N° 3



La geomembrana debe ser protegida en la parte inferior (soil liner) como también en la parte superior (PL) el Protective Layer es una capa compactada de material fino de 30 cm de espesor.

FOTO N° 4



Para el transporte de la solución rica hacia las pozas es necesaria la instalación de tuberías corrugadas. Material de drenaje es colocado sobre cada tubo para evitar roturas por el peso del mineral.

FOTO N° 5



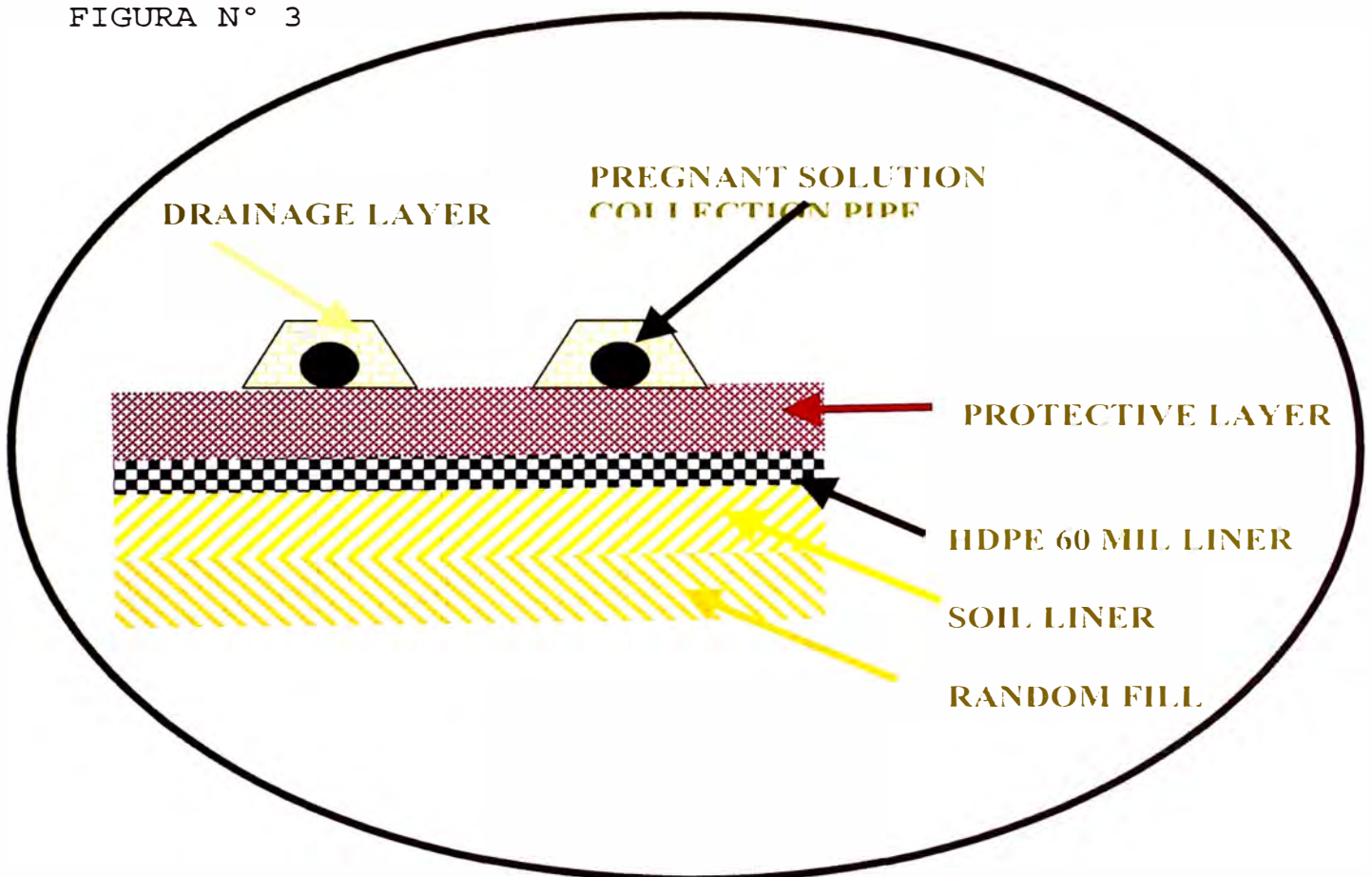
Las pozas de colección cuentan con el mismo sistema de colocación de materiales que el Pad. La diferencia está en la cantidad de capas de geomembrana con que cuentan las Pozas que son tres capas y con un sistema de detección y recuperación de solución entre capas.

Todos los canales deben ser plastificados aun cuando la solución sea transportada en tubos.

Canales de derivación deben ser construídos perimetralmente al Pad para evitar el ingreso de agua al sistema.

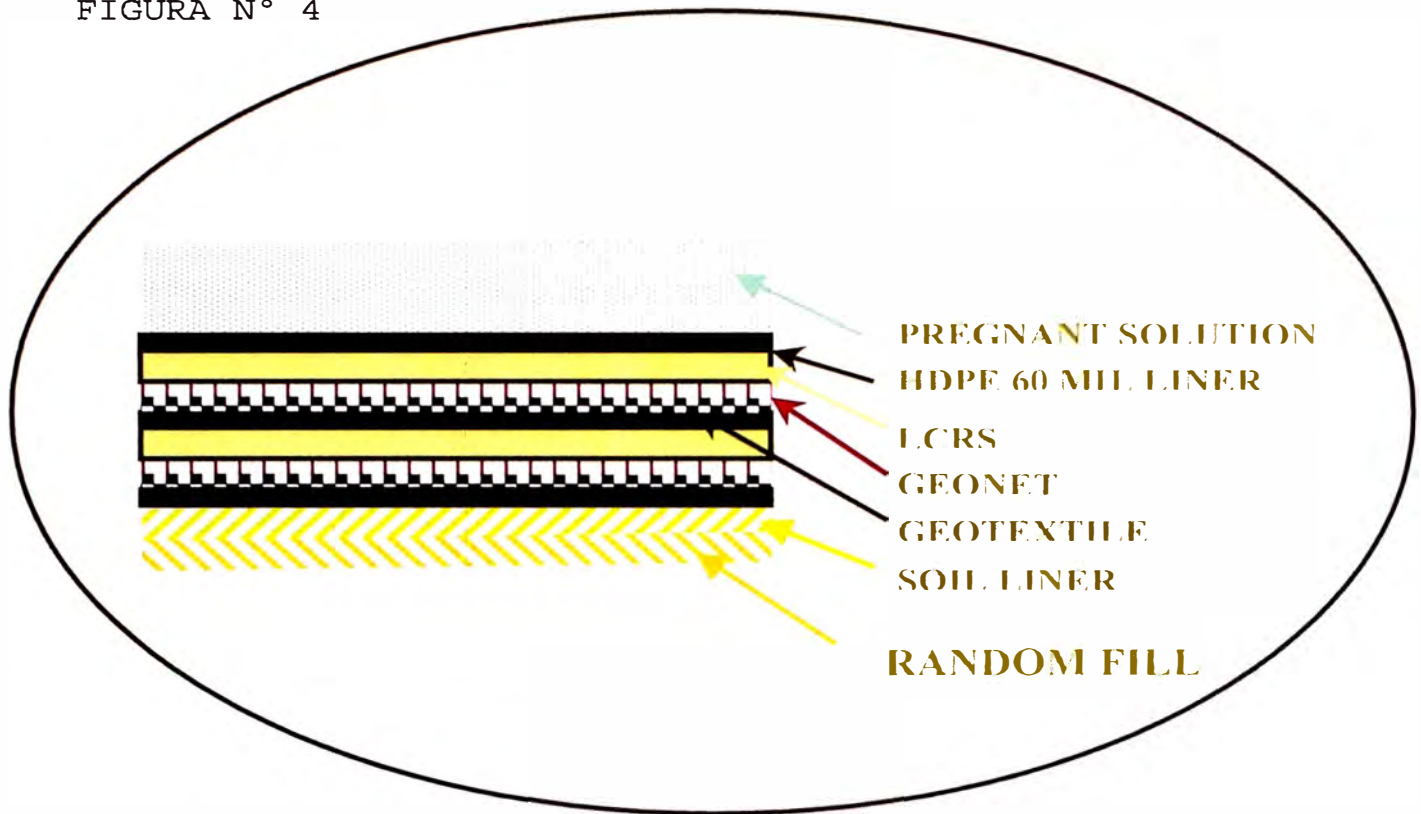
3.2.- DETALLE TIPICO PARA CONSTRUCCIÓN DE PADS:

FIGURA N° 3



3.3.- DETALLE TIPICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POZAS:

FIGURA N° 4



IV.- METODOS USADOS EN LA CONCENTRACIÓN DE MINERALES

AURÍFEROS:

4.1.- CHANCADO Y TRITURACIÓN:

Los minerales poco permeables a las soluciones deben ser chancados para mejorar la exposición de los valores contenidos al ataque químico. El grado óptimo de chancado se determina a través de las pruebas de laboratorio en columnas, justificándose por lo general una trituración fina a objeto de incrementar las extracciones y acortar el periodo de lixiviación, las pruebas de laboratorio revelan también la cantidad necesaria de cal que debe adicionarse al mineral para neutralizar la acción de los constituyentes formadores de ácidos, siendo habitualmente dosificados en seco durante el chancado.

Algunos minerales con contenidos excesivos de arcillas o material fino generado durante el chancado, son difíciles de tratar debido a los problemas de porosidad y permeabilidad del lecho, ocasionado por la segregación de partículas finas. **En Yanacocha se realiza el chancado del mineral tamaño hasta un tamaño máximo de 6" para luego ser este mineral aglomerado.**

4.2.- AGLOMERACIÓN Y CURADO:

Dado las características de la molienda, por la naturaleza del mineral, es preciso efectuar un tratamiento previo para lograr una adecuada percolación en la lixiviación en pilas con la consiguiente recuperación de los elementos valiosos. El mejor método para solucionar este problema es juntar las partículas finas, por un proceso de aglomeración. **En Yanacocha se aglomera mineral proveniente**

de la Quinua, debido a su alto contenido de arcillas, para que luego sea trasladado hacia el pad a ser lixiviado.

4.3.- CONCENTRACIÓN GRAVIMETRICA:

Se fundamenta en la diferencia de pesos específicos entre la ganga (2.7) y el mineral aurífero (15.3 a 19.3); por ello es importante que el metal precioso este liberado de los acompañantes, y su tamaño no sea inferior a 30 micrones. En Yanacocha se usa este tipo de concentración para el recuperar el oro que puede haber quedado en las escorias de refinería las cuales tienen una molienda previa para liberar las partículas de oro, por medio de una mesa gravimétrica.

4.4.- CONCENTRACIÓN POR FLOTACIÓN:

El proceso de flotación distingue claramente los minerales acuerdo a sus características mineralógicas y sus propiedades químicas superficiales. A menudo se hace necesario para flotar minerales sulfurados portadores del metal valioso. En Yanacocha actualmente se realizan pruebas metalúrgicas para flotación de sulfuros de oro.

4.5.- AMALGAMACION:

Se aplica cuando el metal esta liberado o cuando se tiene un concentrado de alta ley emergente de los procesos de concentración gravimétrica o flotación, y se prosigue con el proceso de amalgamación, que consisten en poner en contacto el mineral aurífero, con el mercurio liquido, de manera que se de lugar a la formación de una amalgama. En Yanacocha este proceso se da de manera espontánea debido a los altos contenidos de mercurio en el mineral, el mercurio es separado del oro mediante un retorteo en el areá de refinería.

4.6.- FUSION DIRECTA:

Este método poco usual, consiste en que muchas menas conteniendo el metal noble se mezclan con otras de cobre y plomo para luego fundirlas. Durante el proceso de fusión el metal precioso es absorbido en la mata o metal base, del que se recupera posteriormente durante su refinación. **En Yanacocha se aplica este método en laboratorio químico para análisis de las muestras de mineral proveniente de mina.**

4.7.- CIANURACION:

Es el proceso por el cual se logra disolver el oro y la plata mediante una solución alcalina de cianuro de sodio. En la actualidad existen muchas plantas que aplicando el método de lixiviación en pilas están explotando recursos minerales auríferos de baja ley de forma bastante rentable. Pero lamentablemente, la aplicación de la cianuración tiene sus límites cuando se aplica o inconvenientes cuando se aplica a los minerales refractarios. **Este es el principal proceso de extracción usado en Yanacocha, Luego del cual se tienen los procesos extractivos de Merrill-Crowe, Carbón en columnas y luego refinación.**

V.- PROCESO DE LIXIVIACION CON CIANURO

5.1.- INTRODUCCION:

La cianuración es el método más importante que se ha desarrollado para la extracción del oro de sus minerales y se usa a escala comercial en todo el mundo.

La química del proceso de cianuración se basa en el hecho, de que bajo condiciones oxidantes, el oro y la plata pueden disolverse y acomplejarse en soluciones de cianuros alcalinos.

El oro contenido en licor resultante de lixiviación, puede recuperarse mediante cualquier de los siguientes procesos:

- Precipitación con polvo de zinc.
- Adsorción en carbón activado.
- Intercambio iónico.
- Eléctrodeposición.

El producto, luego es sometido a la acción de un ácido para disolver sus componentes metálicos como el zinc, el hierro y otros. El remanente del proceso anterior, se funde para obtener el bullón o doré, que luego es refinado.

Los procesos con los que se recupera el Oro luego de la lixiviación en Yanacocha son por precipitación con polvo de zinc (Merrill Crowe), Adsorción con carbón activado (CIC) y luego fundición, obteniendo un dore de aproximadamente 50% en Au y 50% en Ag.



ZONA DE PREPARACIÓN DE CIANURO

5.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS MINERALES CIANURABLES:

No todos los minerales de oro y plata están aptos para un tratamiento de cianuración, además de la presencia o ausencia de agentes cianicidas, materiales carbonaceos que absorben los minerales preciosos, y sustancias orgánicas que consumen oxígeno de la solución, el oro y la plata deben estar finamente particulados para una rápida disolución.

En la cianuración en pilas, la roca huésped debe ser porosa y permeable a la solución o producirse suficiente exposición de las partículas como producto de la trituración. Por otra parte la presencia de cantidades excesivas de arcillas en algunos minerales dificulta la precolación, éste problema es eliminado mediante una aglomeración de finos.

Para que el proceso de lixiviación por cianuración en pila sea viable, los minerales o menas que contienen el oro y la plata, deben cumplir las siguientes características:

Primordialmente, el mineral debe estar relativamente exento de cianicidas; de sulfuros principalmente oxidados de Sb, Zn, Fe, Cu y otros interferentes que inhiben la solubilidad del oro y la planta.

El tamaño de las partículas auríferas o argentíferas debe ser bastante pequeño para que la disolución sea en el menor tiempo posible.

El mineral debe tener la suficiente porosidad para que la solución penetre o este en contacto con la mayor superficie del mineral valioso.

El mineral debe estar libre de constituyentes ácidos; si los tuviera, es necesario efectuar pre-tratamientos.

Para el caso del mineral que se lixivia en Yanacocha estos son óxidos, los sulfuros que se encuentran son llevados a los botaderos, donde no tienen ningún tratamiento, existiendo si planta de tratamiento de aguas ácidas para los casos en que se generen estas.

5.3.- GENERALIDADES SOBRE LA DISOLUCION DEL ORO

El oro no se oxida a temperatura ordinaria, no es soluble en ácidos: clorhídrico, nítrico y sulfúrico. Se disuelve en agua regia, la que puede se dificulta por la presencia de la plata mediante la formación del cloruro de plata que cubre la superficie del metal.

El oro también se disuelve en soluciones que contengan bromo o cloro, pero con mayor lentitud, siendo la reacción acelerada por el incremento de la temperatura. El yodo al estado nascente disuelve al oro. El oro se disuelve igualmente en ácido clorhídrico en presencia de sustancias orgánicas, por ejemplo; alcohol, cloroformo, etc. La disolución del oro en soluciones que contiene bromo ha servido de base para el método de bromo-cianuración, utilizado para algunos minerales refractarios en minería Australiana.

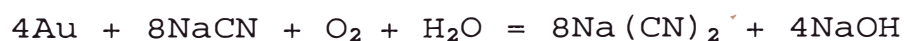
La base del proceso de cianuración, es que soluciones débiles o diluidas de cianuro de sodio o potasio, tiene una acción disolvente preferencial sobre partículas de oro metálico (igualmente sobre la plata), con respecto a otros metales que se encuentran habitualmente en los minerales de oro.

El cianuro es el término descriptivo general aplicado usualmente al cianuro de sodio, NaCN. Debidamente mencionarse que el ión cianuro(CN) es en realidad el que tiene la acción o fuerza disolvente, y la base alcalina del sodio, potasio o calcio, simplemente da la estabilidad química al compuesto.

5.4.- REACCIONES DE DISOLUCION DE ORO EN SOLUCIONES DILUIDAS DE CIANURO DE SODIO:

Las reacciones de mayor significancia en el proceso de cianuración son las que a continuación se presentan:

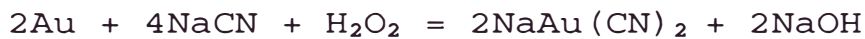
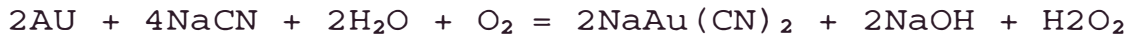
Ecuación de Elsner:



Ecuación sugerida por Janin:



Ecuación de Bodlaender:



La ecuación global vendría a ser la misma que la ecuación de Elsner.

Respecto a estas ecuaciones cabe hacer un comentario, en razón a que el constituyente de mayor importancia es el oxígeno (excepto el de Janin, por lo que pierde credibilidad). Las reacciones propuestas por Bodlaender resaltan cuan importante es la presencia del oxígeno, la cual en una cantidad limitada, forma el peróxido necesario por la disolución del oro y en exceso, propicia la oxidación del ión cianuro a ión cianato.

5.5.- FACTORES QUE AFECTAN LA DISOLUCION DEL ORO:

5.5.1.- POROSIDAD:

El mineral si es poroso no va a necesitar tratamientos previos para la lixiviación, esto lo determina las pruebas metalúrgicas, tal como sucede con los minerales provenientes de *Maqui-Maqui, San José, Carachugo, Chaquicocha*. En caso que el mineral no sea poroso será necesario un tratamiento de comunicación y en caso tenga presencia arcillas tal

como en *La Quinua* este necesitara un tratamiento de chancado y aglomerado.

5.5.2.- TAMAÑO DE PARTICULA:

Cuando en los minerales se encuentran oro libre grueso, la práctica usual es separarlo por medio de trampas hidráulicas y gravimétricas, antes de la cianuración, de lo contrario, las partículas gruesas no podrán se disueltas completamente en el tiempo disponible para llevar a cabo el proceso de disolución.

Otra práctica para reducir el tamaño de las partículas de oro, es la molienda y clasificación de los minerales de oro en circuito cerrado, donde las partículas de oro grueso son reducidas de espesor y quebrantados, logrando rebosar del clasificador.

Cuando se utilizan cribas hidráulicas en los circuitos de molienda, es posible coleccionar partículas de oro hasta de tamaños equivalente a la malla 65. Una partícula de oro de 45u de espesor, no tardaría más de 12 horas para disolverse, y una de 150u de espesor no tardaría más de 48 horas para disolverse. La plata metálica de los mismos espesores que el oro, tardará el doble de tiempo par disolverse. La velocidad de disolución, además esta acondicionada a otros factores como: la aireación, agitación, composición química, concentración de cianuro, grado de liberación de oro, y la eficiencia de la solución en uso, entre otras.

5.5.3.- CONCENTRACIÓN DE CIANURO:

La velocidad de disolución del oro en solución e cianuro alcanza un máximo al pasar de soluciones concentradas a diluidas. Hay variaciones de disolución del oro, probablemente debido a la variedad de las técnicas empleadas en la determinación experimental de los resultados.

Las variaciones incluyen factores como, la razón del volumen de la solución a la superficie del oro, y las mencionadas anteriormente. Si es empleado un gran volumen de solución de cianuro y la superficie expuesta por el oro es relativamente pequeña y la agitación es suficientemente intensa para favorecer la difusión de los productos de la reacción, entonces el factor restrictivo que gobierna la velocidad de disolución del oro sería la concentración de oxígeno en la solución en contacto con el oro. *En la lixiviación para los minerales en Yanacocha se usan fuerzas de cianuro que varían entre 50 a 60 ppm, esto obedece a pruebas metalúrgicas de recuperación de oro, plata y mercurio, ya que a este ultimo elemento se rata de minimizar su recuperación por su alto grado contaminante.*

GRAFICO N° 7: RECUPERACIÓN DE Au Y Hg CON 50 ppm DE CN-

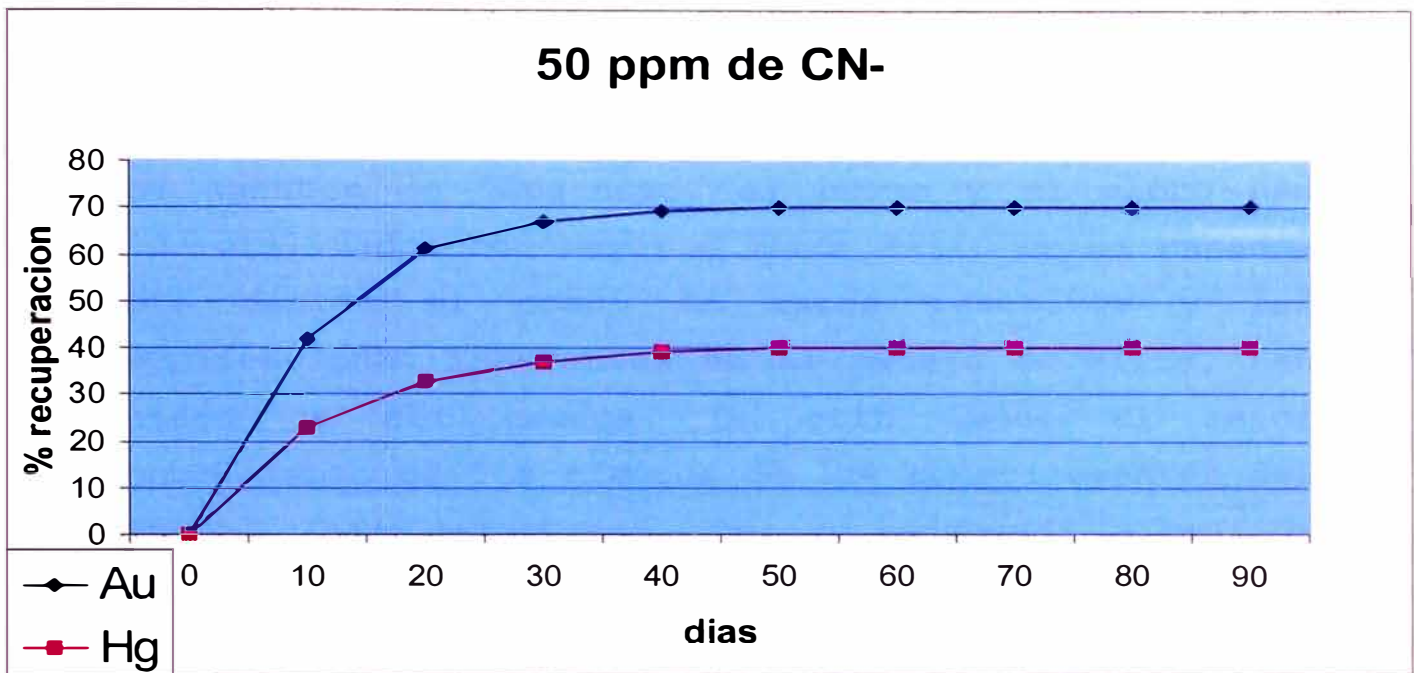
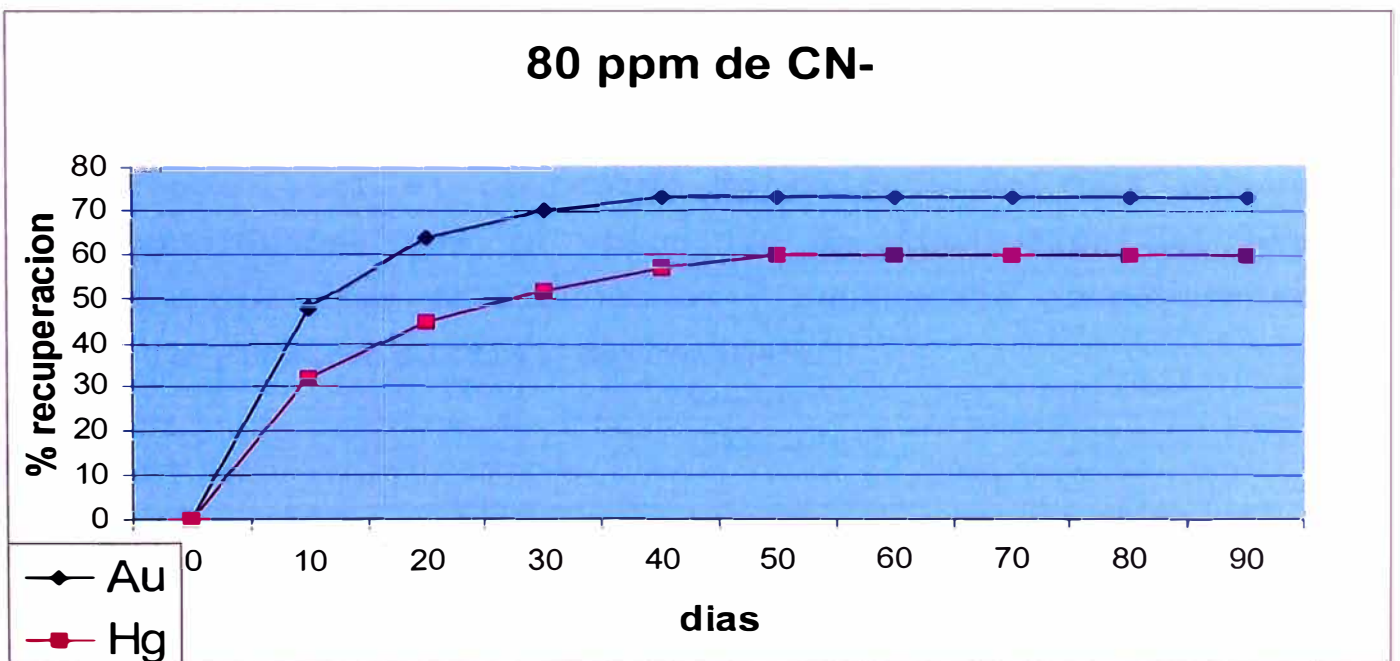


GRAFICO N° 8: RECUPERACIÓN DE Au Y Hg CON 80 ppm DE CN-



5.5.4.- CONCENTRACIÓN DE OXIGENO:

El uso del oxígeno o de un agente oxidante es indispensable para la disolución del oro bajo condiciones normales de cianuración.

Los agentes de manganeso, el bromo y el cloro han sido utilizados con mayor o menor éxito en el pasado, pero debido al costo de estos reactivos y las complicaciones inherentes en el manejo de ellos, han dejado de ser usados. De otro lado, el mejor conocimiento de los efectos de los constituyentes del mineral, han demostrado que una adecuada aireación dan tan buenos resultados como lo hacen los oxidantes químicos citados.

Según estudios realizados, el efecto del oxígeno en la disolución del oro (que se muestra en la tabla No.1)1), esta referida para una solución de cianuro de sodio al 0.10% y a 25°C. Donde se observa que la velocidad de disolución del oro es directamente proporcional al contenido de oxígeno del gas usado, deduciéndose que la velocidad de disolución del oro en soluciones de cianuro es directamente proporcional a la presión parcial del oxígeno.

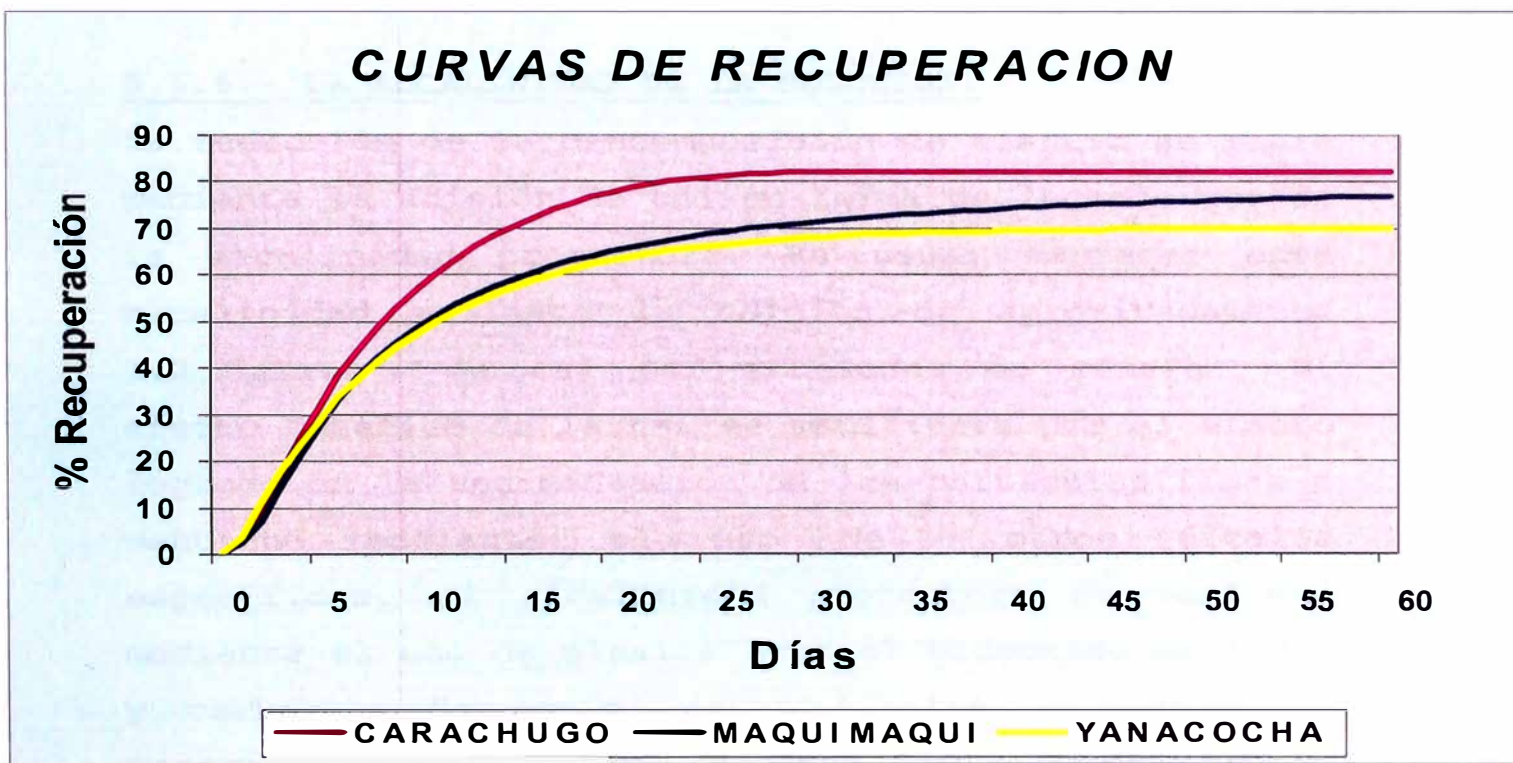
GRAFICO N° 9

% Oxigeno	Velocidad de disolución (mg/cm ² .h)
0.0	0.04
9.6	1.03
20.9	2.36
60.1	7.62
99.5	12.62

El uso de oxígeno puro es demasiado costoso, por lo que el aire es la fuente usual del oxígeno requerido.

Para el caso de la minera Yanacocha el oxígeno con el que tiene contacto la solución de cianuro al momento de la lixiviación es el proveniente del ambiente aire - ya que no se adiciona oxígeno debido a que los parámetros de recuperación demuestran que no es necesario estando si ligados estos parámetros a el tiempo de lixiviación entre 40 a 60 días, tal como lo muestra el grafico siguiente:

GRAFICO N° 10



5.5.5.- LA TEMPERATURA:

El suministro de calor a la solución de cianuro en contacto con oro metálico produce fenómenos que afectan la velocidad de disolución.

El incremento de la temperatura aumenta la actividad de la solución incrementándose por consiguiente la velocidad de disolución disminuye debido a que la solubilidad de los gases decrece al aumentar la temperatura.

Por consiguiente, deberá de haber una temperatura óptima para un máximo grado de disolución. De estudios, se conoce que esta temperatura es de 85°C. En la práctica, el uso de soluciones calientes para la extracción del oro resulta desventajosa por el elevado costo.

5.5.6.- LA ALCALINIDAD DE LA SOLUCION:

La reducción de la descomposición de cianuro se logra mediante la adición de cal en forma de lechada que es la alcalinidad protectora. Es usual mantener esta alcalinidad mediante la adición de aproximadamente 1.0 libras de cal por toneladas de mineral. El efecto benéfico de la cal se manifiesta por el efecto logrado en la sedimentación de las partículas finas o mantiene mediante el uso de otros álcalis específicos, la alcalinidad protectora se mantiene mediante el uso de álcalis como el hidróxido de sodio y carbonato de sodio; estos álcalis, sin embargo, generalmente no son agentes de sedimentación efectivos.

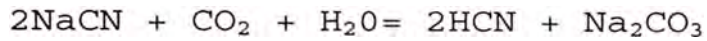
Los hidróxidos de calcio presente en la solución de cianuración cumplen funciones específicas, como:

-Previene la pérdida de cianuro por hidrólisis:



Haciendo que la reacción sea favorecida hacia la izquierda.

-Previene la pérdida de cianuros por efecto de la acción del dióxido de carbono del aire:



-Favorece la descomposición de los bicarbonatos presentes en el agua que se usa, antes del proceso de cianuración.



-Neutralizar los compuestos ácidos y los que generan acidez, tales como sales férricas, sulfatos, etc.

-Ayuda en la sedimentación de las partículas finas, consiguiéndose la clarificación de la solución cargada de metales preciosos.

En Yanacocha junto con la descarga del mineral se tiene que adicionar la cal líquida para lograr una buena homogenización de estos y el pH adecuado.

La cal que se utiliza es suministrada como cal molida en sacos de 1,3 toneladas aprox. cada una.

Las Plantas de cal que se tiene son solo para mezclar la cal sólida con agua o con barren y poderla adicionar al mineral con la ayuda de un camión cisterna de 5000 gl. de capacidad.

Ha quedado establecido mediante pruebas metalúrgicas que la adición de cal para el mineral es la siguiente:

Pad Carachugo 0.55 Kg de cal/ Ton. de Mineral

Pad Maqui Maqui 0.71 Kg de cal/Ton de Mineral

Pad Yanacocha 0.50 Kg de cal/Ton de Mineral

Pad La Quinoa no se dosifica debido a que no es necesario por la cal que ya presenta por naturaleza el cemento.

La Planta de Cal cuenta con dos tanques:

- Tanque de preparación.
- Tanque de almacenamiento.

Los bolsones son apilados y se levantan con un tecla de 2 Ton. para ser introducidos en el tanque de preparación. Se mezcla luego la cal con la solución en una concentración de 13% a 15% en peso. Se agita para lograr una buena homogenización. Luego se trasvasa la cal diluida al tanque de almacenamiento, para posteriormente pasar la cal diluida al cisterna y ser adicionada en el Pad.

La cisterna de cal con que se cuenta es un camión de un solo eje con capacidad de 5000 gl En la parte superior se tiene una boquilla de descarga por donde sale el chorro de cal diluida a presión. En la parte posterior también tiene un sistema de aspersion de cal.

El pH que debe se de mantenerse en el mineral debe estar en un rango entre 9 y 11 para evitar la formación de ácido cianhídrico y donde la cianuración de menas de oro es factible.



FOTO N° 7: CISTERNA DOSIFICADOR DE CAL.

5.5.7.- EL Ph y Eh EN LA CIANURACION:

El mecanismo físico químico de la lixiviación del oro con soluciones de cianuro tiene su interpretación por diagramas Eh pH para sistemas Oro-Agua, Cianuro-Agua y Oro-Cianuro-Agua.

Los Cationes áuricos (Au^{3+}) pueden estar en equilibrio con oro metálico en el sistema oro-agua (Figura 5) o con iones auro-cianuro $Au(CN)_2$ en el sistema oro-cianuro-agua (Figura 7), hasta Ph 1. Los iones de oro predominantes son áuricos, y no aurosos, debido a que la reacción $Au^0 \rightarrow Au^{3+}$ se ubica muy por del límite de estabilidad de la reacción $Au^0 \rightarrow$

El campo de estabilidad del oro metálico a potenciales de reducción relativamente bajos, cubre todo el rango de pH, al igual que la estabilidad del agua.

El oro puede formar especies de óxidos insolubles (óxido áurico hidratado: $Au_2O_3 \cdot 3H_2O \leftrightarrow 2AU(OH)_3$ ó

peróxido de oro, AuO_2 a potenciales relativamente altos. Ambos óxidos son termodinámicamente inestables y por lo tanto fuertes oxidantes. La fuerza oxidante de estos óxidos depende de la acidez del sistema y declina cuando incrementa el pH. El ácido cianhídrico (HCN) y los iones de cianuro (CN^-) que forma el complejo auroso de cianuro ($\text{Au}(\text{CN})_2^-$); Son las especies estables a muy bajas potencialidades (Figura 6) siendo el último, predominante a pHs mayores a 9,24. A potencialidades elevados, el ion cianato (CN^-), es la única especie estable.

La comparación de las figuras 5, 6 y 7, indica que la introducción de cianuro en el sistema acuoso reduce drásticamente el campo de estabilidad del oro metálico y sus óxidos. El complejo auroso de cianuro tiene un amplio campo de estabilidad extendiéndose en un área grande del campo de estabilidad del agua. El extenso campo de estabilidad del auro-cianuro especialmente a Ph mayor a 9 (donde no hay formación de HCN) hace que la cianuración de menas portadoras de oro, sea factible.

FIGURA N° 5

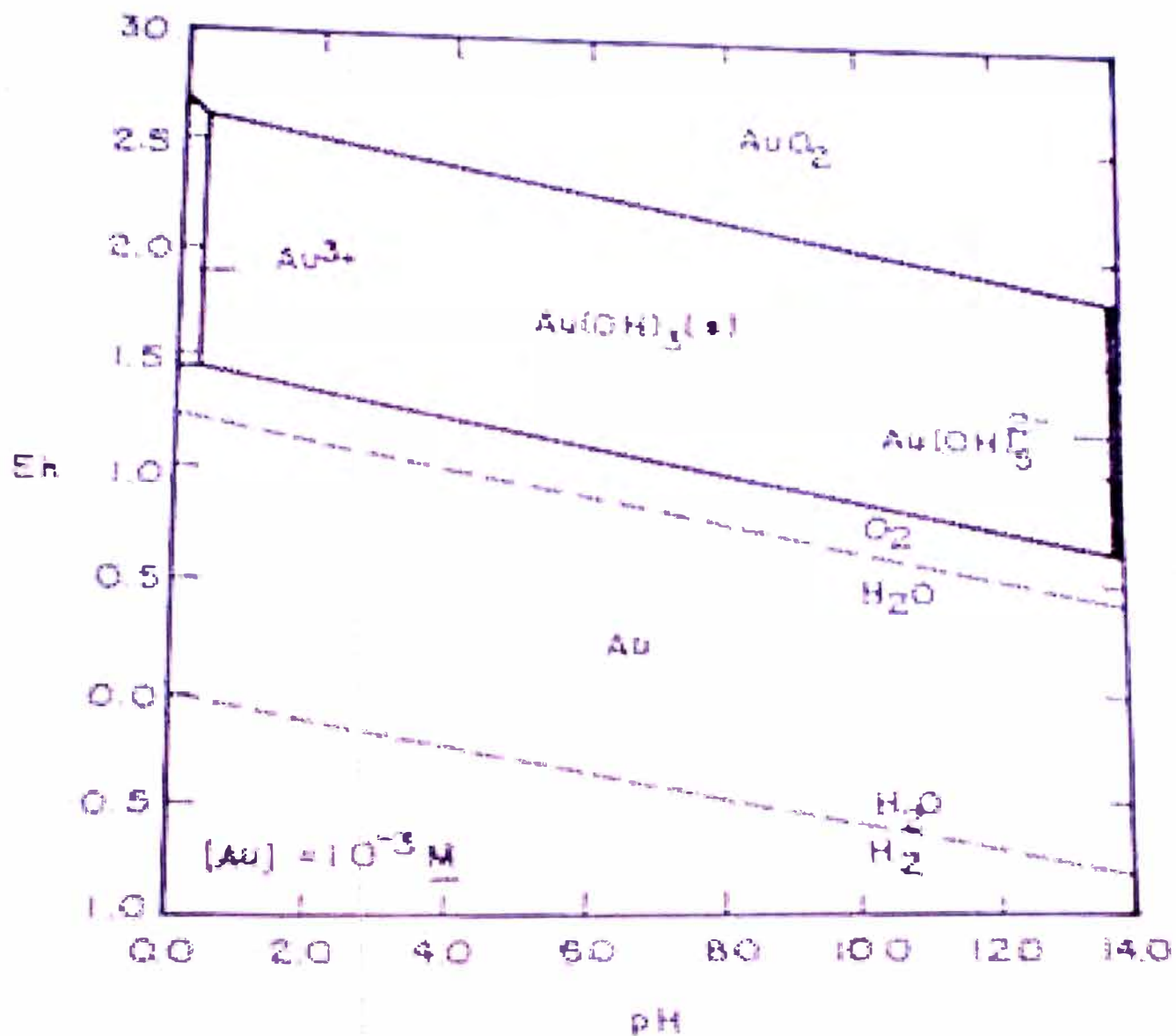


Diagrama Eh-pH para el sistema
Au-H₂O, a 25°C.

FIGURA N° 6

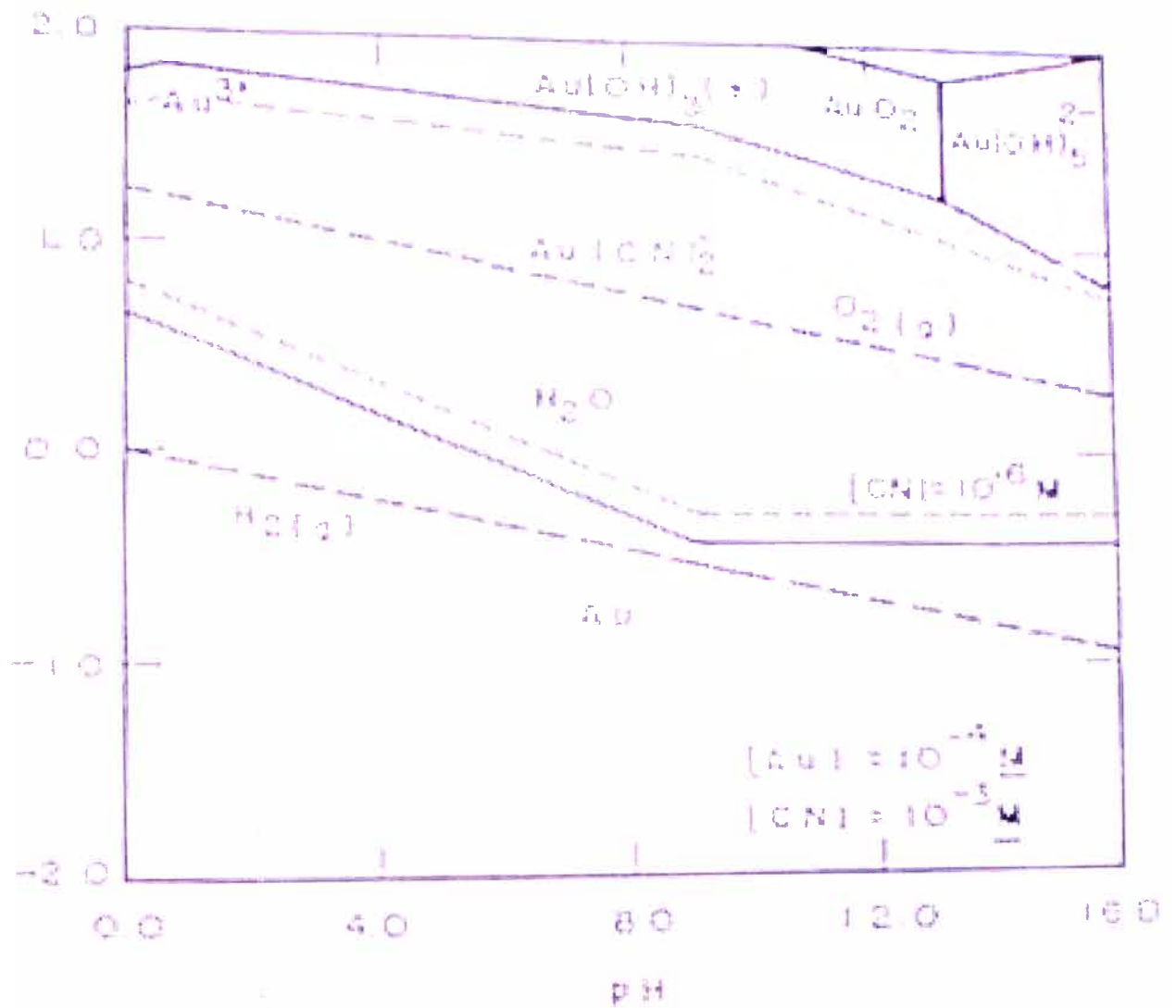
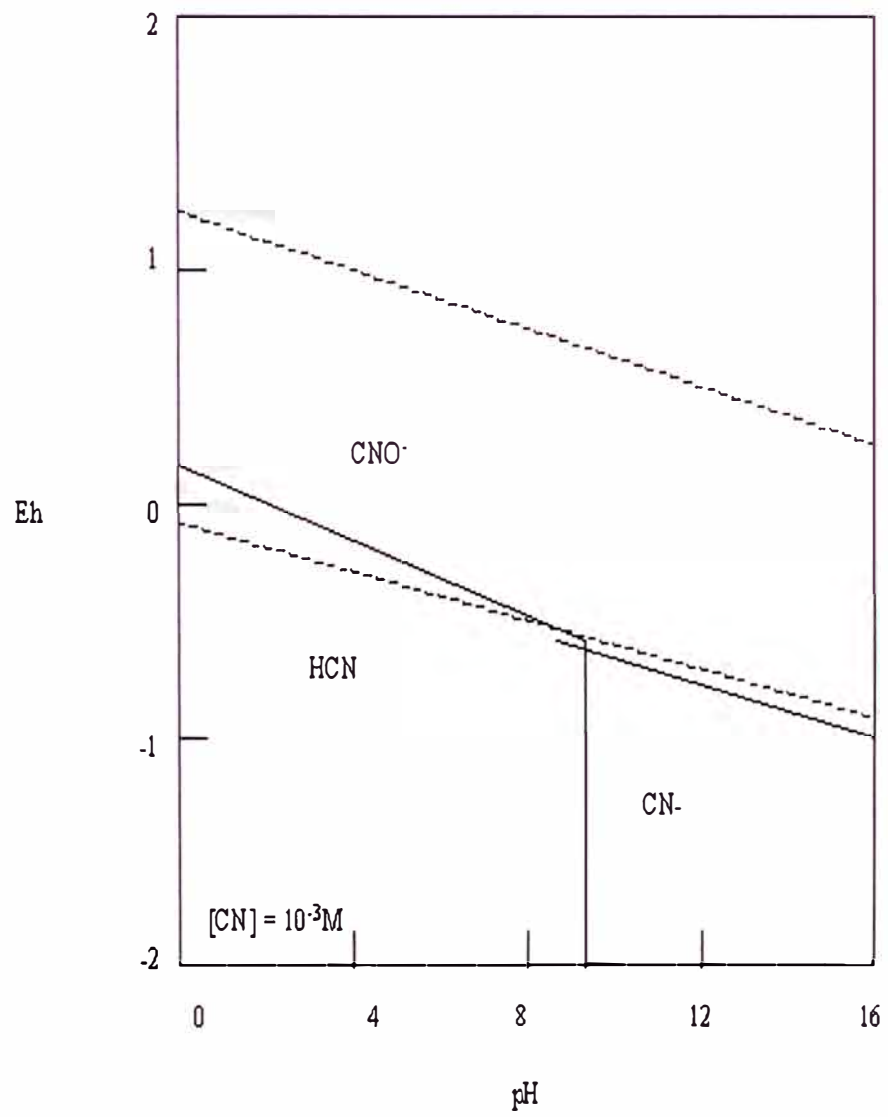


Diagrama Eh-pH para el sistema Au-CN-H₂O, a 25°C.

FIGURA N° 7

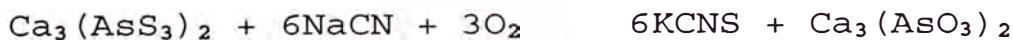
Eh-pH Diagram for the CN-H₂O System at 25C



5.5.8.- LA INFLUENCIA DE COMPUESTOS EXTRAÑOS DEL MINERAL EN EL PROCESO DE CIANURACION:

Muchos investigadores están de acuerdo que la disolución de oro por cianuro está controlado por difusión, pero en la lixiviación industrial con cianuro, las sustancias consumidoras de oxígeno pueden afectar decididamente la velocidad de extracción del oro. La pirrotita (y la pirita, en menor grado), el cobre, el zinc (y todos los metales fundamentales) arsénico y minerales de antimonio, consumen cianuro.

Algunas de las reacciones de cianicidas, se citan a continuación:



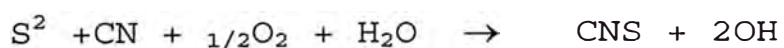
Los iones de metales comunes (Cu^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} y Zn^{2+}), con el cianuro forman complejos estables, consumiéndole, reduciendo su actividad y retardando la cianuración del oro. El cobre en su estado monovalente forma una serie de complejos extremadamente solubles en soluciones de cianuro:



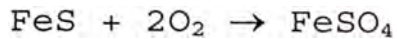
La velocidad de cianuración del oro no está afectada por la presencia de esos iones cuprocianuros, en tanto se mantenga un exceso de cianuro en solución

(CN total en solución) / (CU total en solución) > 4). Por lo tanto, si en la mena existen elevados niveles de cobre soluble en cianuro, que no pueden ser eliminados antes de la cianuración, se deberá añadir un exceso significativo de cianuro. Cuando la solución de lixiviación contiene más de 0,03% de cobre, el $\text{Cu}_2(\text{CN})_2 \cdot 2\text{NaCN}$ puede ser precipitado por acidificación controlada con ácido sulfúrico. El cianuro debería ser regenerado a partir de este precipitado. En la práctica industrial, si se permite que el contenido de cobre de la solución de lixiviación pase a 0,03%, la disolución de oro disminuye considerablemente. La recuperación de oro a partir de soluciones que contienen cobre, tiene que llevarse a cabo por el proceso en pulpa (CIP), ya que la precipitación de oro con zinc es ineficiente en presencia de elevados niveles de cobre.

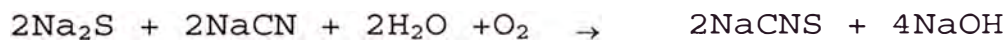
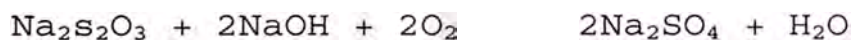
Los minerales sulfuros reaccionan con el cianuro y oxígeno para formar iones tío cianatos:



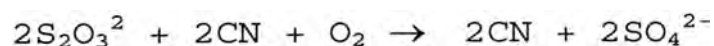
La pirita es el más estable (por lo tanto el menos problemático) de los sulfuros de hierro. La marcasita descompone más rápido que la pirita y puede ser un cianicida, pero es menos detestable que la pirrotita. Este es un cianicida muy negativo, su velocidad de descomposición es más rápido que otros minerales piritosos. La pirrotita se descompone formando sulfatos ferrosos y férricos; por lo tanto, consume el oxígeno disuelto en la solución:



El sulfuro alcalino puede ser uno de los productos de la reacción entre la pirrotita y el cianuro alcalino de la solución. El ion sulfuro es un veneno muy poderoso para la cianuración de oro. Se ha reportado inclusive que cantidades menores a 0,05ppm de ion sulfuro, disminuirá notablemente la disolución. El sulfuro alcalino debería ser oxidado en presencia de oxígeno a tío sulfato, sulfato y/o tío cianato como se expresa en las siguientes reacciones:



De este modo la descomposición de minerales portadores de azufre pueden dar iones tío sulfato y politiocianatos que merman el cianuro y el oxígeno disuelto de la solución:



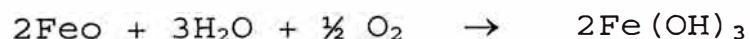
El tiocinato se forma por la reacción del cianuro sulfuro, oxisulfuro, iones arseno-sulfuro y azufre elemental.

Minerales portadores de arsénico, arsenopirita ($\text{FeS} \cdot \text{FeAs}$), rejalgar (As_2S_2) y oropimente (As_2S_3), a menudo están asociados con menas de oro y

pueden reaccionar con soluciones cianuradas, consumiendo oxígeno y cianuro. AsO_3^{2-} , AsO_4^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, SO_4^{2-} y CN^- han sido identificados como los productos de reacción de oropimente solución alcalina de cianuro aireada. Algunos de estos iones consumirán oxígeno adicional para alcanzar un estado estable, y otros como el S^{2-} y $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ pueden ser adsorbidos sobre la superficie del oro e inhibir la cianuración.

La presencia de la arsenopirita en la mena puede causar la pérdida de cianuro y oxígeno disuelto a través de su descomposición. En este aspecto, la estibina puede ser peor que la arsenopirita; En adición al oxígeno adsorbido por los sulfuros alcalinos formados durante su descomposición, los iones de tío antimonita (SbS_3) y sulfuro (S_2) generados pueden ser adsorbidos sobre la superficie del oro e impedir la reacción con el cianuro. Además, se debe tener presente la elevada presencia de cal, acelerada la descomposición de la pirrotita y reduce el efecto de las sales de plomo, que se hace mención.

En algunos casos, para evitar la formación de ferrocianuros, suele añadirse litargirio en la etapa de molienda, produciéndose las siguientes reacciones:

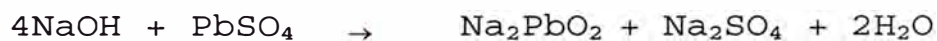


El efecto negativo de los minerales e arsénico y antimonio, puede ser resuelta con iones de plomo, los cuales, además de precipitar iones sulfuro, aceleran

la oxidación de los iones tioarsenato (AsS₃) y tiantimonito (Sb₃S₃). El efecto de la estibina puede ser controlado, al menos parcialmente, oreando molida antes de cianurarla. Sobre la superficie de la estibina oreada, en contacto con agua, se forma un sulfuro básico de antimonio.

La adición de una cantidad de cal-predetermina y la agitación de las pulpas con alto contenido de minerales de pirrotita, arsénico y/o antimonio (los llamados minerales refractarios), es un pre-requisito a la cianuración. A esta etapa, le sigue una cianuración convencional con la notoria reducción de consumo de cianuro y la separación de los sulfuros solubles como sulfatos básicos, oxidar el ferroso y precipitarlo en la forma de hidróxidos férricos.

Los principales minerales de plomo, galena (PbS) y anglesita (PbSO₄) se comportan igual en las soluciones de cianuro, ya que la galena se oxida fácilmente a sulfatos de plomo. Concentraciones bajas de álcali o cal deberían ser usadas en presencia de minerales de plomo, para evitar la formación de plumbita, la cual puede consumir cianuro. Con exceso de álcali, ocurren las siguientes reacciones:



Finalmente, se ha reportado que, durante la tostación de pirritas auríferas portadoras de bajas concentraciones de minerales de plomo, los compuestos de plomo pueden recubrir las partículas de oro y hacer que éstas sean insolubles en cianuro. La

recuperación de tales calcinas puede ser mejorada por un tratamiento preliminar con ácido clorhídrico diluido para separar el plomo, seguido de adición de cal y cianuración.

VI.- LIXIVIACION EN PILAS

6.1.- PROCEDIMIENTO:

El mineral luego de ser volado en Mina es transportado hacia el Pad de Lixiviación, únicamente el mineral proveniente de La Quinua recibe un tratamiento intermedio de chancado y aglomeración por la presencia de arcillas.

El acarreo de mineral hacia los Pads es como sigue:

Mina Carachugo y San José al Pad de Carachugo

Minas Yanacocha Norte y Sur al Pad de Yanacocha.

Mina La Quinua hacia el Pad La Quinua

El promedio de Mineral depositado en el Pad es variable de acuerdo a un Plan establecido según Planeamiento.

Actualmente se esta depositando un promedio diario de:

Pad Maqui-Maqui	0 TMS
Pad Carachugo	178,000 TMS
Pad Yanacocha	192,000 TMS
Pad La Quinua	134,000 TMS

(datos mes de setiembre 2002)

Las operaciones del área de planta comienzan con el armado de las celdas en el Pad, para lo cual se cuenta con el siguiente material:

- Mangueras de $\frac{3}{4}$ " de diámetro conocidas como "Emmitter Liner" las cuales tienen goteros cada 0.80 mt.
- Tuberías de 4" y 6" de HDPE SDR 11 perforadas cada 0.80 mt.
- Acoples metálicos de 4" y 6" tipo victaulic. Estos acoples son de diferentes tipos dependiendo esto del material que se conecta; es decir si hay que unir dos

tuberías de HDPE se utilizará la # 995, si se une HDPE con fierro se utilizará la # 997 y si se une dos de fierro se utilizará las # 77.

- Válvulas de 4" tipo mariposa para poder controlar el flujo que se transmite a las mangueras.
- Conectores de ½" que sirven para unir las mangueras (Emitter Liner) a las tuberías de 4".

Las tuberías HDPE de 6" se conectan a los Christmastree a través de mangueras flexibles de 6". Estas tuberías son conectadas posteriormente a tuberías HDPE de 4" a través de reducciones HDPE para luego conectarse a estas las mangueras de riego. Las válvulas de 4" son conectadas de acuerdo al criterio del operador dependiendo esto del lugar donde se necesite controlar flujo.

Las mangueras se deben colocar con una longitud máxima de 75 mt., las tuberías de 4" en longitud máxima de 150 mt. y las de 6" en longitud máxima de 300 mt. siendo esta también la separación máxima entre los christmastree. Otro detalle que se controla también es que las mangueras estén uniformemente paralelas para lograr un riego uniforme de la celda.

El personal encargado del Pad también tiene la misión de chequear el ratio de riego en cada celda el cual debe ser de 10 Lt/Hr/m². Este dato fue proporcionado por Laboratorio Metalúrgico en base a pruebas realizadas.



FOTO N° 8: CHRISTMAS TREE

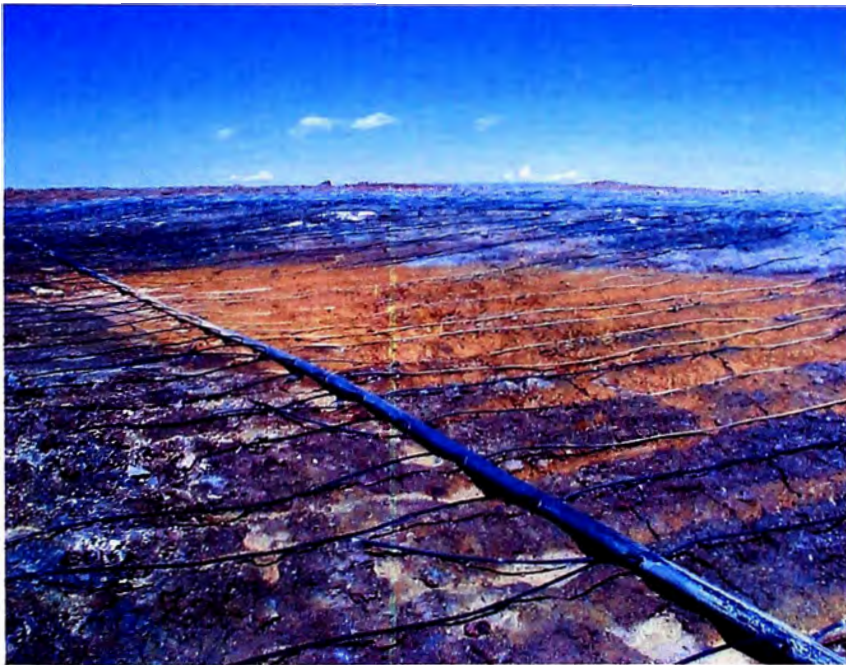


FOTO N° 9: MANGUERAS DE RIEGO

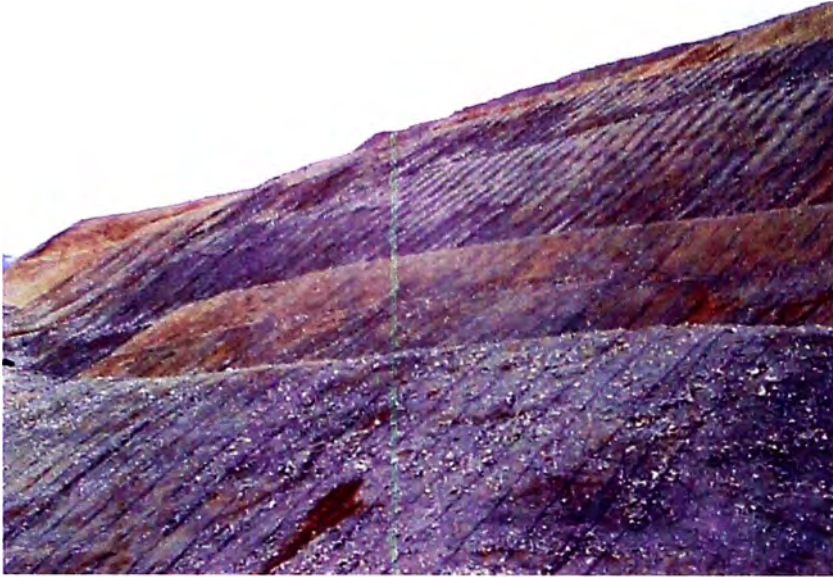


FOTO N° 10: REGADIO DE TALUDES

6.2.- DESCARGAS DE SOLUCION A LAS POZAS:

La solución luego de haber lixiviado el mineral llega hacia un sump donde se encuentran todas las descargas provenientes de diferentes lugares del pad.

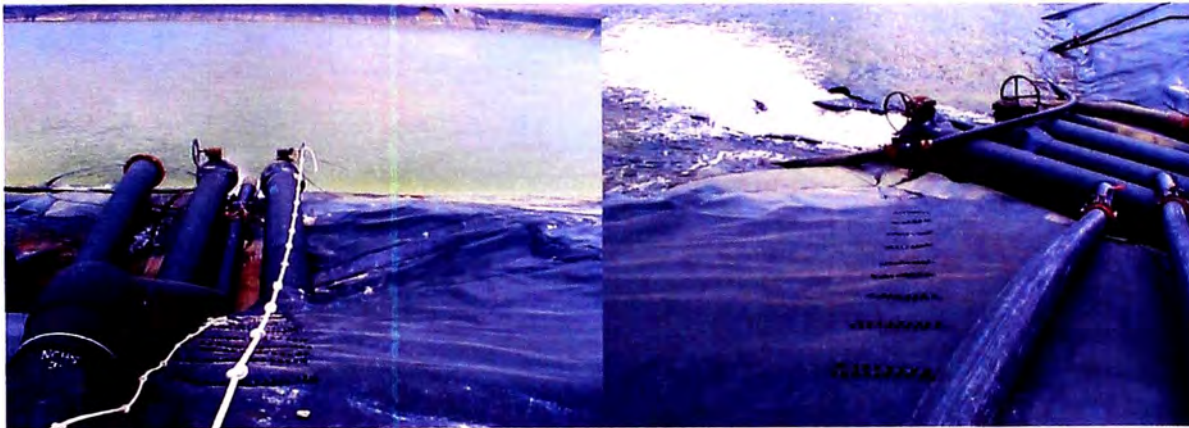


FOTO N° 11: SUMP YANACOCCHA NORTE

De estas descargas se toman muestras diariamente para analizar el contenido de Oro es así que se seleccionan las descargas de mayor ley hacia la poza de operaciones y las de menor ley hacia la poza de menores eventos, en caso de lluvia en que la solución se enturbie también se derivaran las descargas hacia la poza de menores eventos para evitar problemas en la planta de Merrill-Crowe.

FOTO N° 12

FOTO N° 13



SISTEMA DE DERIVACIÓN DE DESCARGAS EN CASO DE TURBIDEZ

6.3.- POZA DE OPERACIONES:

Que es la Poza a donde llegan las descargas de la pila con más alta ley, y es de esta poza que se envía solución como alimento a la planta de procesos de Merrill-Crowe. Esta poza ha sido construida con triple recubrimiento de geomembranas y sistemas de detección de fugas.



FOTO N° 14: POZA DE OPERACIONES YN

6.4.- POZA DE MENORES EVENTOS:

A esta poza llegan las descargas con menor ley las cuales serán bombeadas nuevamente a la parte alta de la pila para su regado y por esto a la solución de esta poza se le conoce como solución de recirculación, también de esta poza se envía solución a la planta de carbón. Esta poza cuenta con recubrimiento de geomembranas y sistemas de detección de fugas.

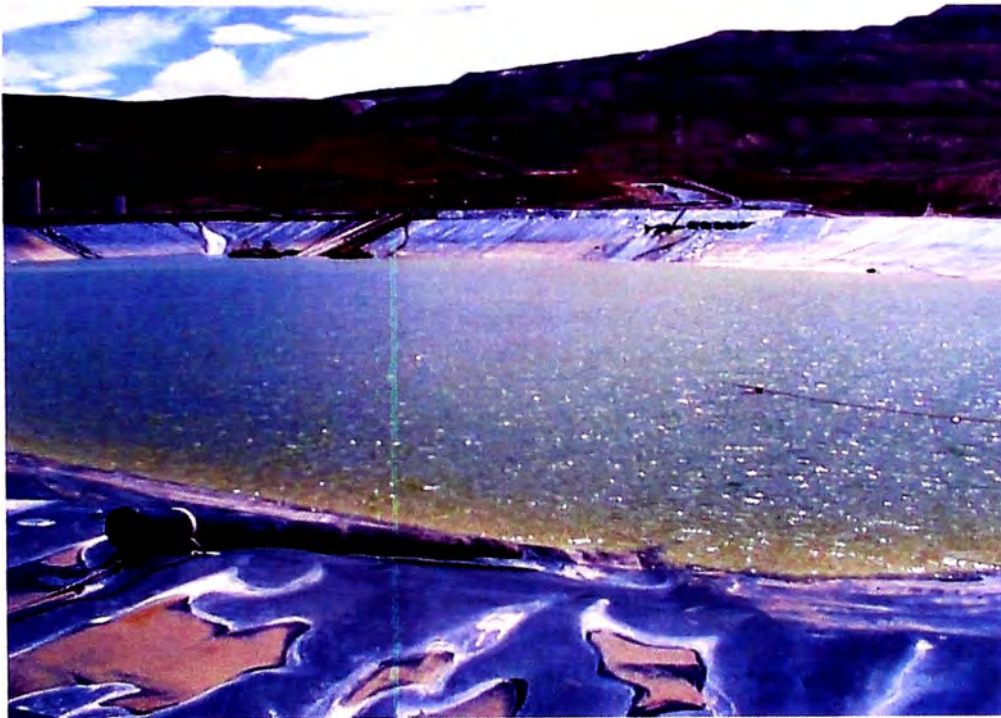


FOTO N° 15: POZA DE MENORES EVENTOS YN

6.5.- POZA DE TORMENTAS:

Poza que únicamente almacena solución procedente de lluvias, no se encuentra permitido por medio ambiente que soluciones con cianuro ingrese a esta poza y es la poza de mayor capacidad ya que también sirven como poza para almacenar agua en épocas de sequía y poder suministrar luego esta agua al sistema. Esta poza se la diseña con la finalidad de que pueda resistir la peor tormenta ocurrida en 100 años por el tiempo de 24 horas.

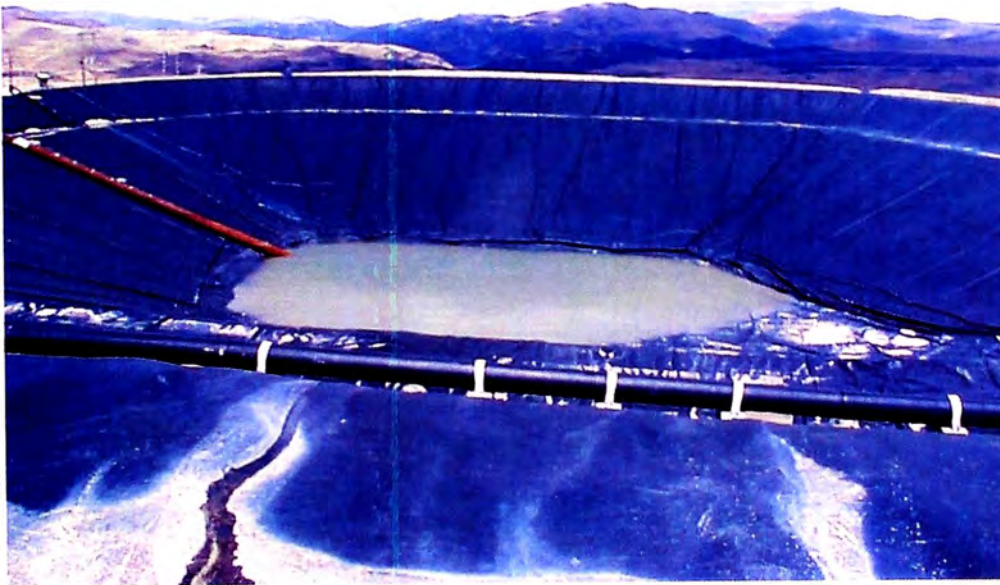


FOTO N° 16: POZA DE TORMENTAS YN

6.6.- BOMBEO DE SOLUCION A LAS PLANTAS DE MERRILL-CROWE -
CARBON EN COLUMNAS:

La solución que se encuentra en las pozas es bombeada hacia las plantas de Carbón y Merrill-Crowe, dando prioridad de leyes a Merrill-Crowe:



FOTO N° 17: PLANTA DE CARBON EN COLUMNAS - YANACOCHA NORTE



FOTO N° 18: PLANTA DE MERRILL-CROWE EN YANACOCHA NORTE

6.7.- SISTEMAS INTERCONECTADOS DE BOMBEO:

Son los sistemas con los cuales se interconectan las plantas de Merrill - Crowe, Carbón y estaciones de bombeo de las pozas de Maqui Maqui, Caracuho, Yanacocha Norte y la Quinoa, con el fin de maximizar la producción de las plantas dando preferencia de leyes de solución a Merrill-Crowe, en condiciones de soluciones claras, en caso de alta turbidez estas serán enviadas hacia el tanque de recirculación o plantas de Carbón. Se muestra a continuación los diferentes sistemas de bombeo:

DIAGRAMA N° 2 Sistema de bombeo en Maqui- Maqui

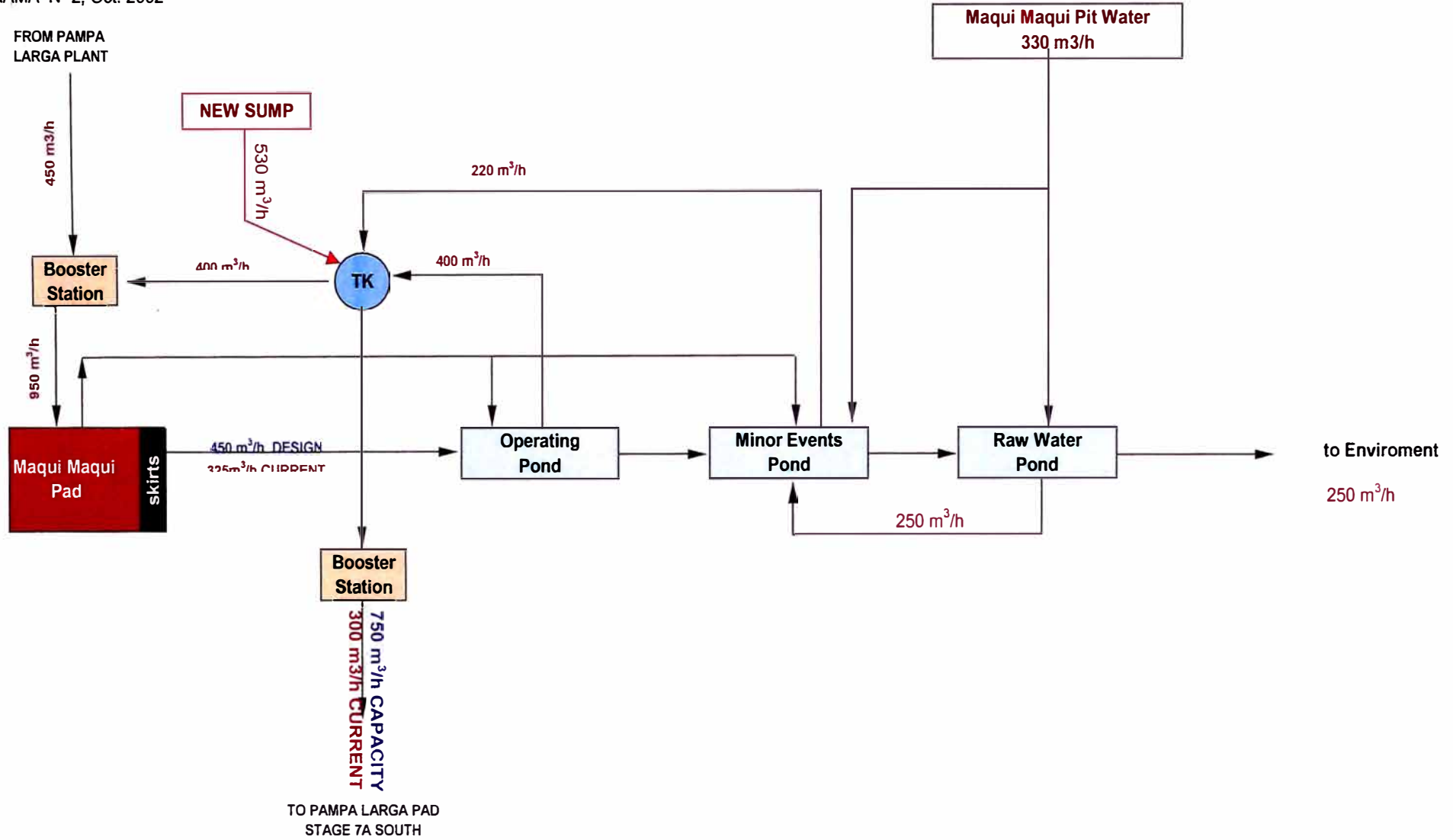
DIAGRAMA N° 3 - Sistema de bombeo en Carachugo.

DIAGRAMA N° 4 - Sistema de bombeo en Yanacocha Norte.

DIAGRAMA N° 5 - Sistema de bombeo en La Quinoa.

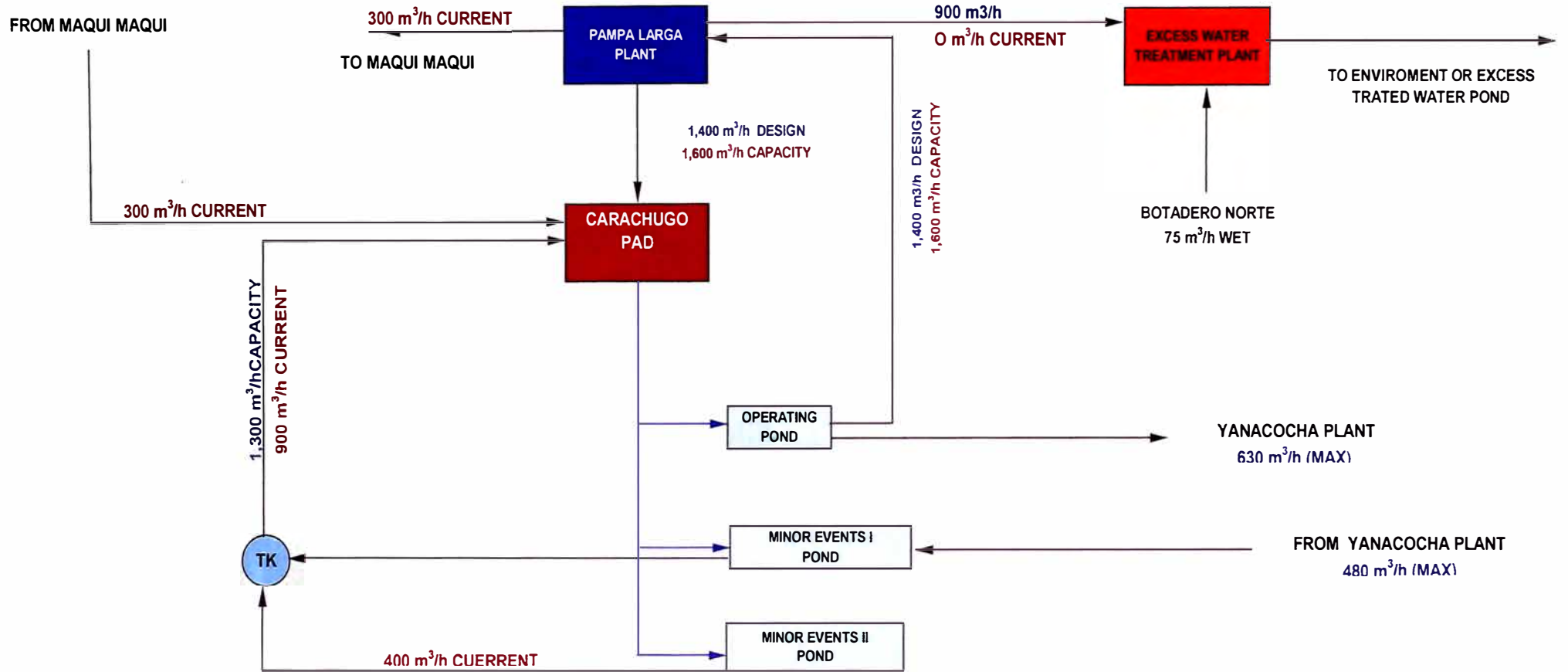
MAQUI MAQUI

DIAGRAMA Nº 2, Oct. 2002



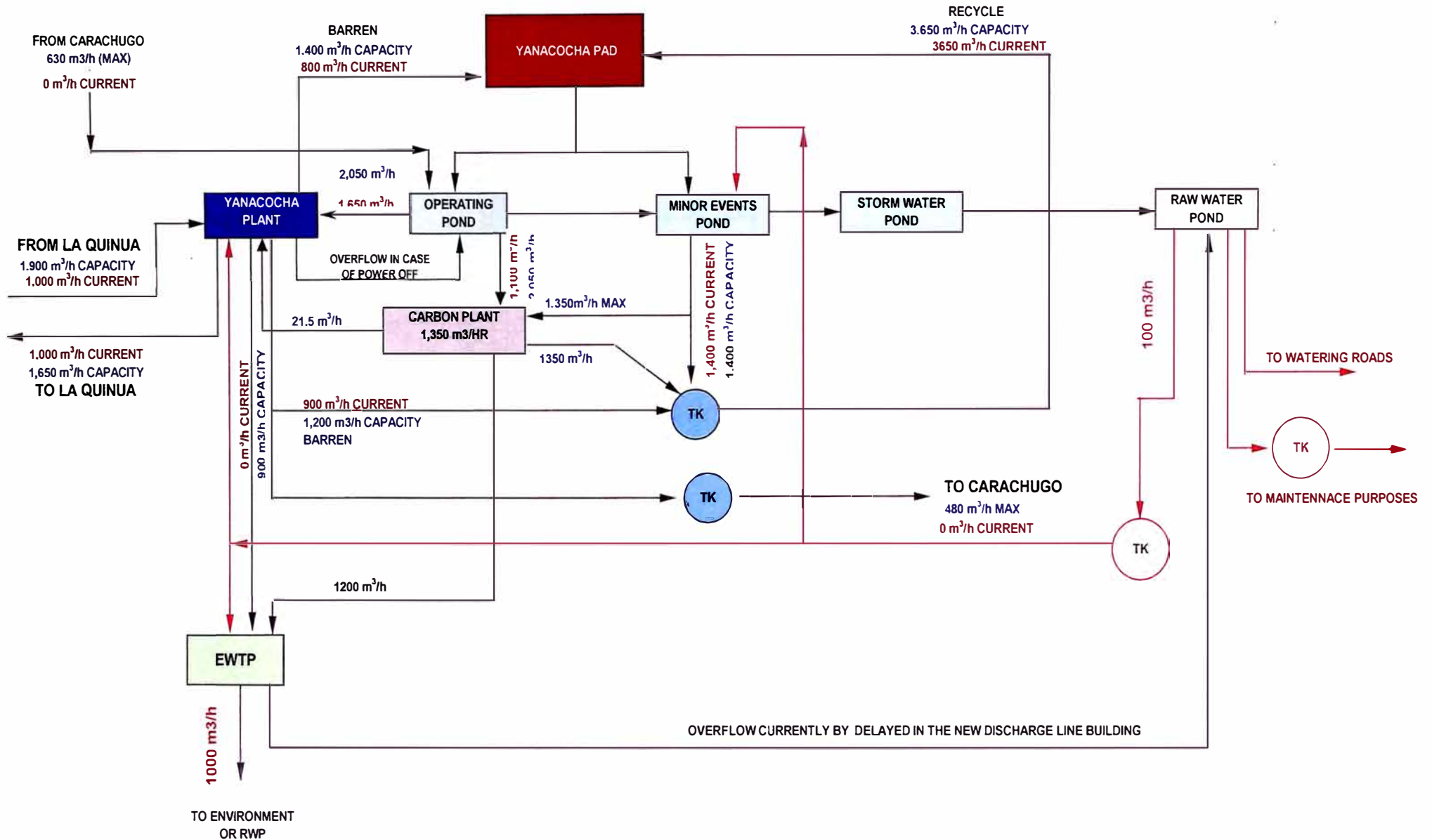
CARACHUGO

DIAGRAMA N° 3, Oct. 2002



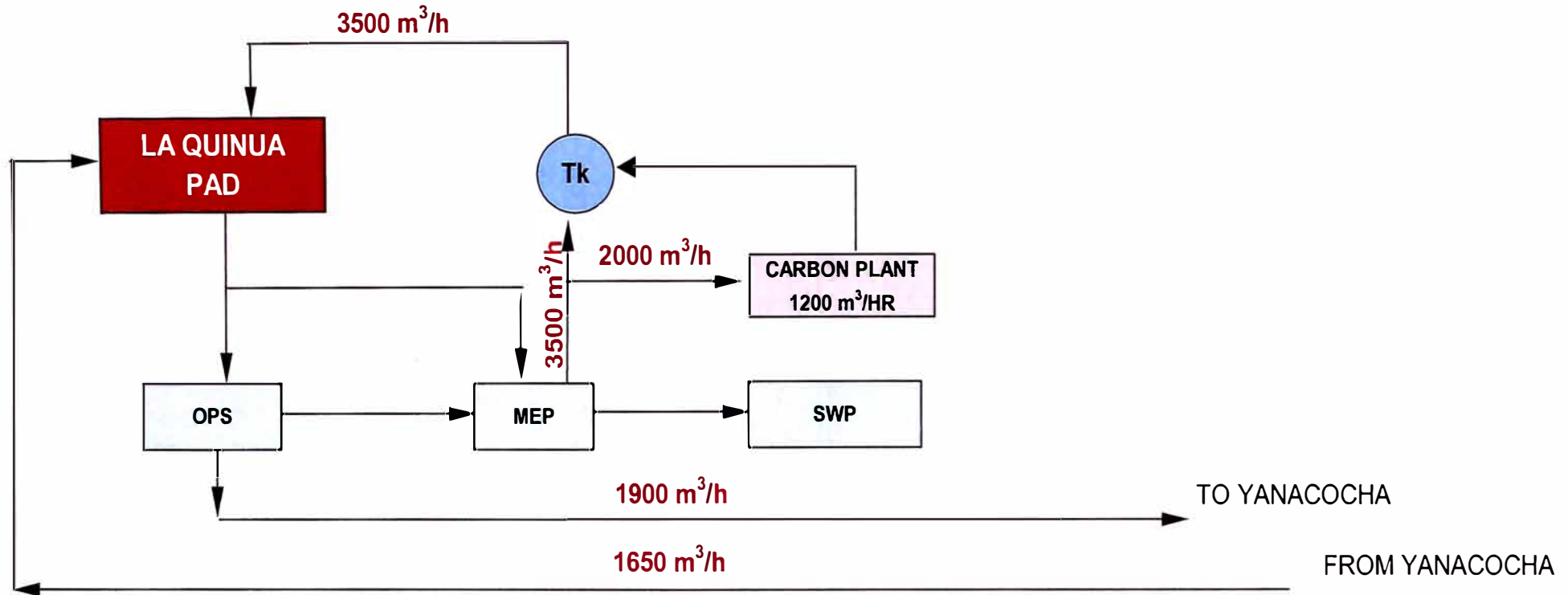
YANACOCHA NORTE

DIAGRAMA N° 4, Oct. 2002



LA QUINUA

DIAGRAMA N° 5, Oct. 2002



VII.- PRECIPITACIÓN DEL ORO

7.1.- INTRODUCCIÓN:

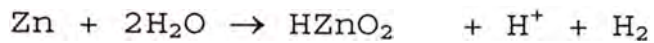
El orden electroquímico de los metales en soluciones de cianuro determina su solubilidad relativa en dicho solvente. Las determinaciones publicadas del orden electroquímico de metales en soluciones de cianuro y de potasio, indican la secuencia siguiente, de positivo a negativo: Mg, Al, Zn, Cu, Au, Hg, Pb, Fe, Pt. Cualquier metal de esta secuencia tenderá a disolverse en solución y precipitarán ellos. por ejemplo, el cobre precipitará al oro, plata, mercurio, etc. El magnesio ó aluminio precipitará al oro y plata al oro y la plata más rápido al zinc.

7.2.- FUNDAMENTO TEORICO MECANISMO QUÍMICO DE LA PRECIPITACION DEL ORO:

Cuando la cianuración fue adoptada en gran escala, como en el proceso de extracción del oro a partir de sus menas en 1890. MacArthur usó algunas limaduras de zinc para precipitar oro a partir de soluciones cianuradas. La adición de sales solubles de plomo (en una concentración controlada) para crear una aleación plomo zinc sobre las partículas de zinc. La precipitación del oro fue más eficiente cuando en 1904 C.W. Merrill introdujo el uso de zinc en polvo (que proporcionaba un inmenso área superficial).



El zinc también puede reaccionar en soluciones alcalinas de cianuro para producir hidrógeno:



Por tanto, es posible que la precipitación de algo de oro no proceda directamente sino a través de la formación de hidrógeno.



Se sabe, no obstante, que el oro de las soluciones cianuradas no es precipitado por el hidrógeno a presión atmosférica. A elevadas presiones y temperaturas, la reducción de los iones aurosos por el hidrógeno toma lugar a velocidades relativamente bajas. Barin y otros propusieron la siguiente reacción química total para la cementación de oro por zinc.



La cementación es un sistema redox heterogéneo en el cual los iones aurocianuro y cianuro tienen que transferirse a la superficie de zinc; los reactantes tienen que ser absorbidos en ella; La reacción son todos y cada uno de los pasos anteriores es proporcional al área disponible de zinc, como se probó en la práctica al introducir el uso de zinc en polvo en lugar de granallas de zinc.

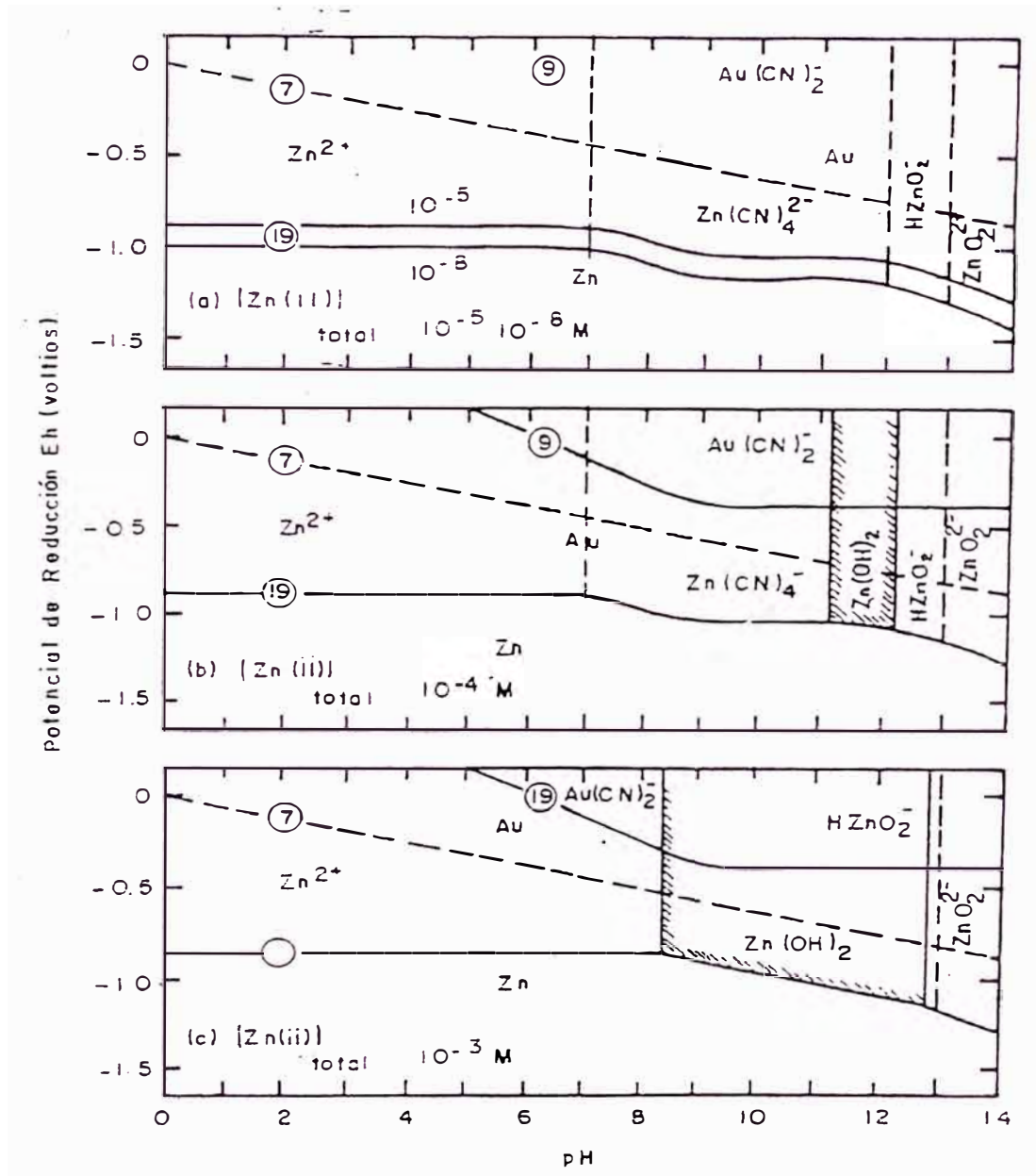
Obviamente, la etapa más lenta de las arriba mencionadas, controlará la velocidad de cementación del oro. Barin y otros (1980) confirmaron las conclusiones experimentales de Nicol (1979) y otros, que sostienen que la velocidad de

cementación del oro está controlada por la velocidad de transferencia de los iones $\text{Au}(\text{CN})_2$

Finkelestein (1972) ha discutido las reacciones importantes del sistema $\text{Zn-H}_2\text{O-CN}$ y presentado los respectivos equilibrios en los diagramas potencial vs. pH. La reducción de los iones aurocianuro por zinc en escala industrial, fue posteriormente mejorada cuando T.B. Crowe extrajo aire y el oxígeno disuelto en las soluciones preñadas, usando vacío, antes de añadir y el polvo de zinc. La presencia de oxígeno en la solución retarda la reacción de reducción e incrementa el consumo de zinc. Después de la desaireación en una torre de vacío Crowe, una solución preñada típica contiene sólo 0.16 a 1.3 ppm de oxígeno. *La concentración de oxígeno en el caso de la planta Yanacocha Norte luego de pasar por las torres de vacío se encuentra en 1.13 ppm.*

FIGURA N° 8

Diagrama Eh-pH para el sistema Zn-H₂O-CN a 25°C
(incluyendo los equilibrios entre Au, CN y H₂O).



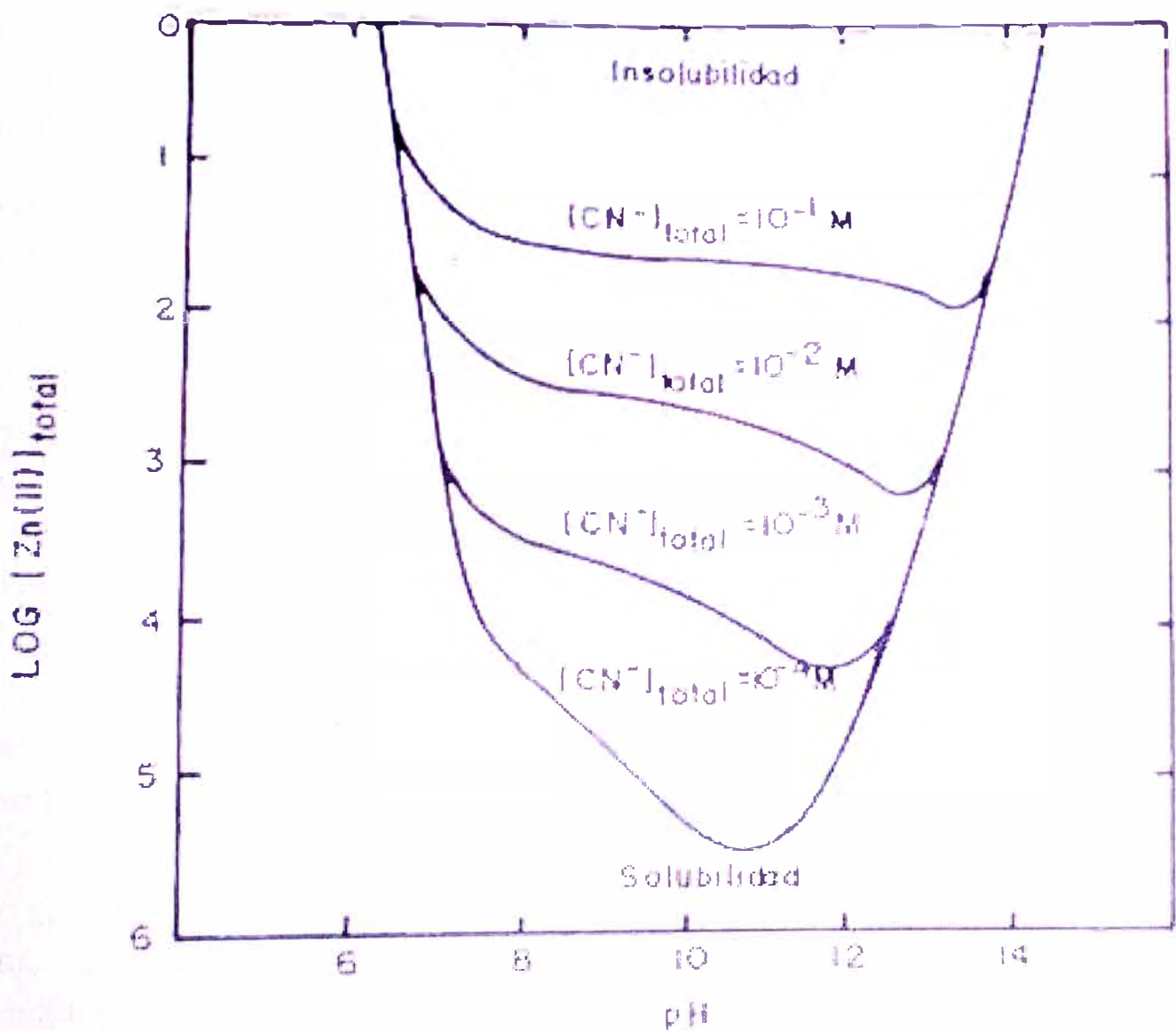
7.3.- EFECTOS DE LA COMPOSICION DE LA SOLUCION:

Para la cementación, se requiere una concentración mínima "crítica" de cianuro (de acuerdo a Nicol y otros(1979) 0.002M(0.1 g/l NaCN) Y 0.035M(1.7g/l NaCN)según Barín y sus colaboradores (1980). **En el caso de las plantas de Merrill-Crowe en Yanacocha esta se mantiene en un mínimo de 35 ppm de cianuro libre.**

La concentración de oro tiene una influencia directa en la velocidad de cementación, la cual es esencialmente una reacción de primer orden controlada por la transferencia de masa de los iones $\text{Au}(\text{CN})_2$. Sin embargo, un cambio de pH de la solución en el rango de 9 a 12 no tiene un efecto apreciable en la velocidad de cementación, un pH mayor puede causar la formación de $\text{Zn}(\text{OH})_2$ como un componente intermedio. La precipitación de $\text{Zn}(\text{OH})_2$ como un componente intermedio, un pH mayor puede causar la formación de $\text{Zn}(\text{OH})_2$ como un componente intermedio. La partículas de zinc y puede retardar, é incluso parar la cementación con zinc.

FIGURA N° 9

Areas de solubilidad e insolubilidad de Zn(II) en solución de cianuro a 25 C.

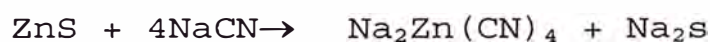


Finkelstein (1972) reportó que los aniones sulfuro, sulfato, tío sulfato y ferrocianuro en el rango de concentraciones M a M pueden reducir la recuperación del oro en 1-2% de soluciones de cianuro $10^{-3}M$.

El ión sulfato puede precipitar como yeso las partículas de zinc y reducir su actividad. Nicol y otros(1979) encontraron que los iones sulfuro pueden pasivar la superficie del zinc, inclusive a concentraciones tan bajas como $10^{-4}M$; mientras que el tío sulfato entre 1 a $5 \times 10^{-4}M$ acelera ligeramente la cementación.

Bajas concentraciones de cianuro de cobre ($6 \times 10^{-3}M$) antimonio ($1.7 \times 10^{-4}M$) ó arsénico ($2.3 \times 10^{-4}M$) detendrán la cementación. Incluso a concentraciones $10^{-6}M$, dichos iones reducirán significativamente la recuperación de oro.

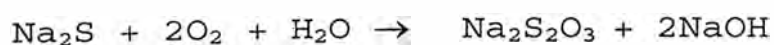
Cuando la esfalerita se encuentra presente en el mineral, éste se disuelve reversiblemente y la extensión de que la reacción proceda a la derecha en ausencia de oxígeno es proporcional a la fuerza de cianuro en la solución.

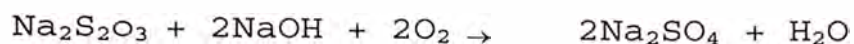


En solución acuosa, el sulfuro de sodio hidrosulfuro de sodio,



En presente de oxígeno, se producen las siguientes oxidaciones:





En presencia de cianuro de sodio, se forma tío cianato como sigue:



Adicionalmente, a la composición química, una característica importante de los licores de lixiviación es la presencia de sólidos en suspensión. Este aspecto es importante en la lixiviación de minerales lamosos y arcillosos.

7.4.- UNA PRACTICA EFICIENTE DE LA CEMENTACION:

Los requisitos fundamentales para una eficiente cementación del oro a partir de soluciones cianuradas con la adición de zinc en polvo son los siguientes:

1- La solución preñada debería:

- Estar clarificada con menos de 5pmm de sólidos
- Estar desoxigenada hasta un 1 pmm de oxígeno.
- Tener una concentración de cianuro libre.
- Tener un pH en el rango de 9 a 11 (con una adecuada adición de cal)
- Contener una adecuada cantidad de nitrato de plomo.

En La planta de Merrill-Crowe Yanacocha Norte se trabaja con los siguientes parámetros en la llegada al cono de zinc para la precipitación:

Turbidez = 0.35 NTU

Oxigeno = 0.13 ppm

Fuerza de Cianuro = 50 ppm

PH de la solución = 10.5

No se dosifica Nitrato de Plomo para evitar contaminación por plomo.

2- Adecuada adición de zinc en polvo de alta pureza.

El Zinc usado es de alta pureza marca US Zinc de origen Estadounidense.

VIII.- PROCESO MERRILL - CROWE

8.1.- GENERALIDADES:

Inicialmente Dada la naturaleza porosa del mineral de Yanacocha Norte - Carachugo y a los resultados de las pruebas a nivel laboratorio y pilotaje, se seleccionó como método de tratamiento la lixiviación en pilas y precipitación con polvo de Zn (proceso **Merrill Crowe**), para la recuperación de oro. Antes de optar por este proceso se hizo una evaluación con respecto a la utilización de columnas de carbón activado (como se hizo en la prueba piloto) para recuperar el oro. Dicha evaluación demostró que para el caso de Carachugo, el proceso Merrill Crowe era más económico desde el punto de vista de la inversión y costo de operación. La disponibilidad de abundante polvo de zinc en el Perú versus la necesidad de importar carbón fue un factor cualitativo que también se tuvo en cuenta en dicha evaluación. Para Maqui Maqui y Yanacocha Norte sólo se hicieron pruebas de laboratorio optando por el mismo método de recuperación de oro. Luego a partir del presente año 2002 se han adicionado un nuevo proceso de recuperación que es el de carbón en columnas, esto debido al decrecimiento de las leyes de oro en la solución rica e incremento del volumen del pad.

La calidad de la solución a tratar es fundamental en la recuperación de oro mediante el proceso Merrill Crowe, la cual debe cumplir con dos factores fundamentales antes de la precipitación de oro con polvo de Zn, como es el de estar libre de sólidos en suspensión y de oxígeno disuelto para que el zinc actúe con eficacia y precipite al oro disuelto en la solución. La recuperación en las plantas es bastante alta encontrándose en 96% en Pampalarga y 95% en

Yanacocha Norte. Esto debido a que en ambas plantas de procesos obedece a la obtención del bajo contenido de oro en la solución barren que es de 0.03 a 0.08 ppm de oro.

Los contaminantes principales presentes en la solución rica son el mercurio, cobre, selenio y arsénico, cuyos valores son, para Pampa Larga de 3,000 ppb, 1.0 a 2.0 ppm, 50 ppb y 150 ppb

respectivamente y en Yanacocha Norte de 1200 ppb, 0.15 a 0.35 ppm, 60 ppb y 115 ppb respectivamente. Como se puede observar el contaminante principal es el mercurio el cual se recupera en el secado del precipitado en el área de fundición; el resto de contaminantes no originan mayores desventajas en la lixiviación como en la precipitación, por su baja concentración en la solución

8.2.- ETAPAS DEL PROCESO MERRILL CROWE:

El proceso **Merrill Crowe** en **Minera Yanacocha**, consta de cuatro etapas que detallamos a continuación :

- Clarificación de la solución rica
- Deareación de la solución rica
- Precipitación con polvo de zinc y
- Recuperación de precipitado Au/Zn

8.2.1.- CLARIFICACIÓN:

Esta etapa es la más importante en el proceso por cuanto el control de los sólidos contenidos en la solución rica, va a depender mucho de la habilidad del operador encargado, en la aplicación de las cantidades

adecuadas de los auxiliares filtrantes para la retención óptima de los sólidos.

Se utiliza un sedimentador de doble cono "Hooper Clarifier", para la pre-clarificación de la solución y cuatro filtros clarificadores horizontales, marca U.S. FILTER, de 28 placas verticales de acero inoxidable, las cuales son revestidas con un medio filtrante como las telas de polipropileno de 3 micrones de abertura.

La Planta de procesos Pampa Larga, recibe soluciones ricas procedentes de las pozas de Carachugo y Yanacocha Norte, con una turbidez que va de 2.5 a 5 ppm de sólidos en suspensión en temporada seca.

La Planta Yanacocha Norte recibe soluciones ricas procedentes de las pozas de La Quinua y Yanacocha Norte, con una turbidez que va de 1.23 a 2.4 ppm sólidos en suspensión en temporada seca

El auxiliar filtrante utilizado es la tierra diatomea, sustancia inerte a base de sílice (96 % Si) de tamaño variable, así tenemos que el tipo N° 12 es de 120 micrones y el N° 14 de 60 micrones.

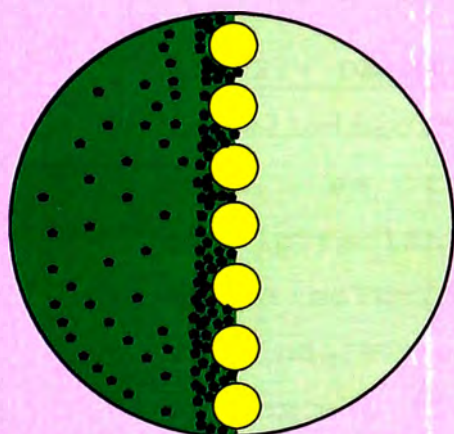
La solución rica entra a una primera etapa de pre-clarificación en el "Hooper Clarifier" en el cual se reduce un 30 % de sólidos, alargando el tiempo de vida de los filtros clarificadores.

El filtro clarificador antes ser puesto en operación recibe una recirculación de diatomita a través de sus sectores, por espacio de 10 minutos a una presión de 45 psi, para preparar la pre-capa (precoat), a razón de 1 Kg/m², la pre-capa formada tiene un espesor de 3 a 5

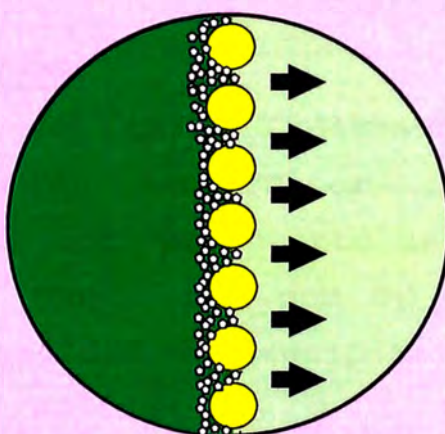
mm. Una vez preparada la pre-capa el filtro entra en operación en simultáneo con la dosificación (body feed) del auxiliar filtrante en la proporción adecuada (N° 12 y N° 14). Esta dosificación se realiza en la columna de succión del sedimentador, en un rango de 43 a 50 ppm. La solución rica sale de los clarificadores con una turbidez que esta en el orden de 0.3 a 0.7 ppm de sólidos en suspensión, valor bastante aceptable para la precipitación. La figura siguiente muestra las etapas de clarificación de la solución rica.

FIGURA N° 10:

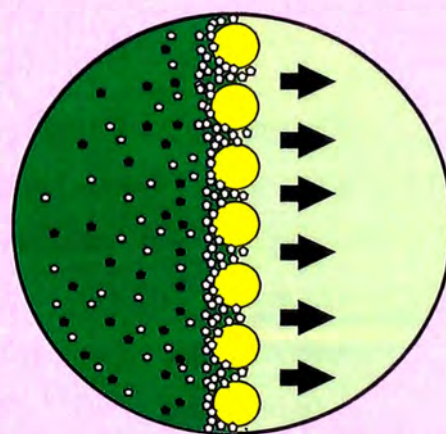
FILTRACION DE SOLUCIONES



1 - Las impurezas de la solución tapan los poros de la tela filtrante, formando una capa compacta e impermeable sobre la superficie de esta tela, impidiendo que el flujo de la solución sea filtrado



2 - La formación de la pre-capa sobre la tela filtrante garantiza una superficie permeable, dejando pasar la solución clara, reteniendo los sólidos que vienen con ésta.



3 - La dosificación de Diatomita durante la operación del filtro impide la formación de una capa permeable sobre la pre-capa manteniendo la porosidad del Cake.



FOTO N° 19: FILTROS CLARIFICADORES PLANTA PAMPALARGA.

8.2.2.- DEAREACION:

La eliminación del oxígeno disuelto en la solución rica, es también un factor importante en la precipitación de oro, por cuanto un exceso de oxígeno en la solución (mayor a 1 ppm O_2), oxidaría al zinc restándole capacidad de precipitación, al igual que un exceso de sólidos ($>$ a 1 ppm de sólidos), cubrirían la superficie de las partículas de Zn pasivando a las mismas.

Para este propósito se utiliza tres bombas de vacío tipo NASH que trabajan en paralelo a una presión de 18" de Hg con dos torres de deaeración de 8'x20', en Pampalarga y tres torres en Yanacocha Norte, lo cual hace posible una reducción del oxígeno disuelto que está entre 0.1 a 0.5 ppm de O_2 , niveles igualmente

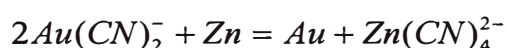
aceptables en la precipitación de oro con polvo de Zn.



FOTO N° 20: TORRES DE VACIO PLANTA YANACOCCHA NORTE.

8.2.3.- PRECIPITACIÓN:

En esta etapa se produce el contacto de las partículas de Zn con la solución clara y sin oxígeno, originándose una reducción del complejo Au/CN en solución, por efectos del Zn metálico, resultando la deposición del ión Au y el complejo Zn/CN estable en solución. La siguiente reacción química describe claramente el proceso de precipitación de oro:



La precipitación de oro está basada en el hecho de que el metal a ser recuperado (oro-plata) a partir de la solución, es más noble que el metal usado para la

precipitación (zinc), por lo tanto los metales más nobles que el Zn precipitarán en este proceso en orden descendente, como es el caso del Cu, Hg, y As.

Con la finalidad de mejorar la precipitación de oro y optimizar el consumo de zinc, se adiciona cianuro de sodio al cono de zinc hasta un rango de 30 a 50 ppm, considerando además un pH de 10 a 10.5. El ratio Zn/Au actualmente se encuentra entre 3 y 4, parámetro que está sujeto al estado climatológico.

8.2.4.- RECUPERACION DE PRECIPITADO:

Para ésta etapa contamos en Pampa Larga con cuatro filtros prensa horizontales de 64 placas verticales, y 5 filtros en Yanacocha Norte, que hacen posible la retención del precipitado de oro generado por la adición de zinc.

Al igual que los filtros clarificadores, los filtros prensa son preparados con la formación de una pre-capa de diatomita sobre el elemento filtrante antes de recibir el precipitado a razón de 1.5 Kg/m² aproximadamente. Con la finalidad de ayudar a la capacidad de filtración de estos filtros, se adiciona diatomita al cono de zinc.

El precipitado retenido en los filtros prensa es cosechado y secado en hornos retortas obteniendo un peso de 700 a 900 Kg de precipitado por cosecha, con las siguientes leyes:

	Pampalarga	Yanacocha Norte
Au	11 - 15 %	12 - 18 %
Ag	4 - 8 %	10 - 15 %

El resto de precipitado sería básicamente zinc y diatomita.

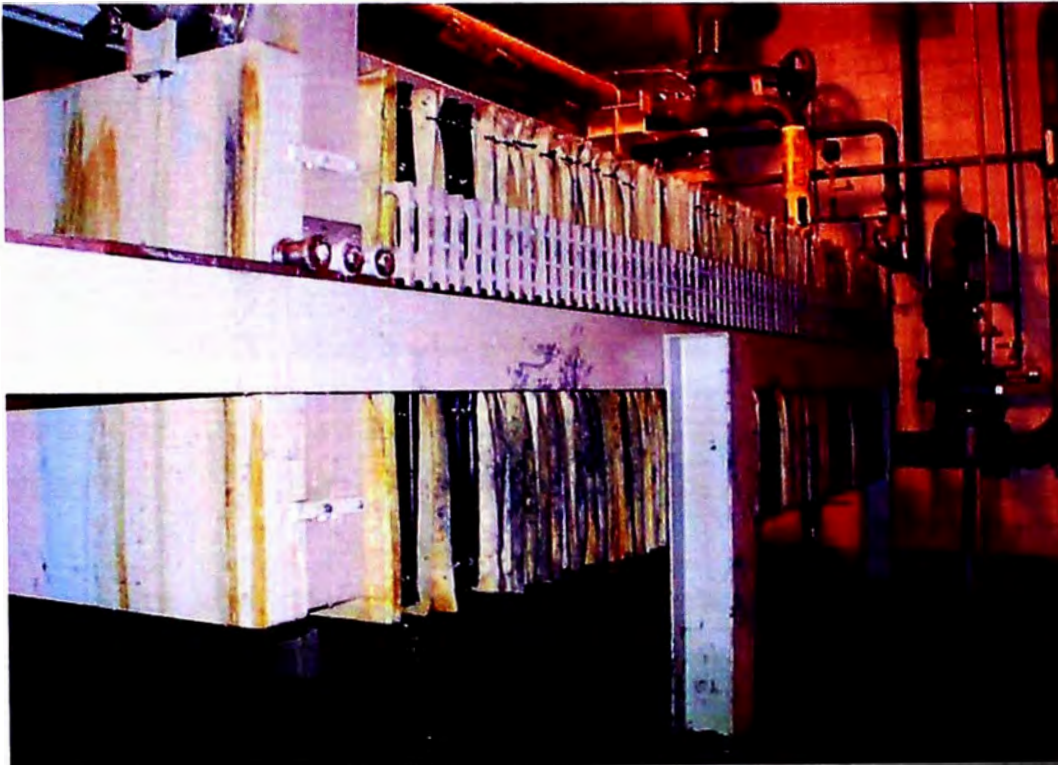


FOTO N° 21: FILTRO PRENSA PAMPALARGA

8.2.5.- BOMBEO DE LA SOLUCION BARREN:

La solución que se obtiene luego del prensado del precipitado se llama solución barren por su bajo contenido de Oro, esta es bombeada nuevamente hacia el pad, con una fuerza de cianuro entre 50 y 60 ppm.



FOTO N° 22: BOMBAS VERTICALES BARREN PLANTA YANACOCCHA NORTE.

En los diagramas siguientes se muestra el circuito de filtración y precipitación de las plantas de Pampa Larga y Yanacocha Norte, así como también el diagrama de flujo generalizado de la planta de procesos de Pampa Larga.

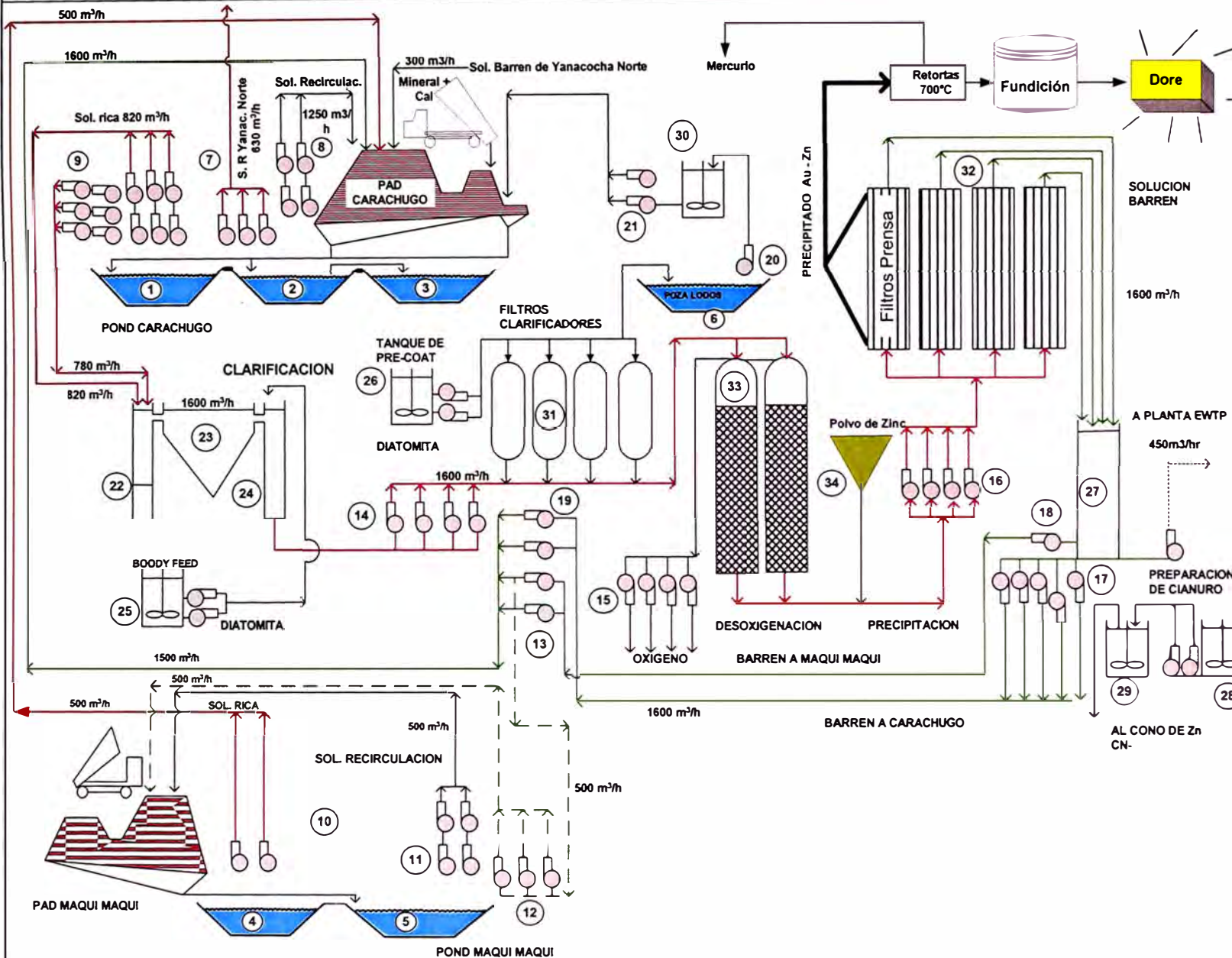


Minera Yanacocha SRL
Planta de Procesos

FLWSHEET - PLANTA DE PROCESOS

PAMPA LARGA

1600 m³ / h



LEYENDA

01. POZA DE OPERACIONES CARACHUGO
02. POZA DE MENORES EVENTOS I CARACHUGO
03. POZA DE MENORES EVENTOS II CARACHUGO
04. POZA DE OPERACIONES MAQUI MAQUI
05. POZA DE MENORES EVENTOS MAQUI MAQUI 175 HP
06. POZA DE LODOS
07. BOMBAS DE SOLUCION RICA A YANACOA
08. BOMBAS DE RECIRCULACION CARACHUGO 250 HP
09. BOMBAS DE SOLUCION RICA CARACHUGO 175 HP
10. BOMBAS DE SOLUCION RICA MAQUI MAQUI
11. BOMBAS DE RECIRCULACION MAQUI MAQUI 225 HP
12. BOMBAS BOOSTER DE PLANTA MAQUI MAQUI 250 HP
13. BOMBAS BOOSTER A MAQUI MAQUI 175 HP
14. BOMBAS HOPPER 150 HP
15. BOMBAS DE VACIO 20 HP
16. BOMBAS DE PRECIPITADO 125 HP
17. BOMBAS BARRÉN PARA CARACHUGO 200HP
18. BOMBAS BARRÉN MAQUI MAQUI 175 HP
19. BOMBAS BOOSTER A CARACHUGO 175 HP
20. BOMBA DE LODOS DE 10 HP
21. BOMBAS HORIZONTALES DE LODOS 40 HP
22. TANQUE DE FLOCULANTE
23. TANQUE HOPPER
24. TANQUE DOSIFICADOR DE DIATOMITA
25. TANQUE BODY FEED : 6 x 6.5"
26. TANQUE PRE-COAT : 6 x 5.5"
27. TANQUE BARRÉN
28. TANQUE PREPARACION DE CIANURO : 7 x 6"
29. TANQUE DOSIFICACION DE CIANURO : 7x 6 "
30. TANQUE DE LODOS : 16 x 14 "
31. FILTROS CLARIFICADORES
32. FILTROS PRENSA
33. TORRES DE VACIO
34. CONO DE ZINC

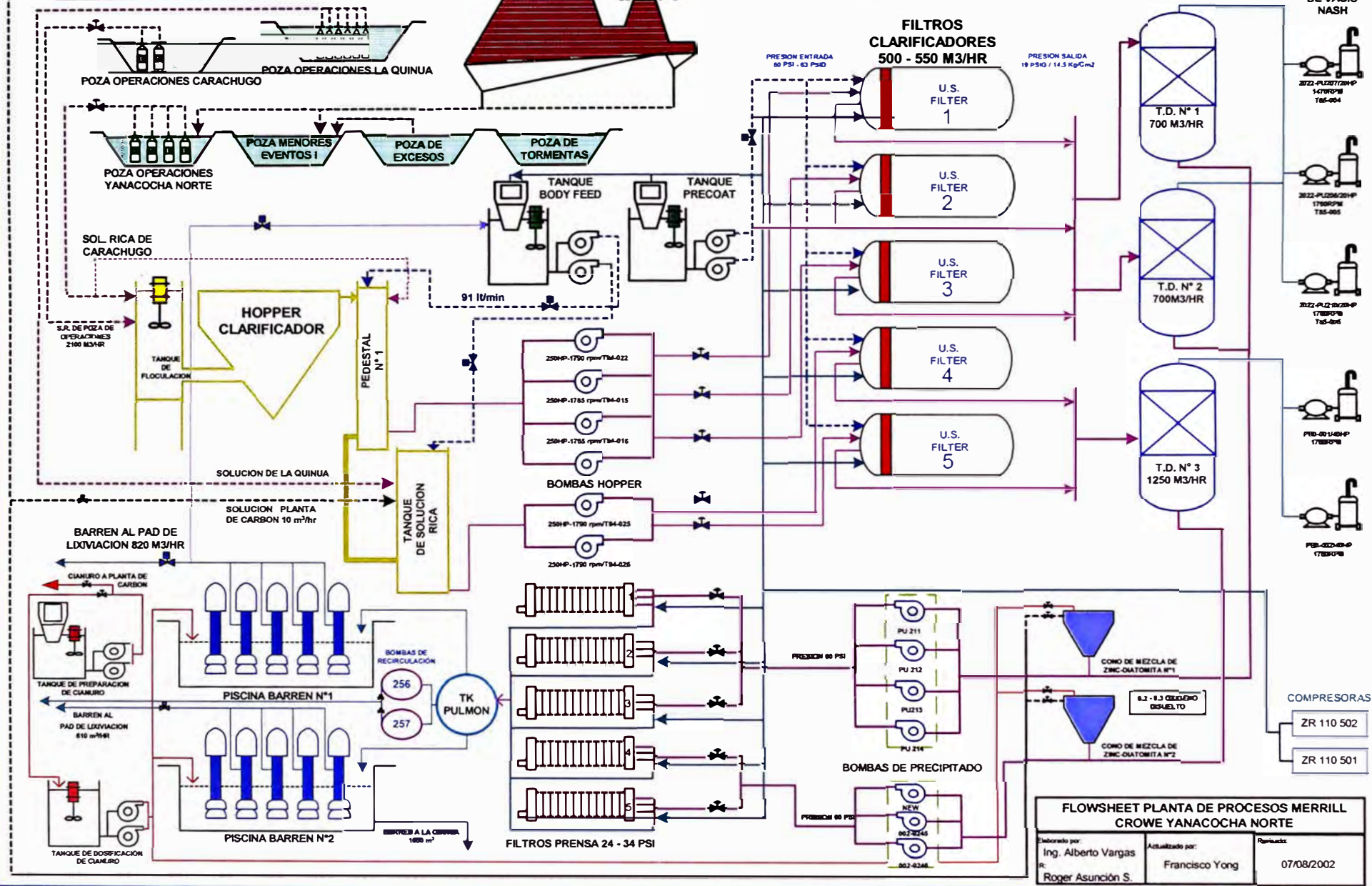


PLANTA DE CARBON

PAD YANACOCHA NORTE



2,700 m³/hr



FLOWSHEET PLANTA DE PROCESOS MERRILL CROWE YANACOCHA NORTE		
Elaborado por: Ing. Alberto Vargas R. Roger Asunción S.	Actualizado por: Francisco Yong	Revisado: 07/08/2002

8.3.- OTROS PRECIPITANTES DEL ORO:

8.3.1.- PRECIPITACIÓN EMPÍRICA CON ZINC:

A pesar de que la electrólisis cuenta muchos partidarios, en la actualidad para la recuperación de oro y la plata se emplea el zinc en la forma de polvo o en viruta.

EL zinc se suministra en cajas o recipientes, por los cuales se recircula la solución de lixiviación que contiene los metales preciosos.

Las principales reacciones que tiene lugar, son las siguientes:



En la práctica industrial el consumo de zinc depende de la destreza que hayan adquirido los operadores de este proceso. También influye la presencia de sustancias disueltas en la solución enriquecida.

8.3.2.- PRECIPITACIONES CON ALUMINIO:

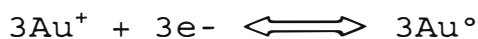
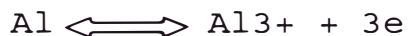
La precipitación con aluminio en polvo o en láminas debe efectuarse en presencia de suficiente cantidad de álcali y total ausencia de cal, éste formaría aluminato calcio, el cual es un material sumamente refractario y difícil de manejar en las etapas subsiguientes. Las reacciones que tienen lugar son las siguientes:



Se debe tener en cuenta que el aluminio en polvo (con lo que se logra una alta eficiencia en la precipitación de los metales preciosos) es sumamente costoso en comparación al zinc, lo que motivo el uso generalizado de este último, no obstante las ventajas que ofrece el uso del aluminio.

Una eficiente precipitación del oro y la plata requiere de una remoción del oxígeno disuelto en la solución, caso contrario el metal precipitado volverá a disolverse. Por esta razón, a la precipitación debe anteceder una desaireación mediante presiones negativas. La que muy bien se utiliza en el proceso Merrill Crowe.

El aluminio puede ser usado solo con soluciones de soda cáustica (NaOH), ya que este último es esencial para la redacción de precipitación:



Los intentos de usar aluminio en polvo como una alternativa al zinc fracasó, debido a que los filtros

sé taponeaban de calcio (cuando cada presente calcio en la mena) y dificultaban la fusión del precipitado. En un "ambiente" de sodio (en ausencia de iones Ca^{++}) la precipitación con aluminio trabaja bien. ya que preferentemente se forma aluminio soluble en lugar de aluminio insoluble, la reacción procede sin el estorbo de la formación de películas de la superficie.

Algunos reactivos reductores y soluble como el H_2S , SO_2 , NaSO_3 Y fEso_4) se han usado en escala industrial para precipitar oro de las soluciones cloruradas. El ácido sulfihídrico precipitada oro como sulfuro áurico, pero los otros reactivos reducen este a metal. Se debe enfatizar que estos agentes reductores no precipitan cauntitativamente al oro de las soluciones cianuradas.

8.4.- COMPARACION DEL PROCESO MERRIL CROWE Y LA ADSORCION EN CARBON ACTIVIDADADO:

Merril - Crowe

ventajas:

- Bajos costos de labor para la operación y el mantenimiento.
- Gastos reducidos de capital para la instalación.
- Puede manejar grandes razones de plata a oro en el lícor cargado (proceso no selectivo)

Desventajas:

La solución rica necesita pre tratamiento antes de la precipitación .

- El proceso es sensible a iones interferentes.

Carbón Activado:

Ventajas:

- El licor preñado no requiere pre tratamiento.
- El proceso maneja menos lamosas y carbonosas.
- Recuperaciones muy eficientes y superficies al proceso Merrill -Crowe.
- Regeneración del carbón.

Desventajas:

- Dificultad en la adsorción de leyes altas de plata en licor preñado.
- El carbón es susceptible a bloquearse por sales de calcio y magnesio.
- La desorción y regeneración del carbón son labores intensas.
- Pérdida de oro en los finos del carbón.
- Pérdida de contenido de cianuro en los relaves del proceso CIP.

IX.- EVALUACIÓN DE PROYECTOS

9.1.- USO DE PERLITA MAXIFLOW EN CLARIFICACIÓN DE SOLUCIONES:

9.1.1.- OBJETIVOS:

- Reducir el consumo de tierra diatomita aprovechando las propiedades físico - químicas de la perlita.
- Disminuir el trabajo pesado en las plantas de Merrill-Crowe.
- Obtener un beneficio económico.

9.1.2.- DATOS TÉCNICOS COMPARATIVOS:

GRAFICO N° 11:

PRODUCTO	MAXIFLOW PERLITA	DICALITE DIATOMITA	DIATIV - 12 DIATOMITA
<u>COMPOSICION QUIMICA %</u>			
SiO ₂	76.1	92	95
Al ₂ O ₃	12.7	1.8	1.6
Fe ₂ O ₃	0.95	0.5	0.5
CaO	0.74	1.8	1.8
MgO	0.17		
Na ₂ O	3.99	0.8	0.75
K ₂ O	4.11	0.75	0.75
Sulfatos	no contiene		
<u>PROPIEDADES FISICAS</u>			
Gravedad Especifica		2.2	2.33
Color	blanco	blanco	blanco
Solubilidad	Insoluble a T° Soluble en acidos y bases	Insoluble a T° Soluble en acidos y bases	Insoluble a T° Soluble en acidos y bases
Material Organico	Excento	Excento	Excento
Humedad (% p/p)	menos de 0.5	menos de 0.5	menos de 0.5
pH	7.6	9.1 - 10.5	9.6
Permeabilidad	85 - 105	85 - 105	85 - 105
Densidad Aparente gr/cc	0.105	0.29	0.32
Estado	polvo blanco	polvo blanco	polvo blanco

APRECIACIÓN:

La perlita Maxiflow presenta una menor densidad aparente - propiedad importante.

01 saco de diatomita pesa 22.7 Kg.

01 saco de Maxiflow pesa 15 Kg. y es de mayor volumen que la diatomita Diactive.

PRUEBA REALIZADA:

Se realizo la prueba comparativa con la diatomita diactive por ser la mas usada durante el año.

Se probó con una muestra inicial de 4.3 Ton. de perlita Maxiflow

Se trabajo manteniendo el número de sacos y no se altero el proceso.

Se bajo adicionalmente en un 20% el consumo de Maxiflow sin alterar el proceso

Se observa que la perlita es mas seca que la diatomita.

Se observa un menor cansancio físico en el Auxiliar de Planta

La perlita genera mayor polvo en el ambiente.

9.1.3.- BENEFICIO ECONOMICO:**CONSIDERACIONES:**

Taza de descuento anual de 9 %

No se considera inversión por se cambio de reactivo

No se considera costo de producción por tener ambas el mismo costo.

Valor de salvamento es igual a cero ya que se consume todo el reactivo que se encuentra ya pedido en almacén.

Precio de Diactive es igual al precio de Maxiflow en 0.468 US dólar por kilogramo

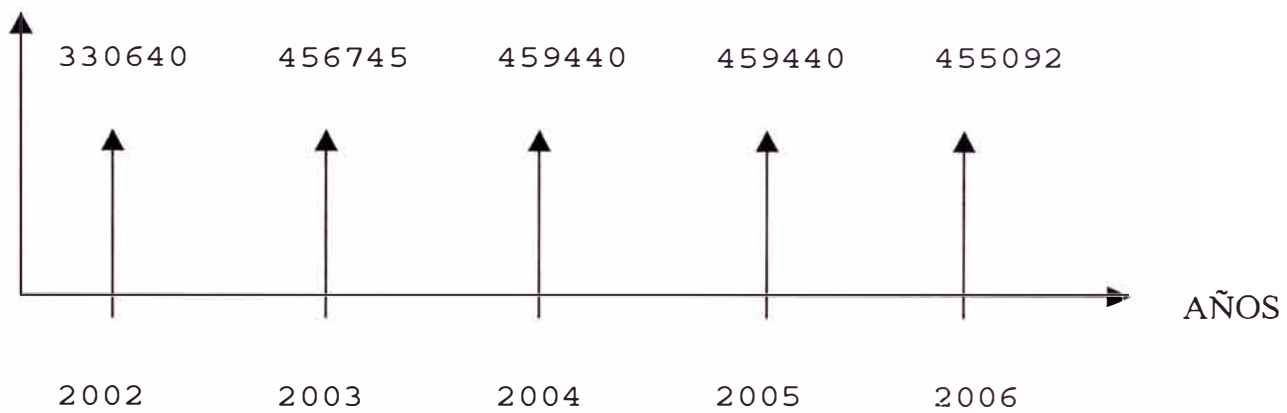
Se consideran los consumos de diatomita según plan p01e.

GRAFICO N° 12

AHORRO \$

Costo de usar Diactive-

Costo de usar Maxiflow



AÑO	2002	2003	2004	2005	2006
Ahorro	330640	456745	459440	459440	455092
P/F (9%, n, \$)	303340	384433	354771	325479	295778
VAN	303340	687773	1042544	1368023	1663801

**9.2.- INSTALACION DE INTERCOMUNICADOR EN ZONA DE FILTROS
PRENSA I, II Y III:**

9.2.1.- OBJETIVOS:

Reducir el tiempo de lanzamiento de los filtros prensa I, II y III.

- Mejor comunicación eliminando tiempos muertos, producidos por fallas en la comunicación radial.

Incremento del flujo de tratamiento los días de cosecha.

Obtener un beneficio económico.

9.2.2.- SITUACIÓN ANTERIOR Vs. SITUACION ACTUAL:

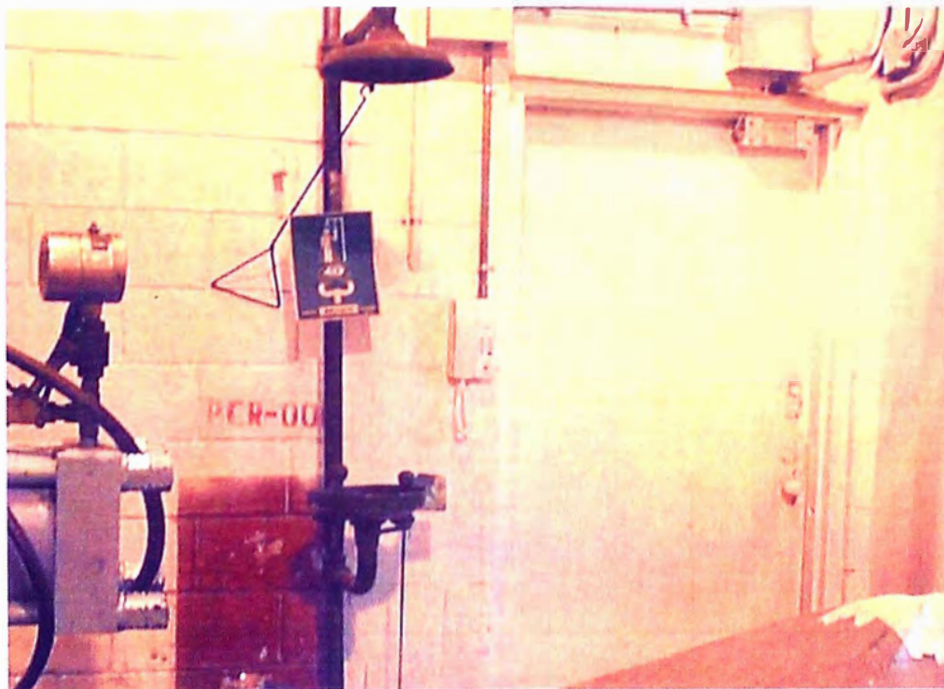
SITUCION ANTERIOR	SITUCION ACTUAL
<ul style="list-style-type: none">- Puesta en marcha de los filtros usando comunicación radial y/o teléfono desde zona de vestidores refinería.- Perdida de producción debido a mala comunicación.- Tiempo de lanzamiento = 20 min.	<ul style="list-style-type: none">- Puesta en marcha de los filtros usando el intercomunicador.- Ahorro de tiempo en lanzamiento de filtros prensa beneficiando a la producción.- Tiempo de lanzamiento = 10 min.

Ahorro de tiempo = 10 minutos por cosecha.

FOTO N° 23: INTERCOMUNICADOR FUERA DE REFINERÍA



FOTO N° 24: INTERCOMUNICADOR DENTRO DE REFINERÍA



9.2.3.- BENEFICIO ECONOMICO:

CONSIDERACIONES:

Taza de descuento anual de 9 %

Inversión = \$ 380 según: \$300 de materiales + \$80 de instalación.

No se considera costo de producción por ser este mínimo.

Valor de salvamento es igual a \$30.

Tiempo de vida del intercomunicador = 5 años

Se ganan 10 min. Por cosecha y se tienen 192 cosechas por año lo que equivale a 32 horas al año.

Se trata 200 m³/h mas equivale a 6400 m³ al año.

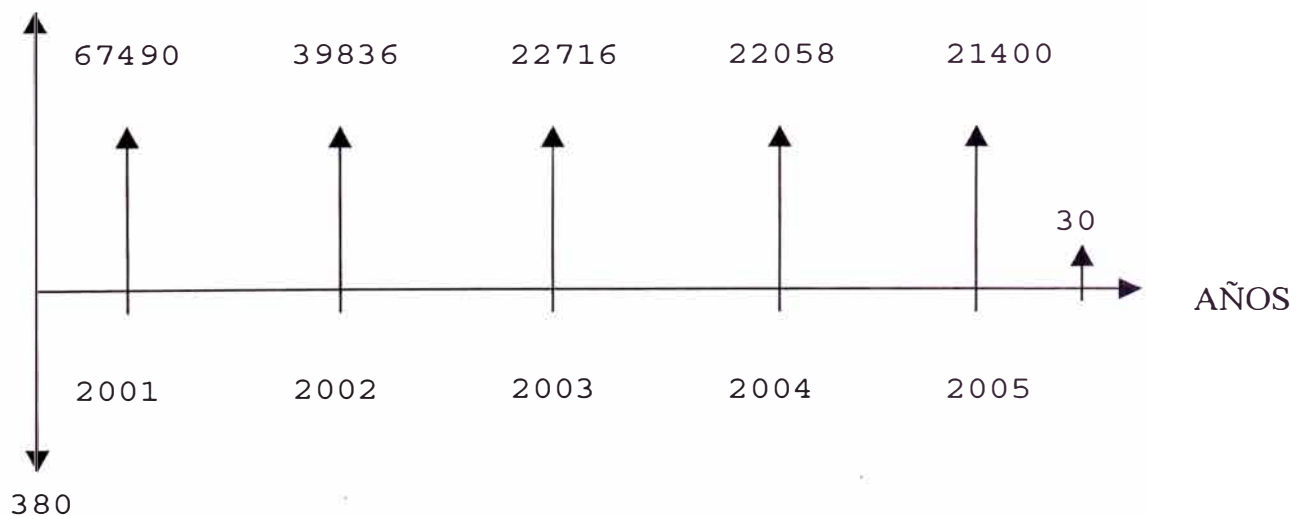
Se consideran las leyes según plan p01e

Solo se analiza hasta el 2005 en que el flujo baja en Pampalarga.

Precio del oro se asume \$274 x Oz y costo de producción \$110 x Oz.

GRAFICO N° 13:

AHORRO \$



AÑO	2001	2002	2003	2004	2005
Beneficio	67491	39836	22716	22058	21430
P/F (9%, n, \$)	61917	33529	17540	15626	13928
VAN	61538	95067	112608	128234	142162

9.3.- DOSIFICACION DE DIATOMITA Y ZINC POR SEPARADO EN LA PRECIPITACIÓN DE ORO:

9.3.1.- OBJETIVOS:

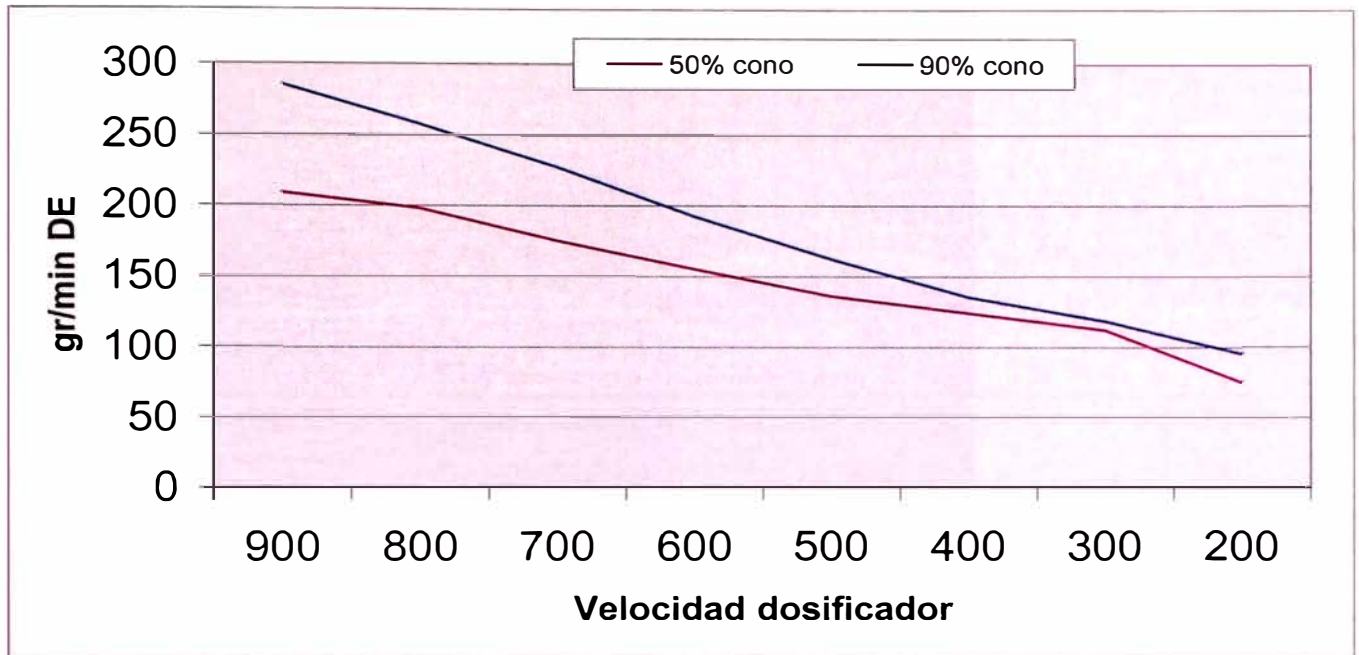
- Reducir los consumos de zinc.
- Obtener un beneficio económico.

9.3.2.- PRUEBA REALIZADA:

Se dosifica Zn y DE de manera separada en el cono de número 2. Para la dosificación de diatomita (Diactive 12), se tiene las siguientes mediciones a diferentes velocidades de dosificación del gusano sin fin, se obtuvo lo siguiente:

Velocidad dosificador	Nivel del Cono al 90% Peso (gr/min)	Nivel del Cono al 50% Peso (gr/min)
900	285	209
800	257	198
700	227	175
600	192	155
500	162	136
400	135	124
300	118	112
200	95	75

GRAFICO N° 14:



Se trabaja en 400 de velocidad, con una dosificación promedio de 126 gr/min que representan 4 Bsa de diatomita en 12 horas para este cono.

FOTO N° 25:

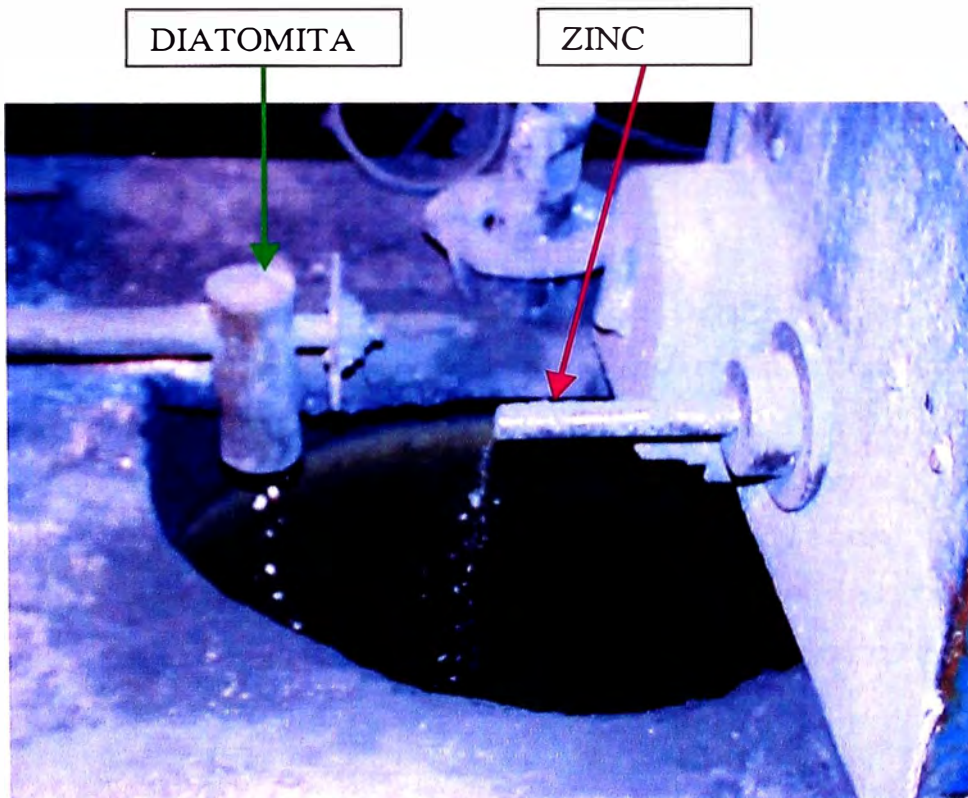
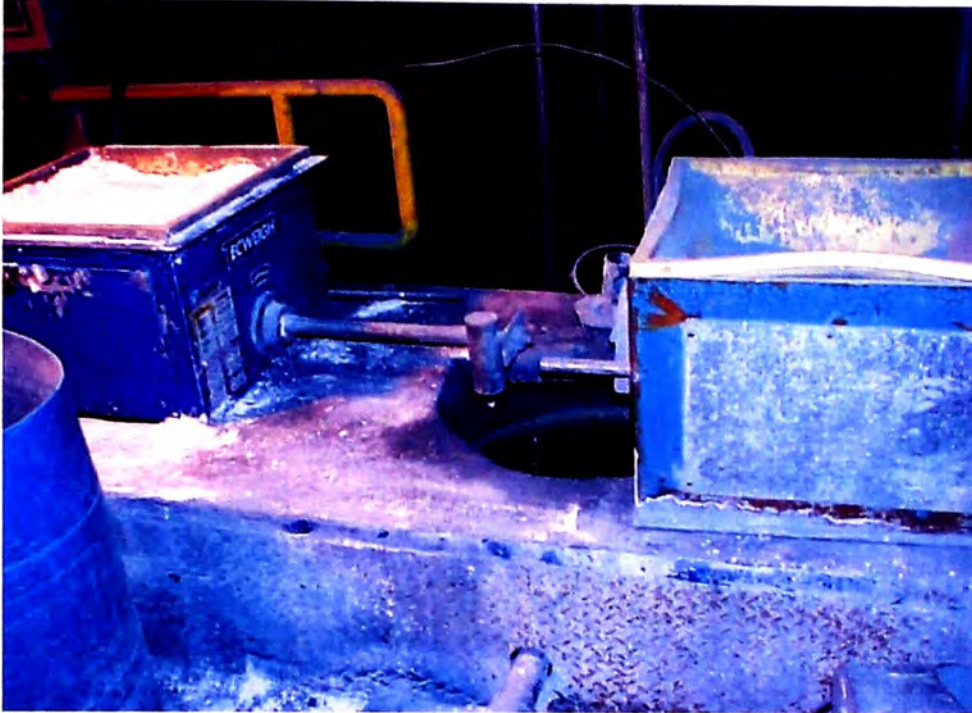


FOTO N° 26: CONOS DE DOSIFICACIÓN POR SEPARADO:



VENTAJAS OBSERVADAS:

Menor esfuerzo físico del operador de planta ya que no tiene que preparar mezcla para este cono.

Contenido de Au en la sol. Barren de este cono se mantiene bajo entre 0.02 a 0.04 ppm.

Al momento de lanzar filtro prensa 4 ó 5 él barren baja rápidamente.

Mejor control de zinc.

Cuando aumenta la ley de Oro solo se aumenta la dosificación de zinc y no de diatomita, mejorando la ley de precipitado.

Dosificación de diatomita constante, ya que a velocidades menores a 450 se tienen dosificaciones similares para diversos niveles del cono.

Se genera menos polvos de zinc ya que no se realiza la mezcla.

Se pueden realizar pruebas con diferentes velocidades de dosificación de D.E y Zn por separado.

DESVENTAJAS OBSERVADAS:

Mayor polvo de diatomita al manipularla para llenar el cono.

9.3.3. - DOLARIZACIÓN:

18,000 US dólar por año

9.4.- PRUEBAS CON DIATOMITA HI FLOW - KNITE 1000:

9.4.1.- OBJETIVOS:

- Reducir el consumo de tierra diatomita en el body - feed.

Disminuir el número de lavadas de los filtros clarificadores.

Disminuir el trabajo pesado.

Disminuir el ratio de diatomita.

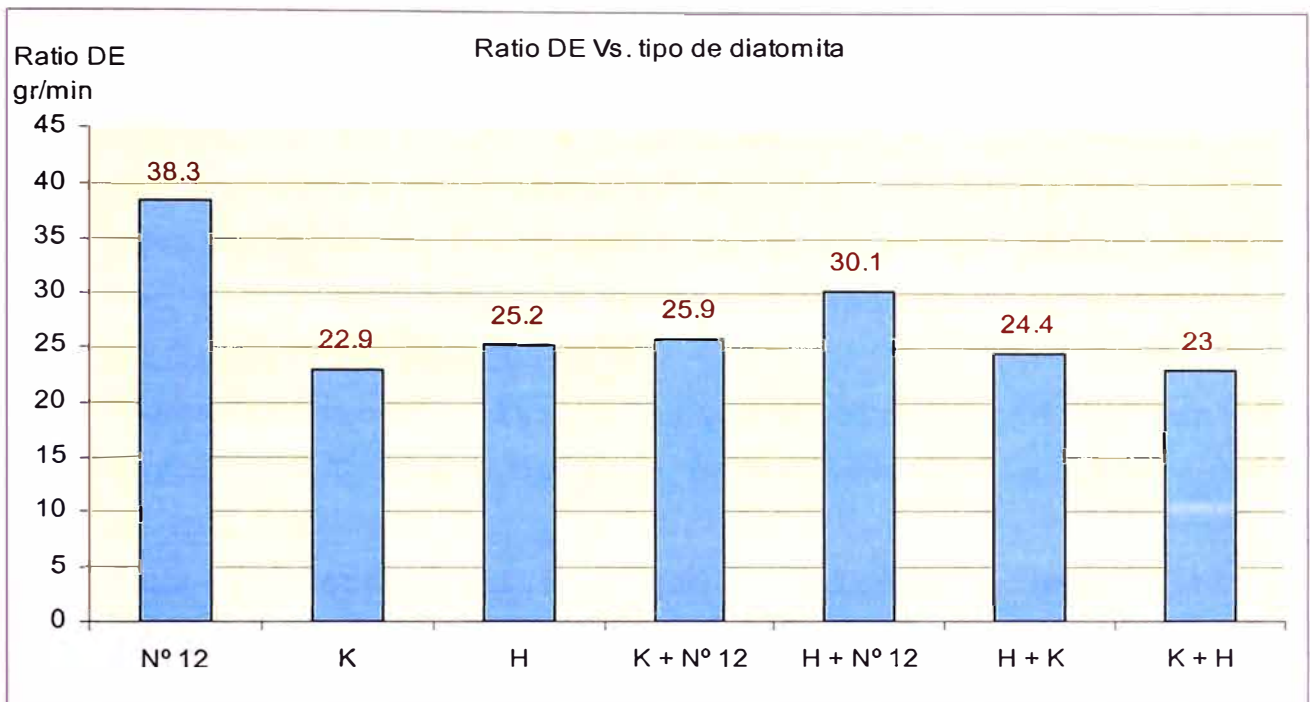
Disminuir los NTU a la salida del body - Feed.

Obtener un beneficio económico.

9.4.2.- MEDICIONES:

DIATIV N° 12	KNITE 1000
<ul style="list-style-type: none"> •Consumo de diatomita por pre-coat de filtro clarificador = 3 bolsas por lavada. •Promedio de 6 lavadas por guardia. •Consumo de diatomita que se carga al body feed = 12 bolsas por guardia •Ratio promedio de diatomita = 38.3 gr D.E./m3 •Costo = 0.67 US\$/Kg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de diatomita por pre-coat de filtro clarificador = 3 bolsas por lavada. • Promedio de 5 lavadas por guardia. • Consumo de diatomita que se carga al body feed = 6 bolsas por guardia. • Ratio promedio de diatomita = 25.2 gr D.E./m3

GRAFICO N° 15:



Leyenda:

H = Hi flow

K = Knite

N° 12 = diactiv numero 12

Se Observa que la Knite ofrece mejor resultado

9.4.3.- DOLARIZACIÓN:

13,850 US dólar por año

X.- RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES:

- 1- Mantener una dosificación constante de cianuro a los conos de zinc, tal que mejore la eficiencia de precipitación del oro.
- 2- Evaluar todos los proyectos e ideas de mejora tanto con VAN y TIR, de tal manera que siempre se demuestre un beneficio económico.
- 3- Mantener siempre las soluciones cianuradas con un pH mayor a 9.0, para de esta manera evitar la generación de gas HCN-.
- 4- Para proyectos en los que concierne a seguridad y medio ambiente se debe tener un análisis de riesgo para evitar futuras pérdidas.
- 5- Enviar soluciones con menores leyes de oro a plantas de Carbón y aprovechar las soluciones con mayores leyes de oro para las plantas de Merrill - Crowe.
- 6- En presencia de turbidez es preferible tratar las soluciones más claras si es que no existe mucha diferencia entre las leyes de las descargas.
- 7- La dosificación de diatomita en el cono de zinc es importante ya que evita la saturación de los filtros prensa, esta dosificación se debe de aumentar cuando existen partículas de carbón fino en la solución proveniente del stripping.
- 8- Mantener constante la fuerza de cianuro con la que se lixivia el mineral del pad de tal manera que se obtenga una buena recuperación, ya que si este mineral no es bien lixiviado, va a ser difícil de recuperar los valores luego.
- 9- Él oxígeno juega un rol importante en la lixiviación del oro, estando demostrado esto en las épocas en que se inicia la temporada de lluvia y se observa un

incremento en la ley de oro en las descargas debido al oxígeno en el agua.

- 10- Mantener niveles bajos de concentración de oxígeno en Merrill - Crowe ayudara a tener una mejor eficiencia de precipitación, evitando así que el zinc reaccione con él oxígeno.
- 11- Mientras más clara sea la solución en el proceso de Merrill Crowe será más eficiente la precipitación ya que las partículas de polvo de zinc no se verán interferidas con partículas extrañas mejorando la eficiencia de recuperación.
- 12- Se debe mantener un pH no mayor de 10.5 en la precipitación de oro con polvo de zinc ya que con un pH mayor al mencionado se generara una capa pasivante de hidróxido de zinc sobre la superficie de este.
- 13- Tener un balance de soluciones tal que nos ayude a tomar decisiones de manejo de flujos interconectados y operación de planta de tratamiento de agua en épocas de lluvia, evitando de esta manera cualquier posible rebose de las pozas de menores eventos o pozas de lluvias.
- 14- Con niveles de oxígeno bajos en el momento de la precipitación ayudaran a una mejor precipitación de mercurio, oro y plata, siendo importante la recuperación del primero de estos para que las plantas de tratamiento de agua tengan una mejor operación.
- 15- Los sistemas de control de procesos que se usan actualmente en Yanacocha son controles de piso tomados cada hora, lo que permite tomar decisiones inmediatas en caso de variaciones en los parámetros planeados.

- 16- Es necesario conocer las hojas de seguridad de los reactivos químicos que se usan dentro del proceso, ya que de esta manera podemos tener contingencia contra algún evento inesperado.
- 17- Tener prioridades en la operación, siendo estas según mi criterio: seguridad personal, medio ambiente y producción.
- 18- Manejar formatos de supervisión activa de tal manera que sé de fe en estos de haber recorrido los diversos lugares de la operación anotando los principales parámetros.
- 19- El orden y limpieza juegan un papel importante dentro del área donde se labora ya que estos determinan en cierta forma la manera de cómo sé esta trabajando.
- 20- Conocer los puntos de evacuación para casos de emergencias así como los canales para poder reportar estos de manera oportuna.
- 21- Una comunicación constante entre proveedores y clientes ayudara a mejorar la calidad de los productos que se maneja tales como soluciones o precipitados.
- 22- Para mejorar tiempos de cosecha y lavado de los filtros prensa es necesario una buena presión de soplado 100 PSI aprox. Con válvulas de purga en los filtros y una cosecha - lavado en simultaneo.

XI.- ANEXO:

HOJAS DE SEGURIDAD DE MATERIALES - MSDS - DE LOS PRINCIPALES REACTIVOS USADOS EN EL PROCESO DE MERRILL- CROWE:

- CIANURO DE SODIO
- POLVO DE ZINC
- TIERRA DIATOMITA (SÍLICE)
- SODA CAUSTICA.

CIANURO DE SODIO

Sección 1. Identificación del Producto Químico

Identificación de Material

"CYANOBRIK", "CYANOGRAN" son marcas registradas de DuPont.

Número MSDS Corporativo DU000290
Número CAS 143-33-9
Fórmula NaCN
Nombre CAS Cianuro de sodio
Grado "CYANOBRIK"; "CYANOGRAN"

Nombres comerciales y Sinónimos

- Cianuro de sodio
- Prusiato de soda

Identificación de la Empresa

FABRICANTE / DISTRIBUIDOR

DuPont

1007 Market Street

Wilmington, DE 19896

NÚMEROS TELEFÓNICOS

Información de Producto 56-2-363-5017 / 1-800-441-7515

Emergencia en Transporte

CHILE 56 - 2 - 363 - 5000 / 56 - 09 - 229 - 1025

ARGENTINA 541- 1 - 4319 - 4320 / 541 -14 - 229-3347

URUGUAY 5982 - 9160072

BRASIL 55 - 11 - 7266- 8337 / 55 - 11 - 99729012

PERU 51 - 1 - 449 -5230

VENEZUELA 58 - 41 - 333490 / 58 - 41 - 407269

BOLIVIA 591 - 4 - 228866

USA CHEMTREC 1-800-424-9300

Emergencia Médica 1-800-441-3637

Sección 2. Composición e información de ingredientes

Componentes

Material	Número CAS	%	(Típico)
+CIANURO DE SODIO	143-33-9	> 96	99
Otras sales de sodio	< 4	1	

Contacto con agua liberará:

* Cianuro de Hidrógeno (Gas) 74-90-8

- *Regulado como Elemento Químico Tóxico según la Sección 313 del Título III de la Enmienda Del Acta de Reautorización de 1986 y 40 CFR parte 372.*

Componentes

El Cianuro de Sodio en contacto con agua libera pequeñas cantidades de Cianuro de Hidrógeno (HCN, Gas).

Sección 3. Identificación de riesgos

Efectos potenciales a la salud

- *Puede ser fatal si se inhala, se traga o se absorbe a través de la piel.*
- *El contacto con ácidos, agua o álcalis débiles libera gas cianuro hidrógeno venenoso.*
- *Puede causar quemaduras a los ojos. Puede irritar la piel y causar quemaduras alcalinas y los síntomas son:*
Enrojecimiento de los ojos Náusea
Irritación de la garganta Dolor de cabeza
Palpitaciones Debilidad de extremidades
Dificultad para respirar Vértigo
Salivación Colapso
Desorientación Convulsiones

CIANURO DE SODIO

- **El contacto de la piel con cianuro de sodio puede causar irritación de la piel con molestias y sarpullido; soluciones fuertes pueden causar quemaduras en la piel o ulceraciones. La evidencia sugiere una permeabilidad significativa en la piel puede ocurrir. No existen registros de sensibilización en humanos.**
- **El contacto de los ojos con cianuro de sodio puede causar irritación de éstos con molestias, lagrimeo, o dificultades para ver. Prolongadas exposiciones pueden causar corrosión con ulceración corneal y/o conjuntivitis.**
- **Inhalación, ingestión o contacto de la piel con cianuro de sodio puede causar molestias no específicas tales como náuseas, dolor de cabeza, y desfallecimiento, tanto como vómitos, bajas en la presión sanguínea, debilitamiento, hemorragia nasal y pérdida de la consciencia. Estimulación del sistema nervioso central seguido por una depresión puede ocurrir con convulsiones, hipoxia y muerte debido a la interrupción de la respiración.**
- **Altas exposiciones pueden acelerar la respiración y el pulso, cianosis, acidosis, y algunos efectos en la tiroides (observados en individuos con deficiencias nutricionales, síntomas asociados con el síndrome de Parkinson o edema pulmonar y muerte por grandes exposiciones). En algunos casos con problemas en la visión o daño en el nervio óptico o retina, atribuibles al cianuro de sodio, el daño ha sido agudo, severo o letal. Hay reportes de incremento en el insomnio, sueños agitados, temblores, dermatitis y hemorragia nasal en trabajadores de electrogalvanizado.**
- *Personas con enfermedades preexistentes al sistema nervioso central pueden aumentar su susceptibilidad a la toxicidad en exposiciones excesivas.*

Información Carcinogénica

- Ninguno de los componentes existentes en este material en concentraciones iguales o superiores a 0.1% están indicados en IARC, NPT, OSHA o ACGIH como elementos cancerígenos.

Sección 4. Primeros auxilios

Componentes específicos de Primeros auxilios & Notas al Médico

- Se recomienda un procedimiento paso a paso para “Primeros Auxilios” y “Tratamiento Médico” para cualquier tipo de envenenamiento con cianuro. El tratamiento requiere una inmediata acción para impedir lesiones o muerte.
- Los Primeros Auxilios se dan inicialmente, y la experiencia demuestra que cuando se dan con prontitud, es la única atención que se necesita para un envenenamiento accidental normal. El tratamiento médico puede ser necesario para envenenamientos más severos.
- El tratamiento de primeros auxilios usa oxígeno y nitrito de amilo y puede ser entregado por el encargado de primeros auxilios antes de la llegada de asistencia médica.
- El tratamiento médico se brinda cuando el paciente no responde a Primeros Auxilios. El Tratamiento Médico es un tratamiento más agresivo que requiere de inyecciones intravenosas de nitrito de sodio y tiosulfato de sodio, y debe ser administrado por personal médico calificado. Provee de una cantidad mayor de antídoto que también ayuda a eliminar el cianuro del cuerpo.
- Aunque haya un doctor o enfermera presente, la necesidad de un tratamiento rápido determina que hay que usar el Tratamiento de Primeros Auxilios con oxígeno y nitrito de amilo mientras se preparan los materiales para la inyección intravenosa. Cuando se hace necesario el tratamiento con antídoto, este se debe iniciar inmediatamente.
- **EN CASO DE ENVENENAMIENTO CON CIANURO, INICIE INMEDIATAMENTE EL TRATAMIENTO DE PRIMEROS AUXILIOS, LUEGO LLAME AL MÉDICO.**
- En la mayoría de los casos, el envenenamiento con cianuro se evidencia con un notorio cambio del color de la piel de rosado a rojo. Sin embargo, si hay una lesión física o falta de oxígeno, el color de la piel se puede tornar azulado. El enrojecimiento de los ojos y la dilatación de las pupilas también son síntomas de envenenamiento con cianuro.
- La cianosis (decoloración azul de la piel) tiende a estar asociada con un grave envenenamiento con cianuro y la coloración rojiza de la piel es más común en accidentes industriales que involucran menor presencia de cianuro.
- Todas las personas con riesgo potencial de envenenamiento de cianuro deberían recibir entrenamiento para asistir con primeros auxilios usando oxígeno y nitrito de amilo. Siempre tenga a mano los materiales que se indican más adelante en la Sección.

Primeros auxilios y tratamiento médico.

- Las acciones a tomar en caso de envenenamiento de cianuro deben estar planificadas y practicadas antes de comenzar a trabajar con cianuro.
- Es esencial contar con la identificación del hospital correspondiente y del grupo médico de emergencia para equiparlos y entrenarlos en los casos de emergencia por cianuro.

PRIMEROS AUXILIOS

SUMINISTRO DE PRIMEROS AUXILIOS

- *Un adecuado suministro de Primeros Auxilios para envenenamiento con cianuro deberá ser colocado en las áreas de riesgo de cianuro y deberá estar accesible en todo momento, pero bien protegido de golpes y robos. Estos elementos deben ser inspeccionados periódicamente (una vez al día) por las personas que las van a usar en caso de emergencia. La cantidad total de cada ítem que se indica a continuación deberá ser adecuado para controlar la mayor cantidad de casos de envenenamiento que razonablemente se pueda anticipar, considerando que parte de los elementos se pueden perder, destruir o ser inaccesible en una emergencia.*
1. 1. *Resucitadores de Oxígeno*
Se puede usar cualquier resucitador que sea capaz de entregar oxígeno o aire en conjunto con nitrato de amilo.
 2. 2. *Ampollas de Nitrato de amilo (antídoto)*
Generalmente es satisfactorio contar con una caja de una docena de ampollas por estación. Ubique las estaciones en toda el área de trabajo con cianuro.

PRECAUCIÓN : El nitrato de amilo no es estable y debe ser reemplazado cada 1 - 2 años, o antes dependiendo de las condiciones de almacenado. Guárdelo en la caja original con fecha y manténgalo alejado de las temperaturas extremas, altas y bajas. No almacene el nitrato de amilo ni el Kit de Tratamientos Médicos (ver a continuación) en áreas cerradas donde las temperaturas puedan exceder de 60-66 grados C (140-150°F) o donde pueda haber congelamiento. El almacenado en climas con alta temperatura puede requerir el reemplazo antes de la fecha de expiración, a menos que se provea de un almacenado refrigerado. Evite las temperaturas excesivamente bajas que reducen la presión de vapor del nitrato de amilo y, por lo tanto, su efectividad. Una práctica común de DuPont es usar el resucitador como punto de almacenado para las ampollas de nitrato de amilo.
 3. 3. *Se colocará un set de instrucciones de primeros auxilios para el cianuro en cada lugar de almacenado de nitrato de amilo. Los trabajadores deberán estar completamente entrenados ya que en una emergencia verdadera no habrá tiempo suficiente para "leer el libro".*

Notas en relación al nitrato de amilo:

1. 1. *El nitrato de amilo es altamente volátil e inflamable, no fume ni produzca chispas alrededor.*
2. 2. *Si está tratando a un paciente en un área con mucho viento o con ráfagas, coloque algo - un trapo, camisa, pared, tambor, use sus manos, etc. para impedir que los vapores de nitrato de amilo se escapen. Mantenga la ampolla contra la nariz y en el sentido del viento. El objetivo es que el nitrato de amilo ingrese a los pulmones del paciente*
3. 3. *Los encargados de rescate deberán evitar la inhalación de nitrato de amilo para no tener mareos y perder su efectividad.*
4. 4. *Se debe recostar al paciente. Como el nitrato de amilo dilata los vasos sanguíneos y baja la presión, se debe tener al paciente recostado para evitar que pierda el conocimiento.*
5. 5. *No se exceda. Controle al paciente por si tiene shocks por exceso de nitrato de amilo. Esto no ha ocurrido en la práctica en la planta DuPont, y no se sabe de efectos posteriores graves a causa de la aplicación de nitrato de amilo.*
6. 6. *Revise y respete las instrucciones de almacenado, inspección y reemplazo que aquí se han indicado.*

Procedimiento de primeros auxilios.

- *La persona expuesta deberá ser sacada del área contaminada, deberá sacarle la ropa contaminada y deberá lavar al paciente, la persona que haga el rescate y/o el que entregue los primeros auxilios está sujeto a exposición si la ropa de la persona afectada está impregnada con cianuro.*
 - *Para el CIANURO HIDRÓGENO, el rescate de una persona contaminada se deberá hacer usando un equipo de respiración autónomo (SCBA), guantes de goma y otros equipos de protección personal que sean necesarios. Para polvo o soluciones de Cianuro de Sodio o Potasio, normalmente no se necesita SCBA. Las personas encargadas del rescate deberán evitar el contacto con CIANURO DE HIDROGENO, pero un breve contacto con cianuro sólido o en solución normalmente no es un problema si se lava rápidamente la piel. En el más breve plazo, incluso mientras se saca la ropa y se lava al paciente, se debe iniciar el tratamiento de primeros auxilios.*
1. *1. Si no hay síntomas evidentes, no se necesita tratamiento, solo se debe descontaminar al paciente.*
 2. *2. Si está consciente pero con síntomas (nausea, dificultades para respirar, mareos, etc.) se debe suministrar oxígeno.*
 3. *3. Si está consciente pero impedido (sin capacidad de respuesta, dificultades para hablar, confusión, somnolencia) o si el paciente está inconsciente pero respirando, suministre oxígeno y nitrito de amilo a través del resucitador.
Para suministrar nitrito de amilo, rompa la ampolla en un paño e insértela en el borde de la máscara del resucitador, luego retire durante 15 segundos, Repita 5 a 6 veces. Si es necesario, use una ampolla nueva cada 3 minutos hasta que el paciente recupere la consciencia (generalmente 1 - 4 ampollas). Administre oxígeno en forma continua. Evite que la ampolla entre a la boca del paciente.*
 4. *4. Si el paciente no está respirando, suministre oxígeno y nitrito de amilo inmediatamente mediante un resucitador (respiración artificial).
Administrar nitrito de amilo como indicado en el punto 3 y continúe suministrando oxígeno en forma simultánea para ayudar a la recuperación. Si hubiese una exposición masiva, considere la posibilidad de mantener las primeras una o dos ampollas en el borde interno de la máscara del resucitador en forma continuada. Evite que la ampolla entre a la boca del paciente.*

Inhalación

- *Si hay pérdida de conciencia, se debe administrar oxígeno y nitrito de amilo como se indica anteriormente.*
- *Traslade al paciente a una atmósfera no contaminada, mantenga al paciente abrigado y tranquilo. Llame al médico.*

Contacto con la piel

- *Si el trabajador está inconsciente, se debe administrar oxígeno y nitrito de amilo como se indica anteriormente.*
- *Lave inmediatamente con grandes cantidades de agua durante por lo menos 5 minutos después del contacto o sospecha de contacto, saque completamente toda la ropa contaminada. (Incluyendo los zapatos o botas). Lave con agua por lo menos durante 5 minutos para sacar el cianuro de la piel del paciente. Llame al médico.*

Contacto con los ojos

- *Lave inmediatamente los ojos con grandes cantidades de agua durante por lo menos 5 minutos manteniendo los ojos abiertos. No trate de neutralizar con "ácidos" o "álcalies".*
- *El contacto con los ojos va a requerir una evaluación en más profundidad y posiblemente un tratamiento. Continúe lavando los ojos durante el traslado al hospital. Consulte al médico.*

- *El oxígeno y el nitrito de amilo deben usarse como se indicó anteriormente.*

Ingestión

- *Si hay pérdida de consciencia, el oxígeno y el nitrito de amilo deberá administrarse como se indica a continuación. Si el paciente está consciente, suministre de inmediato un preparado de agua con carbón.*
- *No haga tragar nada por la boca si el paciente está inconsciente. Llame al médico. Continúe administrando oxígeno. NO suministre Jarabes ni otros inductores del vómito ya que esto podría interferir con el uso del resucitador.*

NOTA : Para preparar el agua con carbón, mezcle 50 gramos de carbón activado en 400 ml (más o menos 2 tazas) de agua y mezcle bien. Un adulto promedio debe tomar 350 ml, o 5 ml/kg.

Tratamiento medico

- *LA EXPERIENCIA HA DEMOSTRADO QUE LOS PRIMEROS AUXILIOS ENTREGADOS CON PRONTITUD ES EL ÚNICO TRATAMIENTO QUE SE NECESITA PARA UN ENVENENAMIENTO INDUSTRIAL TÍPICO CON CIANURO. UN ENVENENAMIENTO MAYOR AUMENTA LA NECESIDAD DE TRATAMIENTO MÉDICO.*
- *Mantenga el control. Si bien una acción rápida es esencial cuando ha ocurrido un accidente, una persona lúcida y consciente que se puede comunicar no puede tener un envenenamiento muy severo y es muy poco probable que requiera atención médica. La regla básica dice que se debe dar tratamiento de acuerdo a lo que se ve. Los pacientes con síntomas moderados que permanecen en estado de alerta solo requieren de cuidados de apoyo.*
- *La duración activa del cianuro en el cuerpo es de más o menos 20 - 90 minutos. En el diagnóstico y control de los pacientes, el período crítico de tratamiento es breve. Normalmente los efectos del envenenamiento con cianuro ocurren en los primeros minutos e indicarán el grado de envenenamiento.*
- *El uso "preventivo" de antídoto de cianuro, cuando no hay pérdida de consciencia, no está garantizado. Mantenga al paciente calmado durante los siguientes 30 minutos, y controle estrechamente la condición del paciente. Si el contacto de la piel con el cianuro se ha prolongado o si se ha ingerido una gran cantidad de cianuro, observe cuidadosamente al paciente por los próximos 30 minutos para asegurarse que no haya efectos causados por la absorción lenta de cianuro en el torrente sanguíneo.*
- *Considere la eventualidad de una inyección intravenosa en caso que la toxicidad sea grave. El contar con un acceso IV con suero normal Ringer lactato, u otro fluido tipo IV facilitará la administración del antídoto si es necesario.*

Kits de tratamiento médico

- *Los kits de tratamiento médico para el envenenamiento con cianuro deberán estar ubicados convenientemente para facilitar el acceso. Los materiales para las inyecciones intravenosas solo deben ser usadas **por un médico o personal médico calificado**. La ubicación de los kits debe planificarse cuidadosamente como parte del programa de emergencias: los kits deben estar siempre con el paciente durante el traslado al recinto hospitalario, para mayor seguridad. Se sugiere los siguientes lugares para ubicación de los kits.*

- + en o cerca del área de cianuro
- + estación médica de la planta
- + entrada a la guardia
- + hospital más cercano
- + oficina o residencia del médico

PRECAUCIÓN : Evite almacenar nitrito de amilo o Kits de Tratamiento Médico en áreas sujetas a extremo calor o mucho frío. Los kits de nitrito de amilo deberán tener fácil acceso, pero asegurarlos para que no sean golpeados. Los kits deben ser inspeccionados regularmente y las ampollas de nitrito de amilo deben ser reemplazadas cada 1-2 años. (Ver Sección de Suministro de Primeros Auxilios). Los kits de tratamiento médico deberán contener lo siguiente:

1. 1. Una caja con una docena (12) ampollas de nitrito de amilo
2. 2. Dos ampollas esterilizadas de solución de nitrito de sodio (10 ml de solución al 3% cada una).
3. 3. Dos ampollas esterilizadas de solución de tiosulfato de sodio (50 ml de solución al 25% en cada una).
4. 4. Una jeringa de 10 ml esterilizada, otra de 50 ml, dos agujas intravenosa esterilizadas, un torniquete.
5. 5. Una docena de parches de gasa.
6. 6. Guantes de látex.
7. 7. Una bolsa para eliminar los elementos contaminados con sangre.
8. 8. Un set de instrucciones para el cianuro tanto en primeros auxilios como en tratamiento médico.

NOTA : Las ampollas de nitrito de amilo y los kits de tratamiento médico se pueden comprar en farmacias locales con receta médica.

Procedimiento de tratamiento medico

1. 1. Nitrito de sodio: Adulto - 10 ml de solución al 3 % (300 mg). Saque la solución de la ampolla e inyecte lentamente durante 4-5 minutos (2 a 5 ml por minuto). Tan pronto como sea factible, controle la presión arterial y continúe revisando las pulsaciones. Disminuya la velocidad de la inyección en caso de hipotensión (baja de presión).
 2. 2. Tiosulfato de sodio: Adulto - 50 ml de solución al 25% (12.5 gramos). A continuación del nitrito de sodio con tiosulfato de sodio inyectado a un rango de 2.5 mL/minuto (10-20 minutos)
- El tiempo total de la inyección en las dosis iniciales de ambos componentes en los rangos recomendados es lenta, más o menos 20-25 minutos.
 - Considere el peso del cuerpo y la condición del paciente al tratar un paciente expuesto al cianuro, con nitrito de sodio. Tanto el nitrito de amilo como el sodio producen metahemoglobina, que reducen la capacidad de llevar oxígeno a la sangre. La metahemoglobinemia es potencialmente dañina cuando los niveles de metemoglobina exceden de 20-30% (Vea Efectos de los Antídotos, a continuación).
 - Si los síntomas persisten o quedan recurrentes después del tratamiento inicial, repita el antídoto en la mitad de la dosis original una hora después del tratamiento inicial. Controle los niveles de metahemoglobina cada vez que sea posible en todos los pacientes tratados con antídoto intravenoso.

Evitar el exceso de tratamiento

- La inyección de nitrito de sodio es más o menos un tercio de la dosis letal, se debe tener cuidado de evitar el uso excesivo. El uso excesivo no ha ocurrido según la

experiencia de DuPont. No es necesario administrar las dosis completa de antídoto por el solo hecho de iniciar el tratamiento. Si hubiese que detener la inyección por alguna razón, vigile las cantidades entregadas en caso que se necesite re continuar el tratamiento.

Efectos del antídoto

- Los nitritos pueden producir hipotensión a través de vasodilatación periférica. La formación de metahemoglobina si bien tiene un efecto terapéutico, puede causar síntomas si se excede de los niveles de 20-30%. La dosis intravenosa recomendada de nitrito de sodio generalmente produce niveles de metahemoglobina inferiores al 20%. Dolor de cabeza, náuseas, vómitos, desmayos y síncope pueden producirse después de suministrar nitritos si el paciente no está recostado.
- Si bien es importante estar advertido de los efectos de la terapia con nitrito, no ha habido registros de efectos a largo plazo en relación con este tratamiento por la exposición al cianuro según la experiencia y conocimiento de DuPont.

Recuperación y disposición

- Para la mayoría de envenenamientos accidentales, el paciente puede ser revivido al cabo de pocos minutos con oxígeno y nitrito de amilo, y obteniendo una recuperación completa en pocas horas.
- Si fuese necesario, el paciente debe ser controlado durante 24 - 48 horas. Todos los pacientes cuyos síntomas requieran el uso de antídoto IV deberán eventualmente considerar su admisión en cuidados intensivos.
- Observe si retornan los síntomas, controle los niveles de metahemoglobina, el pH de la sangre y la oxigenación mediante el análisis gaseoso de la sangre. Calcule el ion negativo del electrolito serum. El envenenamiento con cianuro puede causar acumulación de lactosa y una acidosis metabólica en la separación de ion negativo.
- Los efectos neurotóxicos retardados no son consecuencias esperadas de la exposición al cianuro, si bien estos efectos neurotóxicos pueden ocurrir si la hipoxia (deficiencia de oxígeno) fue prolongada u ocurrió una exposición masiva al cianuro.
- Ante la inhalación de humo que puede ocurrir durante un incendio, se debe considerar **impedir la administración de nitrito de amilo o de nitrito de sodio** debido al riesgo de altos niveles de carboxihemoglobina. Sin embargo, la administración de oxígeno y posiblemente de tiosulfato se debe continuar.

Sección 5. Medidas contra incendio

Propiedades inflamables

- **No se quema**
El cianuro puede no destruirse completamente en un fuego normal que comprometa a materiales combustibles tales como papel o madera. Como el cianuro de sodio no induce la combustión se puede oxidar en un incendio. Respete los códigos de la Asociación Nacional de Protección Contra Incendios (NFPA)

Elementos de extinción

- Use agua en los incendios cercanos al cianuro pero reduzca la cantidad de agua si los contenedores están abiertos o quemados, para evitar la fuga de cianuro (Ver "Incompatibilidad con otros materiales" e "Instrucciones para la lucha contra incendios").
- **NO USE dióxido de carbono (CO₂) con el cianuro húmedo ya que el ácido carbónico (H₂O + CO₂) podría liberar cianuro.**

Instrucciones para el combate de incendios

- *El cianuro de sodio se disuelve rápidamente con el agua; por lo tanto puede haber fuga de solución de cianuro si el contenedor se abre o se quema. La fuga debe ser controlada para evitar problemas de seguridad y de medio ambiente. La solución de cianuro contenida puede ser detoxificada con hipoclorito de sodio.*
- *En algunos casos podría ser aconsejable dejar que el fuego se consuma solo ya que el cianuro de sodio normalmente no se verá afectado por el fuego.*

Sección 6. Medidas ante derrames accidental

Protecciones (para el personal)

NOTA : Revise MEDIDAS CONTRA INCENDIOS y MANEJO (DEL PERSONAL) antes de proceder a limpiar, durante la limpieza use el EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Limpieza de derrames

- *Usando palas y escobas, limpie el área derramada y dejando el material recuperado en un contenedor cerrado o una bolsa plástica para ser eliminado. Cubra y seque el área derramada. Lave el área derramada con una solución diluida de hipoclorito de sodio o hipoclorito de calcio para destruir el cianuro. Llame a DuPont para obtener asesoría. Cumpla con las reglas federales, estatales y locales al reportar los escapes accidentales. La cantidad mínima reportable es de 10 libras.*

Sección 7. Manipulación y almacenado

Manipulación (Personal)

- *La planificación de emergencia y el entrenamiento son necesarios antes de comenzar a trabajar con el cianuro ya que el tratamiento inmediato es esencial en casos de envenenamiento con cianuro.*
- *Mantenga siempre los Kits de Antídoto de Cianuro a mano. No respire el polvo, el rocío ni el gas de cianuro. Evite que entre a los ojos.*
- *Evite el contacto con la piel y la ropa. No lleve alimentos, bebidas ni tabaco cuando sea posible la contaminación con cianuro.*
- *Lave completamente después de manipular. Lave la ropa contaminada antes de volver a usarla.*

Almacenado

- *Almacene en contenedores bien etiquetados en áreas secas, bien ventiladas y seguras.*
- *Mantenga los contenedores cerrados y secos. No almacene con ácidos o sales ácidas contenedores con agua o álcalis débiles o agentes oxidantes.*
- *No manipule ni almacene comida, bebidas ni tabaco en las áreas con cianuro o almacene cerca de combustibles ni inflamables ya que el consecuente procedimiento para apagar incendios con agua puede llevar a fugas de cianuro.*
- *No almacene bajo sistemas de sprinklers.*

Sección 8. Control de exposición / protección personal

Controles de Ingeniería

- *Use la suficiente ventilación como para mantener la exposición de los empleados bajo los límites recomendados.*

Equipo de Protección Personal

- *Protección mínima recomendada: Protector ocular contra sustancias químicas y guantes de goma (butyl) o de neopreno.*
- **Cuando existan exposiciones en el aire potencialmente mayores a los límites aplicables, use el equipo de protección respiratorio aprobado por NIOSH, incluyendo el sistema autónomo.**
- *Tenga a mano y use: protección para el rostro, ropa de goma, delantales y botas; aparatos de respiración desechables para el polvo y rocío tóxico, equipos de respiración autónomos (en caso de emergencia); detector de cianuro de hidrógeno, elementos de Primeros Auxilios y de Tratamiento Médico, incluyendo resucitadores de oxígeno.*

Control de exposición / protección personal

Pautas de exposición

Límites de exposición

Cianuro de sodio

- PEL (OSHA) 5 mg/m³, como CN, 8 hr, TWA, piel
- TLV (ACGIH) Techo 5 mg/m³, como CN, piel
- AEL * (DuPont) 5 mg/m³, 15 minutos TWA, como CN, piel

Gas Cianuro de Hidrógeno

- **PEL (OSHA) 10 ppm, 11 mg/m³, piel**
TLV (ACGIH) techo 4.7 ppm, 5 mg/m³ como CN, piel.
- **AEL * (DuPont) 5mg/m³, 15 minutos TWA, como CN, piel**

AEL es un límite de exposición aceptable por DuPont, donde los límites de exposición ocupacional son impuestos por el gobierno, los cuales son más bajos que AEL son en efecto, límites que toman precedencia.

Comentarios

- **La anotación “Piel” en la Sección de Límites de Exposición indica que el líquido o vapor puede penetrar en la piel (especialmente si existe una herida).**
- **El control de la inhalación de vapor, polvo y neblina por sí sola, puede no ser suficiente para prevenir una dosis excesiva.**

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Información física

Punto de ebullición	1496 C (2725F)	760 mm Hg.
Presión de vapor	Mínimo	
Densidad de vapor	Ninguno	
Punto de fusión	564 C (1047 F)	
Solubilidad en agua	37 WT % @ 20 C (68 F)	
pH	11.3 - 11.7	
Forma	Sólido, granular, briquetas	
Color	Blanco	

Gravedad específica 1.6
Densidad en bruto (embalado) : 50-55 lbs /pies³

El pH mencionado es típico de una solución 5 - 25 % sin ajuste de pH.

El cianuro sólido no tiene olor, pero puede tener un leve olor a amoníaco y/o olor a cianuro hidrógeno si está húmedo.

Sección 10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad química

- *Muy estable cuando está seco*

Incompatibilidad con otros materiales

- *Grandes cantidades de gas cianuro de hidrógeno inflamable y venenoso (HCN) se producirá por el contacto con ácidos, reacciona violentamente con agentes oxidantes fuertes cuando se calienta. El agua o las soluciones alcalinas débiles pueden producir cantidades peligrosas de cianuro de hidrógeno en áreas confinadas.*

Descomposición

- *La humedad causará una lenta descomposición, liberando cianuro hidrógeno venenoso y gases de amoníaco.*

Polimerización

- *No habrá polimerización.*

Sección 11. Información toxicología

Información animal

CIANURO DE SODIO

Oral LD50 : 15 mg/kg en ratas

Dérmico LD50: 11.28-14.63 mg/kg en conejos.

Inhalación LC50: Información no disponible pero se considera altamente tóxico como CN por inhalación.

- *El cianuro de sodio no ha sido probado en la piel ni la irritación en los ojos para demostrar habilidades de sensibilización a la piel.*

NOTA: La administración de cianuro de sodio en ratas, gatos y perros por la vía intravenosa o intraperitoneal resultó asfixia (falta de oxígeno), dispnea (problemas de respiración), ataxia (descoordinación), temblores, coma, y muerte.

- *Ojos: Así como con otras vías de intoxicación, la toxicidad sistémica y muerte es posible por la contaminación de los ojos; LD 50 en conejos es aproximadamente 5 mg/kg.*

El cianuro de sodio aplicado sobre la piel de un conejo produce temblores, espasmos retorcólicos, convulsiones, respiración anormal y postración.

- *Ingestión: La administración repetitiva de dieta de casava conteniendo concentraciones no especificadas de iones cianuros causó decrecimiento de la actividad tiroidal y cambios renales. La administración durante largos períodos de 0.5, 1.0, o 2.0*

mg/kg/día a perros produjo intoxicaciones agudas no específicas e incrementó el número de células rojas en la sangre y decreció el nivel de proteínas en dosis mayores a 1.0 mg/kg/día. Cambios en el sistema nervioso central fueron observados.

No existen reportes de ensayos en animales que demuestren riesgos cancerígenos por cianuro de sodio. Limitados estudios reproductivos no sugieren efectos en animales adultos.

El cianuro de sodio no produce daño genético en cultivos bacteriales, y no ha sido probado en animales.

Sección 12. Información Ecológica

Información Ecotoxicológica

TOXICIDAD ACUÁTICA

Cianuro de Sodio

- 96 horas LC50 - Fathead minnows : 0.43 - 0.66 mg/L
- 96 horas LC50 - Trucha arcoiris: .046 – .075 mg/L
- 96 horas LC50 - Bluegill sunfish: 0.28 mg/L

Consideraciones para la eliminación

Eliminación de desperdicios

- Este material puede ser un desecho peligroso.
- No vacíe el cianuro en alcantarillas que puedan contener un ácido.
- Desintoxique usando hipoclorito de sodio diluido, peróxido de hidrogeno, o hipoclorito de calcio, cumpla con los métodos Federales, Estatales y locales respecto a métodos de eliminación de acuerdo a los procedimientos establecidos, si no se tiene la capacidad, se debe transferir la eliminación a un especialista.

Sección 13. Información de transporte

Información de Embarque

DOT

Nombre del producto en embarque: CIANURO DE SODIO

Clase de riesgo: 6. 1

Nº I.D. (UN/NA): UN1689

Rótulo DOT: TOXICO

Información Especial: Contaminante marino

Grupo de embalaje: I

DOT / IMO

Nombre del producto en embarque: CIANURO DE SODIO, SOLIDO

Clase de riesgo: 6.1

Nº I.D. (UN/NA): UN1689

Rótulo DOT / IMO: TOXICO

Información Especial: Contaminante marino

Grupo de embalaje: I

Cantidad Reportable: 10 lb (4.54 kg)

Tipo de envases de embarque

Tambores de Acero: 100 Kg

FLO-BINS" : 3.000 lbs neto; 3.600 lbs bruto

Super Sacos en caja: 1.000 kg / 2.200 lbs

Tuff Paks: 48 sacos con 20 kg (en caja 960 kg o 2112 lbs)

Sección 14. Información reglamentaria

Regulación Federal de los EE.UU.

Estatus de Inventario TSCA Informado/incluido

Título III - CLASIFICACIÓN DE RIESGOS SECCIÓN 311, 312.

- Agudo: Sí
- Crónico: No
- Fuego: No
- Reactividad: Sí
- Presión: No

Lista de elementos químicos peligrosos

- SARA Sustancia extremadamente peligrosa: Sí
- CERCLA Sustancia peligrosa Sí
- SARA Elemento químico tóxico Sí

Regulaciones Canadienses

- Clase D División 1 Subdivisión A – Material muy tóxico / Mortalidad aguda
- Clase D División 2 Subdivisión B – Material Tóxico. Irritante de ojos y piel.

Sección 15. Otra información

NFPA, NPCA-HMIS

- Rango NFPA
- Salud 3
- Inflamabilidad 0
- Reactividad 1

- Rango NPCA- HMIS
- Salud 3
- Inflamabilidad 0
- Reactividad 1

El rango de protección personal debe ser suministrado para el usuario dependiendo de las condiciones de uso.

Información adicional

- La anotación "piel" en la Sección de Límites de Exposición indica que el líquido o vapor puede penetrar en la piel (especialmente si la piel esta herida). El control de inhalación de vapor, polvo y rocío en forma aislada puede no ser suficiente para impedir una dosis excesiva.
- Para más información, consulte El Boletín y Manual de Almacenado de Cianuro DuPont.

- **La información contenida en esta Información de Seguridad de Material se refiere solamente al material específico aquí designado y no se relaciona con el uso en combinación con otro material u otro propósito.**
- *Responsabilidad para MSDS
Productos Químicos DuPont*
- *Dirección
Ingeniería y Seguridad de Productos
Wilmington, DE 19898
Teléfono 1 (800) 441-7515*

POLVO DE ZINC

Sección 1. Identificación del Producto Químico

Número de Catálogo: z1376

Denominación : ZINC ACS REAGENT GRANULAR, -10 + 50 mesh

Sección 2. Composición e Información sobre los Ingredientes

Cas #: 7440-66-6

Mf: ZN

No. cee:231-175-3

Sinónimos

- *Blue powder * c.i. 77945 * c.i. pigment black 16 * c.i. pigment metal 6 emanay zinc dust * granular zinc * jasad * merrillite * pasco * un1435 (dot) * un1436 (dot) * zinc dust * zinc dust (un1436) (dot) * zinc powder * zinc powder (un1436) (dot) * zinc ashes (un1435) (dot) **

Sección 3. Identificación de Riesgos

Precauciones que deben indicarse en la etiqueta

- *Precaución: evitar el contacto y la inhalación.*

Sección 4. Medidas de Primeros Auxilios

- *En caso de contacto, enjuagar inmediatamente los ojos con abundante cantidad de agua durante 15 minutos por lo menos.*
- *Lavar la piel con abundante agua.*
- *En caso de inhalación, sacar al sujeto al aire libre.*

Sección 5. Medidas Contra incendios

Medios de extinción

- *Utilizar productos extintores de incendios de clase de aprobados o sofocar con arena seca, piedra caliza pulverizada seca, o arcilla seca.*
- *Procedimientos especiales para la lucha contra incendios*
- *Usar un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora para evitar el contacto con la piel y los ojos.*

- Peligros de incendio y explosiones excepcionales
- Emite humos tóxicos en caso de incendio.

Sección 6. Medidas a Adoptar en Caso de Emisiones Accidentales

- Barrer, meter en una bolsa y conservar para su posterior eliminación.

Sección 7. Manipulación y Almacenamiento

Consultar la sección 8.

Información adicional

- El zinc reacciona con ácidos, alcalis, cloruros, cloratos, óxidos, nitratos, fluor, y disulfuro de carbono la presencia de humedad puede provocar combustión espontanea.

Sección 8. Procedimientos de Control de la Exposición y para Protección de las Personas

- Gafas protectoras contra productos químicos.
- Guantes compatibles resistentes a los productos químicos.
- Aparato respirador aprobado por NIOSH/MSHA (National Institute of Occupational Safety and Health; Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo/Mine Safety Health Act; Ley sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad en las Minas) de los Estados Unidos.
- Ducha de seguridad y baño ocular.
- Es obligatorio un sistema mecánico de escape de humos.
- Evitar el contacto y la inhalación.
- Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.
- Mantener herméticamente cerrado.
- Sensible al aire y a la humedad.

Sección 9. Propiedades Físico-químicas

Aspecto y olor silver or grey granules or chips

Propiedades físicas

- Presión de vapor: 1mm 487 c

Sección 10. Estabilidad y Reactividad

Incompatibilidades

- Aminas
- Cadmio
- Proteger contra la humedad.
- Sensible al aire.
- Solventes clorinados
- Azufre
- Acidos fuertes
- Bases fuertes

Productos peligrosos de combustión o descomposición

- Se desconoce la naturaleza de los productos de la descomposición.

Sección 11. Información Toxicológica

Efectos agudos

- *Puede ser nocivo en caso de inhalación, ingestión o absorción por la piel.*
- *Puede provocar irritación de los ojos.*
- *Puede provocar irritación de la piel.*
- *Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.*

Rtecs #: ZG8600000

- *Zinc*

Datos sobre la acción irritante

- *Skh-hmn 300 ug/3d-i mld 85dka8 -,127,77*
- *Datos del registro r.t.e.c.s. (registry of toxic effects of chemical substances; registro de efectos tóxicos de sustancias químicas). Para mayor información, referirse a la ficha correspondiente del registro.*

Sección 12. Información sobre el Impacto Ambiental

No se dispone todavía de datos

Sección 13. Consideraciones Relativas a la Eliminación de Desechos

- *El producto en estado de elemento debe recuperarse para su reutilización y reciclaje.*
- *Observar todos los reglamentos estatales y locales sobre la protección del medio ambiente.*

Sección 14. Información para el Transporte

Dirigirse a Sigma Chemical Company para obtener información

Sección 15. Informaciones Reglamentarias

Información para Europa

- *No. de índice ce:030-001-00-1 R 15*
- *En contacto con agua libera gases extremadamente inflamables. R 17*
- *Se inflama espontáneamente en el aire. S 7/8*
- *Conservar el recipiente herméticamente cerrado y seco. S 43*
- *Utilizar polvo seco en caso de incendio.*
- *No usar nunca agua.*

Revisiones, normas y reglamentaciones

- *Oel=mak*
- *Oel-arab republic of egypt: twa 0.1 mg/m3 jan93*
- *Nohs 1974: hzd t0146; nis 2; tnf 44; nos 1; tne 324*
- *Nohs 1974: hzd 77115; nis 120; tnf 945*
- *Nos 90; tne 118548*
- *Noes 1983: hzd x4242; nis 46; tnf 327*
- *Nos 47; tne 79920; tfe 7874*

- Noes 1983: hzd x5913; nis 1; tnf 22; nos 2; tne 269; tfe 22
- Noes 1983: hzd x5990; nis 2; tnf 42; nos 3; tne 1007; tfe 321
- Noes 1983: hzd x5991; nis 8; tnf 177; nos 18; tne 10589; tfe 3273
- Noes 1983: hzd 77115; nis 211; tnf 237
- Nos 133; tne 320917; tfe 34194
- *Atsdr toxicology profile (ntis** pb/90/171414/as)*
- *Epa genetox program 1988, inconclusive: in vivo cytogenetics-human lymphocyte*
- *Epa tsca section 8(b) chemical inventory*
- *Epa tsca section 8(d) unpublished health/safety studies*
- *On epa iris database*
- *Epa tsca test submission (tscats) data base, april 1997*
- *Niosh analytical method, 1994: zinc and compounds as zn, 7030*
- *Niosh analytical method, 1994: elements in blood or tissue, 8005*
- *Niosh analytical method, 1994: metals in urine, 8310*

Información para Estados Unidos

- *Este producto esta sujeto a las disposiciones sobre provisión de información de la sección 313 de SARA (Superfun Amendment and Re-authorization Act; Programa Federal de los Estados Unidos que regula los productos peligrosos, responsable en caso de accidente químico) - compuestos de zinc.*

Sección 16. Otras Informaciones

- *La información indicada se considera correcta pero no pretende ser limitativa y debe utilizarse únicamente como orientación. Sigma, Aldrich, Fluka no será responsable de daños o perjuicios consecuencia de cualquier manipulación o contacto con el producto. Ver otros términos y condiciones de venta al dorso de la factura o del talón del envase.*
- *Copyright Sigma Chemical co., Aldrich Chemical co., Inc., Fluka Chemie ag., 1997. Se autoriza la reproducción de un número ilimitado de copias de papel para uso exclusivamente interno.*

DIATOMITA

Sección 1. Identificación del Producto Químico

Número de catálogo : S5631
Denominación : SILICE

Sección 2. Composición e Información sobre los Ingredientes

Cas #: 7631-86-9
Mf: O2SI
No. CEE:231-545-4

Sinónimos

- *Bio-sil * kieselsaure (german) * metasilicic acid **

Sección 3. Identificación de riesgos

- *Nocivo*
- *Perjudicial en caso de inhalación.*
- *Irritante para los ojos y el aparato respiratorio.*
- *Organo(s) diana:*
Pulmones
- *En caso de contacto con los ojos, enjuagar inmediatamente con abundante agua y consultar al médico.*
- *Usar ropa protectora adecuada.*
- *No inhalar el polvo.*

Sección 4. Medidas de primeros auxilios

- *En caso de contacto, enjuagar inmediatamente los ojos con abundante cantidad de agua durante 15 minutos por lo menos.*
- *Separar los párpados con los dedos para asegurar el buen enjuagado de los ojos.*
- *En caso de contacto, lavar inmediatamente la piel con jabón y abundante cantidad de agua.*
- *En caso de inhalación, sacar al sujeto al aire libre. Si no respira, administrar respiración artificial. Si respira con dificultad, administrar oxígeno.*
- *En caso de ingestión, lavar la boca con agua si el sujeto esta consciente. Llamar al médico.*

Sección 5. Medidas contraincendios

Medios de extinción

- *Incombustible.*
- *Utilizar medios de extinción apropiados para las condiciones ambientales del incendio.*

Procedimientos especiales para la lucha contra incendios

- *Usar un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora para evitar el contacto con la piel y los ojos.*

Sección 6. Medidas a adoptar en caso de emisiones accidentales

- *Usar un aparato respiratorio autónomo, gafas protectoras contra productos químicos, botas de goma y guantes de goma fuertes.*
- *Barrer, meter en una bolsa y conservar para su posterior eliminación.*
- *Evitar el levantamiento de polvo.*
- *Ventilar el local y lavar el lugar donde se haya derramado el producto una vez retirado por completo.*

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

Consultar la sección 8.

Sección 8. Procedimientos de control de la exposición y para protección de las personas

- *Gafas protectoras contra productos químicos.*
- *Guantes compatibles resistentes a los productos químicos.*
- *Aparato respirador aprobado por NIOSH/MSHA (National Institute of Occupational Safety and Health; Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el*

Trabajo/Mine Safety Health Act; Ley sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad en las Minas) de los Estados Unidos para locales sin ventilación y/o en casos de exposición superior al TLV (Threshold Limit Value; valor Límite Admisible) según ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists; Conferencia de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos).

- *Ducha de seguridad y baño ocular.*
- *Es obligatorio un sistema mecánico de escape de humos.*
- *Evitar el contacto y la inhalación.*
- *Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.*
- *Polvo molesto (nuisance dust).*
- *Irritante.*
- *Mantener el recipiente cerrado.*
- *Higroscópico.*

Sección 9. Propiedades físico-químicas

Aspecto y olor: sólido

Sección 10. Estabilidad y reactividad

Incompatibilidades

- *Acidos fuertes*
- *Proteger contra la humedad.*

Productos peligrosos de combustión o descomposición

- *Se desconoce la naturaleza de los productos de la descomposición.*

Sección 11. Información toxicológica

Efectos agudos

- *Nocivo en caso de inhalación.*
- *Puede ser nocivo en caso de ingestión.*
- *Puede ser nocivo en caso de absorción por la piel.*
- *Provoca irritación de los ojos.*
- *El producto irrita las membranas mucosas y el tracto respiratorio superior.*
- *Puede provocar irritación de la piel.*

Efectos crónicos

- *Organo(s) diana:
Pulmones*

Rtecs #: VV8850000

- *Silicic acid*

Datos sobre la acción irritante

- *Eye-rbt 8300 ug/48h janca2 56,905,73*
- *Datos del registro r.t.e.c.s. (registry of toxic effects of chemical substances; registro de efectos tóxicos de sustancias químicas). Para mayor información, referirse a la ficha correspondiente del registro.*

Sección 12. Información sobre el impacto ambiental

No se dispone todavía de datos

Sección 13. Consideraciones relativas a la eliminación de desechos

- *Enterrar en un vertedero sanitario aprobado para la eliminación de desechos químicos y peligrosos.*
- *Observar todos los reglamentos estatales y locales sobre la protección del medio ambiente.*

Sección 14. Información para el transporte

Dirigirse a Sigma Chemical Company para obtener información.

Sección 15. Informaciones reglamentarias

Información para europa

- *Nocivo R 20*
- *Perjudicial en caso de inhalación. R 36/37*
- *Irritante para los ojos y el aparato respiratorio. S 26*
- *En caso de contacto con los ojos, enjuagar inmediatamente con abundante agua y consultar al médico. S 36*
- *Usar ropa protectora adecuada. S 22*
- *No inhalar el polvo.*

Revisiones, normas y reglamentaciones

- *Oel=mak*
- *IARC cancer review: animal inadequate evidence imemdt 42,39,87*
- *IARC cancer review: human inadequate evidence imemdt 42,39,87*
- *IARC cancer review: group 3 imsudl 7,341,87*
- *EPA TSCA Section 8(b) Chemical Inventory*
- *NIOSH analytical method, 1994: silica, amorphous, 7501*

Sección 16. Otras informaciones

- *La información indicada se considera correcta pero no pretende ser limitativa y debe utilizarse únicamente como orientación. Sigma, Aldrich, Fluka no será responsable de daños o perjuicios consecuencia de cualquier manipulación o contacto con el producto. Ver otros términos y condiciones de venta al dorso de la factura o del talón de envase.*
- *Copyright Sigma Chemical co., Aldrich Chemical co., Inc., Fluka Chemie ag., 1997. Se autoriza la reproducción de un número ilimitado de copias de papel para uso exclusivamente interno.*

SODA CAUSTICA:

Sección 1. Identificación del producto químico

Número de catálogo: 5058

Denominación: SODIUM HYDROXIDE ANHYDROUS

Sección 2. Composición e información sobre los ingredientes

Cas #: 1310-73-2

Mf: HNAO

Sinónimos

- *Caustic soda * hydroxyde de sodium (french) * lewis-red devil lye **
- *Natriumhydroxid (german) * natriumhydroxyde (dutch) * soda lye **
- *Sodio(idrossido di) (italian) * sodium hydrate * sodium hydroxide (acgih:osha) * sodium hydroxide, solid (un1823) (dot) * sodium hydroxide, solution (un1824) (dot) * sodium(hydroxyde de) (french) * un1823 (dot) * un1824 (dot) * white caustic **

Sección 3. Identificación de riesgos

Precauciones que deben indicarse en la etiqueta

- *Corrosivo*
- *Provoca quemaduras.*
- *Exotérmico al entrar en contacto con el agua.*
- *En caso de contacto con los ojos, enjuagar inmediatamente con abundante agua y consultar al médico.*
- *Despojarse inmediatamente de todas las prendas contaminadas.*
- *Usar ropa protectora, guantes y protecciones para la cara y los ojos adecuados.*

Sección 4. Medidas de primeros auxilios

- *En caso de contacto, enjuagar inmediatamente los ojos o la piel con abundantes cantidades de agua durante 15 minutos por lo menos, y quitar al mismo tiempo la ropa y calzado contaminados.*
- *Separar los párpados con los dedos para asegurar el buen enjuagado de los ojos.*
- *En caso de inhalación, sacar al sujeto al aire libre. Si no respira, administrar respiración artificial. Si respira con dificultad, administrar oxígeno.*
- *En caso de ingestión, lavar la boca con agua si el sujeto esta consciente. Llamar al médico.*
- *Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar.*
- *Desechar el calzado contaminado.*

Sección 5. Medidas contra incendios

Medios de extinción

- *Utilizar medios de extinción apropiados para las condiciones ambientales del incendio.*
- *No utilizar agua.*

Procedimientos especiales para la lucha contra incendios

- *Usar un aparato respiratorio autónomo y ropa protectora para evitar el contacto con la piel y los ojos.*
- *Exotérmico al entrar en contacto con el agua.*

Peligros de incendio y explosiones excepcionales

- *Emite humos tóxicos en caso de incendio.*

Sección 6. Medidas a adoptar en caso de emisiones accidentales

- Evacuar la zona.
- Usar un aparato respiratorio autónomo, botas de goma y guantes de goma fuertes.
- Barrer, meter en una bolsa y conservar para su posterior eliminación.
- Ventilar el local y lavar el lugar donde se haya derramado el producto una vez retirado por completo.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

Consultar la sección 8.

Información adicional

- El contacto con aluminio, estaño y cinc libera hidrógeno.
- El contacto con nitrometano y otros compuestos nitrogenados similares provoca la formación de sales sensibles al choque.
- No añadir nunca agua a este material, sino que siempre debe añadirse el material al agua.

Sección 8. Procedimientos de control de la exposición y para protección de las personas

- Usar un aparato respirador aprobado por NIOSH/MSHA (National Institute of Occupational Safety and Health; Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo/Mine Safety Health Act; Ley sobre Condiciones Sanitarias y de Seguridad en las Minas) de los Estados Unidos, guantes resistentes a los productos químicos, gafas de seguridad y otras prendas protectoras.
- Utilizar solamente dentro de una cabina de humos química.
- Ducha de seguridad y baño ocular.
- Visera protectora (mínimo 20 cm).
- No inhalar el vapor.
- No permitir el contacto con los ojos, la piel o la ropa.
- Se absorbe fácilmente por la piel.
- Evitar la exposición prolongada o repetida.
- Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.
- Corrosivo.
- Tóxico.
- Mantener herméticamente cerrado.
- Evitar el contacto con el agua.
- Almacenar en lugar fresco y seco.

Sección 9. Propiedades físico-químicas

Aspecto y olor: white pellets.

Propiedades físicas

- Punto de fusión: 318 c
- Presión de vapor: <18mm 20 c 3mm 37 c
- Peso específico: 2.130
- Densidad de vapor: >1

Sección 10. Estabilidad y reactividad

Estabilidad: estable.

Condiciones que deben evitarse

- *No permitir la entrada de agua en el recipiente.*
- *La temperatura de la solución es muy elevada, y en unión de cantidades limitadas de agua puede producirse ebullición violenta.*

Incompatibilidades

- *Agentes extremadamente oxidantes*
- *Acidos fuertes*
- *Productos orgánicos*
- *Solventes clorinados*
- *Agua*
- *Absorbe co2 del aire.*

Productos peligrosos de combustión o descomposición

- *Se desconoce la naturaleza de los productos de la descomposición.*

Sección 11. Información toxicológica

Efectos agudos

- *Peligroso en caso de ingestión, inhalación o absorción a través de la piel.*
- *El producto causa severa destrucción de los tejidos de las membranas mucosas, el tracto respiratorio superior, los ojos y la piel.*
- *La inhalación puede resultar en espasmos, inflamación y edema de la laringe y los bronquios, neumonitis química y edema pulmonar.*
- *Entre los síntomas de exposición pueden figurar quemazón, tos, sibilancia, laringitis, respiración jadeante, cefalea, nauseas y vómitos.*
- *Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.*

Rtecs #: WB4900000

- *Sodium Hydroxide*

Datos sobre la acción irritante

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| • <i>Eye-mky 1%/24h sev</i> | <i>txapa9 6,701,64</i> |
| • <i>Skn-rbt 500 mg/24h sev</i> | <i>28zpak -,7,72</i> |
| • <i>Eye-rbt 400 ug mld</i> | <i>oyyaa2 26,627,83</i> |
| • <i>Eye-rbt 1% sev</i> | <i>ajopaa 29,1363,46</i> |
| • <i>Eye-rbt 50 ug/24h sev</i> | <i>28zpak -,7,72</i> |
| • <i>Eye-rbt 1 mg/24h sev</i> | <i>txapa9 6,701,64</i> |
| • <i>Eye-rbt 1 mg/30s rinse sev</i> | <i>txcyac 23,281,82</i> |

Datos sobre toxicidad

- *lpr-mus ld50:40 mg/kg*
- *Datos del registro r.t.e.c.s. (registry of toxic effects of chemical substances; registro de efectos tóxicos de sustancias químicas). Para mayor información, referirse a la ficha correspondiente del registro.*

Sección 12. Información sobre el impacto ambiental

No se dispone todavía de datos

Sección 13. Consideraciones relativas a la eliminación de desechos

- Para la eliminación de este producto, dirigirse a un servicio profesional autorizado.
- Observar todos los reglamentos estatales y locales sobre la protección del medio ambiente.

Sección 14. Información para el transporte

Dirigirse a Sigma Chemical Company para obtener información

Sección 15. Informaciones reglamentarias

Información para Europa

- No. de índice ce:011-002-01-3
- Corrosivo R 35
- Provoca quemaduras graves. S 26
- En caso de contacto con los ojos, enjuagar inmediatamente con abundante agua y consultar al médico. S 37/39
- Usar guantes y protecciones para la cara y los ojos adecuados. S 45
- En caso de accidente o malestar, consulte inmediatamente al médico (enseñándole la etiqueta si es posible).

Revisiones, normas y reglamentaciones

- Oel=mak
- Acgih tlv-cl 2 mg/m3 dtlvs* tlv/bei,96
- Epa fifra 1988 pesticide subject to registration or re-registration fereac 54,7740,89
- Msha standard:air-cl 2 mg/m3 dtlvs* 3,233,71
- Osha pel (gen indu):8h twa 2 mg/m3 cfrgbr 29,1910.1000,94
- Osha pel (construc):8h twa 2 mg/m3 cfrgbr 29,1926.55,94
- Osha pel (shipyard):8h twa 2 mg/m3 cfrgbr 29,1915.1000,93
- Osha pel (fed cont):8h twa 2 mg/m3 cfrgbr 41,50-204.50,94
- Oel-australia:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-belgium:stel 2 mg/m3 jan93
- Oel-denmark:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-finland:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-france:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-germany:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-japan:stel 2 mg/m3 jan93
- Oel-the netherlands:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-the philippines:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-sweden:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-switzerland:twa 2 mg/m3;stel 4 mg/m3 jan93
- Oel-thailand:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-turkey:twa 2 mg/m3 jan93
- Oel-united kingdom:twa 2 mg/m3;stel 2 mg/m3 jan93
- Oel in bulgaria, colombia, jordan, korea check acgih tlv
- Oel in new zealand, singapore, vietnam check acgih tlv
- Niosh rel to sodium hydroxide-air:cl 2 mg/m3/15m
- Niosh* dhhs #92-100,92
- Nohs 1974: hzd 69070; nis 359; tnf 112525; nos 192; tne 1122583
- Noes 1983: hzd x3782; nis 167; tnf 21989; nos 120; tne 370582; tfe 137156
- Noes 1983: hzd 69070; nis 426; tnf 133757; nos 246; tne 2819743; tfe 995960

- *Epa genetox program 1988, negative: cell transform.-sa7/she*
- *Epa tsca section 8(b) chemical inventory*
- *Epa tsca section 8(d) unpublished health/safety studies*
- *Epa tsca test submission (tscats) data base, april 1997*
- *Niosh analytical method, 1994: alkaline dusts, 7401*

Sección 16. Otras informaciones

- *La información indicada se considera correcta pero no pretende ser limitativa y debe utilizarse únicamente como orientación. Sigma, Aldrich, Fluka no será responsable de daños o perjuicios consecuencia de cualquier manipulación o contacto con el producto. Ver otros términos y condiciones de venta al dorso de la factura o del talón de envase.*
- *Copyright Sigma Chemical co., Aldrich Cemical co., Inc., Fluka Chemie ag., 1997. Se autoriza la reproducción de un número ilimitado de copias de papel para uso exclusivamente interno.*

CAL VIVA:

1. Identificación del producto

- *Número del producto: 001*
- *Denominación: CAL VIVA*
- *Tamaño de partículas: 3.3 mm.*

2. Composición/Información sobre los componentes

- *CAS No.: 1305-78-8*
- *MW: 56.08*
- *Fórmula Molecular: Ca O*
- *EINECS No.: 215-138-9*

3. Identificación de peligros

- *Riesgo de lesiones oculares graves.*
- *Usar ropa protectora, guantes, protección para la cara y protección hermética para los ojos. (por polvo de cal).*

4. Medidas de primeros auxilios

- *Ingestión: eber abundante agua (hasta varios litros), provocar vómito. Avisar inmediatamente al médico; no efectuar medidas de neutralización.*
- *Contacto con la piel: lavarse inmediatamente con abundante agua; despojarse inmediatamente de la ropa contaminada.*
- *Contacto con los ojos: lavar con abundante agua manteniendo los párpados abiertos (al menos por 10 minutos); avisar inmediatamente al oftalmólogo.*
- *Inhalación: aire fresco; avisar al médico.*

5. Medidas de lucha controincendios

Medios de extinción adecuados

- *Generalmente CO2, polvo.*
- *Cubrir con arena seca, cemento y según los materiales en el contorno.*

Riesgos especiales

- Ninguno.

Referencias especiales

- Incombustible.
- Evitar la penetración del agua de extinción en acuíferos superficiales o subterráneos.

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

Medidas de precaución relativas a las personas

- Evitar formación de polvo.

Procedimientos de recogida/limpieza

- Recoger en seco con precaución y proceder a la eliminación. Lavar después.

7. Manipulación y almacenamiento

Manejo

- Sin otras exigencias.

Almacenamiento

- Bien cerrado, seco, alejado de ácidos.
- Temperatura de almacenamiento +15°C y 25°C.
- Sin limitaciones.
- No emplear en recipientes de materiales ligeros.
- Exigencias sobre recintos de almacenamiento y recipientes.

8. Controles de exposición y protección personal

Parámetros específicos de Control

MAK (ALEMANIA) Clacio Oxido: 5 mg/m³.

Protección personal

- Protección de los ojos:
Gafas protectoras contra polvos químicos hermético, usar siempre.
Ducha de seguridad y baño ocular, siempre.
- Protección de las manos:
Guantes de goma
- Protección respiratoria:
Necesaria para polvos.

Medidas de higiene particulares

- Sustituir inmediatamente la ropa contaminada.
- Protección preventiva de la piel.
- Lavar cara y manos al término del trabajo.
- Mantener bien cerrado.
- Almacenar en lugar seco y ventilado.

9. Propiedades físicas y químicas

- Estado físico: Sólido Polvo
- Color: Blanco crema
- Olor: Arce
- Valor de pH
(a 50 g/l H₂O) (20°) 12.6
- Punto de ebullición: 2850 °C
- Punto de fusión: aprox. 2600 °C
- Punto de ignición: No disponible
- Punto de destello: No disponible
- Límites de exposición:
Bajo No disponible.
Alto No disponible.
- Límites de explosión:
Bajo No disponible.
Alto No disponible.
- Densidad (20 °C) aprox. g/cm³.
- Solubilidad
Agua (20 °C) semisoluble
Glicerina soluble
Acidos diluidos: soluble

10. Estabilidad y reactividad

Condiciones que deben evitarse

- Información no disponible.

Materiales que deben evitarse

- Alcoholes.
- Alogenuros de hidrógeno.
- Alogenuros de halógeno.
- Acidos.
- Metales ligeros.

Productos peligrosos de descomposición

- Información no disponible.

Información complementaria

- Higroscópico.

11. Información toxicológica

Toxicidad aguda

- No nos consta datos cuantitativos sobre la toxicidad de este producto.

Toxicidad subaguda a crónica

- No debe temerse un perjuicio para el feto mientras se mantenga los valores MAK (concentración límite permitida en el lugar de trabajo).

Información adicional sobre toxicidad

- *Inhalación de polvo: irritación de las mucosas.*
- *Contacto con la piel: transpiración o humedad, quemaduras.*
- *Contacto con los ojos: fuertes irritaciones; riesgo de turbidez en la córnea; riesgo de ceguera.*
- *Ingestión: irritación de las mucosas de la boca, garganta, esófago y tracto estómago - intestinal.*

Información complementaria

- *Reacción de la sustancia con la humedad del tejido.*
- *El producto debe manejarse con las precauciones apropiadas para los productos químicos.*

12. Información ecológica

Efectos tóxicos

- *No disponemos de datos cuantitativos sobre los efectos ecológicos del producto.*

Otras observaciones ecológicas

- *No incorporar a suelos ni acuíferos por manipulación o eliminación inadecuada de residuos.*
- *Efecto perjudicial por desviación de pH.*

13. Consideraciones relativas a la eliminación

Producto

- *Para la eliminación debe diluirse el agua, luego disolver el ácido diluido (HCl, o H₂SO₄) hasta un pH 7 u 8.*

Envases

- *Su eliminación debe realizarse según disposiciones oficiales.*
- *Para embalajes contaminados deben adoptarse las mismas medidas que para el producto contaminante.*
- *Los embalajes no contaminados se tratarán como residuo doméstico o como material reciclado.*

14. Información relativa al transporte

- *Tránsito por tierra ADR/RID y GGVE.*
- *Transporte fluvial: no examinado.*
- *Transporte marítimo IMDG.*
- *Transporte aéreo ICAO-IATA y IATA-DGR.*
- *Clasificación ICAO/IATA*
8 UN/ID-No: 1910
grupo III

15. Información reglamentaria

Etiquetado según directivas de la CEE

- *Pictograma: Xi Irritante.*

- R 41 *riesgo de lesiones oculares graves.*
- S 22 *No respirar el polvo.*
- 24 *Evítese el contacto con la piel.*
- 26 *En caso de contacto con los ojos, lavarse inmediatamente con abundante agua y acúdase al médico.*
- 39 *Usen protección para cara y hermético para los ojos.*

Regulación Alemana

- *Clase alemana de polución 1 (compuestos poco contaminantes del agua) (clasificación oficial) del agua.*

16. Otra información

Razón de la emisión:

- *La información indicada en esta hoja de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan solo la smedidas de seguridad en el manejo de este producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritos del mismo.*

XI.- BIBLIOGRAFIA

- 1- Adamson, R.J. Gold Metallurgy in South Africa. Johannesburg, Chamber of mines S. Africa 1972.
- 2- Y.C. Yannopoulos. The extractive metallurgy of gold VNR New York, 1988
- 3- Wils, B.A. Mineral Processing Technology. 4th edition. Pergamon Press, New York 1988
- 4- Nicol, M.J. E. Schalch, P. Balestra 1979; A modern study of the kinetics mechanism of the concentration of gold. J. South Africa Institute of Mine and Metallurgy 1998
- 5- Ingenieria Economica, Cuarta edicion Leland T. Blank, Anthony J. Tarquin, 4ta edición, 1995.
- 6- Hidrometalurgia; ph D.H.H. Haung ; Twidwel and Miller, 1992.
- 7- Metalurgia del Oro, Fidel Sergio Misari Ch. 1ra edición, 1997.
- 8- Curso Metalurgia de procesos Auríferos, Universidad Nacional de Ingenieria; 24 - 26 de Marzo 1999
- 9- Solution Mining; leach and fluid recovery of materials Robert W. Bartlett 1995
- 10- www.marthamine.co.nz/gold_recovery.html
- 11- www.denvermineral.com
- 12- www.cyanidecode.com
- 13- www.yanacocha.com.pe