

RESUMEN EJECUTIVO

El yacimiento aurífero de San Antonio de Poto se sitúa en el altiplano puneño (4,700 m.s.n.m.), distrito de Anea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno. Está emplazado cerca del origen del río Carabaya que aguas abajo baña las poblaciones de Crucero, San Antón, Asillo y finalmente Carabaya, desembocando en la cuenca del Lago Titicaca después de 250 km de recorrido. Como consecuencia la contaminación generada por la Minería aurífera afecta una extensa región que emplea el agua de este río con fines domésticos y agrícolas, y daña a la fauna y flora acuática y terrestre.

La minas de San Antonio de Poto han sido explotadas desde la época precolombina hasta la época moderna donde empresas formales como Minero Perú S.A. y Gutierrez Andrade S.A., operaron generando grandes volúmenes de efluentes con alta concentración de sólidos en suspensión (TSS). Estas operaciones serían inviables con la Legislación Ambiental vigente.

En Agosto de 1993 Minero Perú transfiere las 440 hectáreas de las Concesiones Mineras SAN ANTONIO Y MARÍA, a la Central de Cooperativas Mineras San Antonio y María. Así se forma la Central de Cooperativas Mineras de San Antonio de Poto (CECOMSAP).

Los miembros de CECOMSAP están distribuidos en 8 cooperativas que operan en una zona independiente empleando el sistema de monitores y canaletas de empedrado. Durante los 11 años transcurridos no han recibido apoyo para incorporar tecnología que controle la contaminación y/o incremente la rentabilidad de esta actividad; la contaminación con TSS ha continuado aunque en menor magnitud debido a la escasez del recurso agua.

En consecuencia CECOMSAP tiene que adoptar una tecnología de explotación y tratamiento que siendo rentable genere efluentes que cumplan con los niveles permitidos por la Legislación ambiental. CONSULCONT-SMALLVILL han desarrollado una tecnología que permite reducir el nivel de TSS al valor permitido y que además permite recircular el agua del proceso, mejorar la recuperación de oro fino y prescindir del uso de mercurio; la mayor rentabilidad/productividad lograda con esta tecnología permitiría compensar el costo adicional que implica el tratamiento de la pulpa del relave para separar y almacenar las lamas. CECOMSAP ha mostrado una encomiable disposición para modificar la práctica actual y evitar la contaminación del río Carabaya, y del entorno en general; como corolario de esta actitud responsable ha aceptado el apoyo del Proyecto GAMA para financiar el Pilotaje del proceso propuesto. CONSULCONT S.A.C. y SMALLVILL S.A.C. son empresas

peruanas de Consultoría en Medio Ambiente y Metalurgia que cuenta con amplia experiencia en este campo, infraestructura y personal técnico para realizar Estudios de Planta Piloto.

El principal objetivo del proyecto es comprobar a nivel de Planta Piloto un sistema de tratamiento de la morrena aurífera que elimine los impactos ambientales de los sólidos en suspensión del efluente final e incremente la productividad y nivel de producción, permitiendo una explotación limpia y rentable con técnicas asimilables y aceptables por los mineros artesanales de Ananea. La evaluación de Planta Piloto reducirá el grado de incertidumbre de los resultados y facilitará el escalamiento para un diseño de la operación comercial. Las metas específicas que alcanzará el desarrollo del presente proyecto son :

- 4.1 Balance Metalúrgico para determinar eficiencia y costo de la Operación actual .
- 4.2 Comprobar la viabilidad técnica y económica de un proceso que genera un efluente con un concentración de sólidos suspendidos menor al Límite Máximo Permissible.
- 4.3 Comprobar la viabilidad técnica y económica de un proceso que permite recircular el agua del proceso e incrementa la producción y productividad.
- 4.4 Comprobar la viabilidad técnica y económica de un proceso que incrementa la recuperación de oro en general, y de oro fino en particular.
- 4.5 Comprobar la viabilidad técnica y económica de un proceso que permite obtener un sub-producto de minerales pesados con un valor adicional.
- 4.6 Comprobar la viabilidad técnica y económica de un proceso que reemplaza las operaciones tradicionales por otras metalúrgica, económica y ambientalmente mas eficientes, y prescinde del uso de mercurio.
- 4.7 Desarrollar, a nivel conceptual, un sistema para mecanizar parcialmente la operación de eliminación de escombros y bolonería en las operaciones artesanales.
- 4.8 Desarrollar, a nivel conceptual, un sistema que integre las operaciones individuales de modo tal que el sistema propuesto pueda ser implementado en el corto plazo.
- 4.9 Desarrollar y diseñar un sistema de explotación planificado, a nivel conceptual, que permita la valorización y caracterización anticipada de las reservas y facilite el financiamiento, rentabilidad y uso racional del recurso agua.
- 4.10 Capacitar técnicamente a los miembros de la Cooperativa, mediante charlas teóricas, practicas demostrativas en el Laboratorio y Planta Piloto para que dominen la metodología y principios que harán mas rentables sus operaciones.

1.0 INTRODUCCION

Este yacimiento mineral (foto 2.1) se halla situado al Sur de la Cordillera Oriental y casi en el origen del río Carabaya que baña la población de Crucero, antigua capital de la provincia de Carabaya; pertenece al distrito de Anea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno. Ananea tiene las siguientes coordenadas geográficas:

- Latitud Sur 14° 41'
- Longitud Oeste 69° 32'
- Altitud 4,700 m.s.n.m.

La minas de San Antonio de Poto fueron explotadas desde la época precolombina; durante la conquista los españoles extrajeron importantes cantidades de oro. Al finalizar el siglo XIX los chilenos y británicos venían explotando el yacimiento. La sociedad Minera San Antonio de Poto explotó el yacimiento empleando monitores para las operaciones de minado y caños empedrados para la concentración del oro y finalmente el proceso de la amalgamación y del refogado para obtener el oro metálico. En 1962 la sociedad Minera San Antonio conducida por los señores Peña Prado alquiló sus derechos mineros a la empresa Natomas Company of Perú, que explotó 1 km² del área de Pampa Blanca empleando una draga de cangilones, la misma que dejó de operar en 1972; dicha draga actualmente se encuentra en el área de Pampa Blanca. Durante el tiempo que operó Natomas, la draga se desplazó a lo largo de una laguna formada con el agua del proceso; si bien no se conocen detalles de esta operación el análisis de los residuos descargados revela la naturaleza sumamente lamosa de esta aguas; se descuenta que Natomas evacuó efluentes con alta concentración de sólidos en suspensión (TSS) durante su operación, una parte de ellos tuvo como destino el río Carabaya y otra parte el fondo de la Laguna Sillacunca.

En el año 1973 la totalidad del yacimiento de San Antonio de Poto fue declarado como Derecho Especial del Estado con una extensión de 34,530 has. En 1980 Minero Perú inicia sus operaciones mineras en este yacimiento hasta 1993, durante este tiempo se inicia la rehabilitación de la draga de cangilones sin lograr concluir; se instala también una Planta gravimétrica poniéndola en operación y producción; la Planta de Minero Perú solo consistía de Canaletas con ríflería y no se alcanzó mayor desarrollo tecnológico en los 13 años que tuvo en su poder el yacimiento. Durante este período, y gracias a un Convenio, el Fondo Rotatorio de las Naciones Unidas (UNRFNRE), explora el área de Pampa Blanca, Viscachani, Ancoccala y Chaquiminas. El Estudio del UNRFNRE cubica en Pampa Blanca 400 millones de m³ de mineral con un promedio de 0.3 gr. Au/ m³.

Minero Perú descargó un efluente con alta concentración de TSS durante el tiempo que explotó este yacimiento, y aunque se desconoce si realizó estudios para evitar este impacto, lo cierto es nunca se aplicó un sistema de tratamiento del efluente. En cambio el Estudio de UNRFNRE establece por vez primera la necesidad del tratamiento del agua del proceso y su recirculación para hacer viable la explotación de este yacimiento.

A partir de 1993, el yacimiento ha sido motivo de dos licitaciones, no consiguiéndose hasta la fecha su privatización definitiva. Se tiene conocimiento sin embargo que la empresa Gutierrez Andrade, que operó recientemente, trató alrededor de 300,000 m³ de morrenas auríferas obteniendo una producción en el orden de 120 Kgs de oro. La innovación en el tratamiento practicado por esta empresa se debió a la extracción de material seco, y empleo de una Planta con equipo apropiado para el repulpado y la recuperación de oro fino (Concentradores Centrífugos). Esta operación no tuvo éxito en el tratamiento de sus efluentes para eliminar las TSS, como tampoco logró recircular el agua del proceso; por otro lado no obtuvo buenos resultados cuando con este propósito descargó la pulpa del relave a la Laguna Sillacunca. Si bien el retiro de esta empresa se atribuye a los exigentes compromisos contractuales con Minero Perú, lo cierto es que la continuidad de esta operación no hubiera sido posible por las limitaciones ambientales que implica la descarga de efluentes con alta concentración de TSS (en el orden de 34,000 ppm contra el LMP de 50 ppm).

El 23 de Agosto de 1993 Minero Perú transfiere las 440 hectáreas de las Concesiones Mineras SAN ANTONIO Y MARÍA, a la Central de Cooperativas Mineras San Antonio y María. Sobre la base de esta transferencia se forma la Central de Cooperativas Mineras de San Antonio de Poto (CECOMSAP).

Los miembros de CECOMSAP están distribuidos a su vez en 8 cooperativas que operan cada una de ellas en una zona independiente empleando el sistema de monitores y canaletas de empedrado. La única mejora tecnológica aplicada por los comuneros, durante los 11 años que tienen en su poder estas concesiones, ha sido la instalación de paneles recubiertos con geotextil para la recuperación de finos. Recientemente, se ha introducido el uso de Cargadores Frontales para el arranque seco del material y de Camiones Volquetes para su traslado hasta las canaletas; esta modificación facilita la aplicación de la tecnología descrita en la presente propuesta así como una disposición mas racional de los residuos sólidos.

De lo descrito anteriormente se desprende que durante los 40 años de la explotación moderna de este yacimiento no se ha enfrentado exitosamente el problema de los TSS; si bien en el pasado la necesidad de tratar el agua se justificaba porque su recirculación permitiría una mayor productividad, en la actualidad la operación sin este tratamiento es también inviable desde la óptica ambiental. Resulta por ello irónico, y acaso todo un reto, que sean las empresas comunales las que confronten hoy la necesidad de solucionar este problema tecnológico para seguir operando.

También hay que señalar que no obstante el largo tiempo transcurrido, y los Estudios realizados, subsiste la idea de acometer la explotación de este yacimiento con sistemas que consumen un excesivo volumen de agua, no son apropiados para recuperar oro de granulometría tan fina como la que predomina en las morrenas y emplean un producto altamente tóxico como el mercurio.

El proyecto propuesto tiene como objetivo principal diseñar un sistema rentable que permita obtener un efluente del tratamiento del material morrénico que cumpla con los estándares ambientales de calidad de agua, aire y suelo, y mejore el rendimiento económico de esta actividad. El proceso resultante será evaluado a nivel de Planta Piloto para reducir el grado de incertidumbre de los resultados y facilitar el escalamiento para un diseño de la operación comercial a nivel de Ingeniería Básica.

2.0 PRESENTACION DE LA ENTIDAD SOLICITANTE

Para el propósito de ejecutar el presente proyecto, se han unido las empresas CONSULCONT S.A.C. y SMALLVILL S.A.C., que aportarán su experiencia, capacidad tecnológica e infraestructura. CONSULCONT va a liderar el Consorcio y se encargará del trabajo de campo, Pilotaje y Reporte Final, mientras que SMALLVILL proporcionará la infraestructura de Laboratorio Metalúrgico y Químico, y se encargará de estos trabajos. CONSULCONT realizará también las labores de coordinación y entrenamiento de los beneficiarios (CECOMSAP) y coordinará con el Proyecto GAMA, que financiará su ejecución.

CONSULCONT es una empresa peruana de Consultoría en Ingeniería y Medio Ambiente, con una experiencia de mas de 10 años en el área ambiental, y 20 años en el campo minero-metalúrgico. CONSULCONT ha realizado Estudios relacionados con el tratamiento de minerales auríferos desde 1980 y sus profesionales cuentan con la experiencia para el tratamiento de depósitos aluviales y morrénicos similares a los existentes en Ananea. Sus

profesionales están además familiarizados con el área de Ananea. En el campo ambiental minero CONSULCONT ha realizado mas de 40 Estudios, que incluyen el nivel de Ingeniería Definitiva; entre estos Estudios destacan el diseño de Depósitos/Presas para almacenamiento de relaves, Plantas de Tratamiento de Aguas Acidas y de Control de Sólidos en Suspensión, entre otros. En las Plantas de Tratamiento el costo de inversión ha sido 4 a 10 veces menor que la tecnología convencionalmente empleada en el país y otros países. SMALLVILL S.A.C. es una empresa dedicada a la investigación aplicada, al mejoramiento de procesos y al desarrollo de Tecnologías Limpias; esta empresa cuenta con 2 Patentes de Invención otorgadas y 5 Patentes en trámite, de las cuales 2 están en plena aplicación, 3 están relacionadas con procesos de mejoramiento de la calidad de agua en efluentes minero, y 2 con el tratamiento de minerales auríferos. La Planta de Tratamiento del Túnel Victoria que trata el mayor caudal de agua ácida en el país fue diseñada por CONSULCONT en base a una Patente otorgada a SMALLVILL.

SMALLVILL cuenta además con infraestructura de Laboratorio de Análisis Químico y Metalúrgico, Planta Piloto, Taller mecánico, Instrumentos de Campo, Perforadora Geotécnica, vehículos, etc.

CONSULCONT ha ejecutado Estudios en los últimos 5 años por un valor superior a 1 millón de dólares, y cuenta por ello con un selecto equipo de profesionales y técnicos, que reúnen mas 120 años de experiencia en los diversos campos de la Ingeniería.

2.1 EQUIPO TÉCNICO A CARGO DEL PROYECTO

El equipo técnico estará dirigido por el Ing° MSc Carlos Villachica León, quien reúne una experiencia de mas de 30 años en el campo de investigación y desarrollo de procesos metalúrgicos y tecnologías limpias. Además cuenta con amplio conocimiento sobre la problemática socioeconómica, tecnológica y ambiental de la actividad minera artesanal aurífera. Los profesionales y técnicos que completan el equipo son :

- Jaime Llamosas Bueno, Ingeniero Metalurgista, 20 años de experiencia en proyectos metalúrgicos, será el asistente del Jefe del Proyecto y encargado de la Coordinación de Logística (Lima), Topografía, Planos Autocad, Informe Final.
- Edgard Gonzáles Chirinos, Ingeniero Metalurgista, 10 años de experiencia en proyectos metalúrgicos, encargado del Control del Proceso, Operación de Planta Piloto y Procesamiento de muestras.

- Ronald Ramos Jacinto, Bachiller en Metalurgia, 3 años de experiencia en trabajos de laboratorio metalúrgico y químico, encargado del Procesamiento de muestras en el Laboratorio.
- Ricardo Llamosas Bueno, Técnico Mecánico electricista y conductor profesional de vehículos livianos y pesados, 20 años de experiencia, encargado del mantenimiento eléctrico, manejo de vehículos livianos (camioneta) y pesados (camión, cargador frontal, etc.), es además el operador principal del sistema de perforación SPT.
- Juan López Collachagua, Técnico Mecánico, 30 años de experiencia en montaje, construcción y mantenimiento de Plantas Metalúrgicas Piloto y Comerciales. Tendrá a su cargo la construcción de equipos auxiliares, montaje y desmontaje de la Planta Piloto y Anexos, y mantenimiento durante el Pilotaje.

Se adjunta los currículum Vitae de los profesionales nombrados.

3.0 DESCRIPCION DETALLADA DE LA SITUACION ACTUAL

No obstante el Proyecto propuesto se centra sobre la etapa del tratamiento, el éxito del mismo repercutirá en un beneficio directo o indirecto de las otras etapas del ciclo productivo; por ello describimos brevemente el proceso integral actualmente practicado.

3.1 EXPLORACION

Los trabajadores artesanales no realizan ningún trabajo relacionado con la determinación de las reservas de mineral. Las exploraciones practicadas, cuando se realizan, se hace con lampas y bateas recogiendo un poco de material aurífero de la parte superficial, que luego se concentra manualmente para estimar visualmente la concentración de oro de la zona considerada. En realidad los comuneros tienen tan poca opción para cambiar de ubicación, debido al suministro de agua, que resulta irrelevante para ellos realizar exploraciones para una explotación planificada; también la muestra colectada es tan superficial que probablemente el material ya habrá sido explotado para cuando se tenga el resultado; aún si esta determinación fuera rápida el nivel de incertidumbre sobre la concentración en las capas menos accesibles es tal que resultaría muy arriesgado planificar el minado en base al mismo.

En vista de lo anterior se presentan las ventajas y limitaciones siguientes :

- 3.1.1 La producción no puede ser anticipada suficientemente como para servir como garantía de financiamiento de corto plazo.
- 3.1.2 La rentabilidad no puede ser garantizada porque se puede tratar sin saberlo zonas con valor marginal, desperdiciando entonces los recursos como agua, tiempo, energía y mano de obra.
- 3.1.3 La explotación rentable de este yacimiento no depende exclusivamente del contenido de oro, sino también del consumo de agua que demanda el tratamiento de cada tipo de material; así una ley intermedia o alta en una matriz sumamente arcillosa puede ser menos rentable y menos aceptable que un material de menor ley pero con un contenido moderado de arcilla, pues esta última permite obtener un efluente sin TSS y un menor consumo de agua. Los mineros no pueden seleccionar entre estos tipos de materiales o realizar un minado mas selectivo debido a la ausencia de exploración apropiada.
- 3.1.4 El relave, tanto grueso como fino, se emplaza en sitios seleccionados de acuerdo a su accesibilidad y facilidad de transporte, antes que basados en el contenido de oro recuperable del subsuelo. Como resultado se han cubierto con montañas de relaves áreas que probablemente tengan igual o mayor contenido de oro que las zonas explotadas. El costo de remover el material suprayacente perjudica notablemente la rentabilidad de su explotación.

3.2 EXTRACCION DE LA MORRENA

La extracción de la morrena aurífera se realiza en húmedo empleando el agua como elemento disgregante. Cuando el agua es abundante la productividad, en términos de m³/día, suele ser alta. En Ananea ese no es el caso, y el uso ineficiente del agua limita seriamente la productividad. En vista de lo anterior se presentan las desventajas y limitaciones siguientes :

- 3.2.1 No se puede llevar un control razonable de la densidad de pulpa del material alimentado a las canaletas de recuperación porque la rotura de los bancos de morrena y su disgregación, se basa exclusivamente en la acción del agua y requiere por ello un mayor consumo que el necesario para cernir y concentrar el oro.
- 3.2.2 Debido al descontrol de la densidad de pulpa la recuperación de oro se perjudica notablemente; por un lado ocurren períodos con pulpa de alta densidad que impiden la sedimentación de oro fino y mientras que los períodos de pulpa de baja densidad

promueven el excesivo asentamiento de ganga que reduce la capacidad del lecho de la canaleta, afecta la recuperación de oro y ensucia el concentrado.

- 3.2.3 El descontrol de la densidad de pulpa origina gran variación del caudal de la pulpa, afectando entonces la velocidad y el régimen (turbulento/laminar) que influye decisivamente en la recuperación del oro.
- 3.2.4 Debido al método hidráulico de minado empleado, el desarrollo de la explotación es mas expansivo que intensivo, y no se explotan los recursos que se encuentran por debajo del nivel necesario para que la bolonería y relave en general fluya por gravedad.
- 3.2.5 También el método empleado favorece el almacenamiento del relave grueso sobre áreas mineralizadas que podrían haberse explotado en otras circunstancias.
- 3.2.6 La mano de obra empleada es excesiva en términos de horas-hombre/Kg.oro producido, debido principalmente al trabajo necesario para trasladar la bolonería residual a un lugar suficientemente alejado del frente de trabajo.
- 3.2.7 El ciclo de minado es excesivamente largo, al punto de que la etapa de extracción solo opera 2 hrs/día, y el resto del tiempo se dedica a la limpieza y preparación del frente de trabajo.

3.3 PROCESAMIENTO Y REFINACION

Con el sistema de monitores o derrumbamiento incontrolado, actualmente empleado el caudal de la pulpa oscila notablemente y no está sujeto a control alguno por parte del operador; también se tiene una pulpa con alto contenido de arcillas y densidad de pulpa muy variable. Como consecuencia se presentan las desventajas y limitaciones siguientes :

- 3.3.1 La velocidad y densidad de pulpa a lo largo del canal oscila entre 1 y 3 m/s, y entre 1070 y 1600 g/l, respectivamente. Esta variabilidad perjudica la recuperación de oro.
- 3.3.2 No es posible adecuar el régimen hidráulico en las canaletas para maximizar la recuperación de oro, porque la pulpa debe desplazarse con suficiente energía para acarrear las partículas muy gruesas y evitar su acumulación en el canal.
- 3.3.3 Los comuneros saben que no recuperan oro fino por alguna de estas razones pero no saben a ciencia cierta la proporción de oro que pierden, cual es el tamaño de oro recuperable, y si la eficiencia de sus canales como recuperador de oro puede ser

mejorada con algunos cambios simples de diseño. En realidad nadie ha establecido la recuperación de oro en estas operación.

- 3.3.4 La definición de oro fino está relacionada con su recuperación gravimétrica y depende por ello del sistema empleado en el procesamiento; en los canales de Ananea el oro que no se recupera puede ser tan grueso como 200 micras (malla 60) comparado con tamaños recuperables en el orden de 50 micras (malla 270) en canales con alimentación controlada y bajo contenido de arcillas.
- 3.3.5 El contenido de arcilla afecta significativamente la recuperación de oro fino e intermedio; cuanto mayor sea el contenido de lamas menor será la recuperación de oro debido a efectos de densidad y viscosidad. En consecuencia la recuperación no podrá ser mejorada significativamente sino se resuelve el problema de las lamas.
- 3.3.6 La eficiencia de disgregación es otro factor importante que limita la recuperación en el sistema de monitores y canales; el tiempo de disgregación antes de que el material ingrese al canal es inferior a 1 minuto, y entonces una gran parte del canal se emplea para disgregar la pulpa antes que para recuperar el oro; también el material rechazado acarrea valores de oro porque no ha sido disgregado completamente.
- 3.3.7 El consumo de agua por m³ de grava explotada, o por gramo de oro recuperado, es excesivo en esta operación y limita su capacidad de producción y su productividad; ello se agrava mas aún por la escasez de agua en la zona.
- 3.3.8 No se recircula el agua del proceso, no obstante su escasez, debido a la dificultad de separar las lamas y a la falta de infraestructura para el almacenamiento de éstas.
- 3.3.9 Los relaves tanto grueso como fino se descargan sin planificación, y terminan cubriendo extensas zonas que contienen oro.
- 3.3.10 El procedimiento para el manipuleo y almacenamiento del relave grueso es sumamente laborioso y toma la mayor parte del tiempo disponible.
- 3.3.11 El concentrado aurífero obtenido en esta operación contiene gran proporción grava estéril y lamas que perjudican su posterior amalgamación.
- 3.3.12 El procedimiento de colección del concentrado es laborioso y requiere un tiempo prolongado.

3.3.13 La recuperación de oro en la amalgamación podría ser mejorada especialmente de las partículas finas.

3.3.14 La recuperación de mercurio luego de la amalgamación es baja.

3.3.15 La amalgamación puede ser reemplazada por métodos metalúrgicamente mas eficientes y ambientalmente mas limpios.

3.4 SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

El sistema actualmente empleado presentan las desventajas y limitaciones siguientes:

3.4.1 La inclinación del talud en el frente de trabajo es excesivamente empinada, y pone en riesgo la seguridad de los trabajadores. Ya se han reportado accidentes de este tipo.

3.4.2 El contenido de sólidos en suspensión en la pulpa del relave es sumamente elevado y supera el Límite Máximo Permisible en varios órdenes de magnitud. El impacto ambiental que este efluente ocasiona es severo debido a su caudal (mas de 150 l/s) y a la persistencia de las lamas en varios kilómetros de recorrido.

3.4.3 La disposición del relave de amalgamación también ocasiona un impacto cuya intensidad no ha determinado aún.

3.4.4 El refogado de la amalgama, en la etapa final del tratamiento, constituye un foco de contaminación que no ha sido totalmente controlado aún.

4.0 OBJETIVOS Y METAS DETALLADAS DEL PROYECTO

El principal objetivo del presente proyecto es comprobar a nivel de Planta Piloto un sistema de tratamiento de la morrena aurífera que elimine los impactos ambientales relacionados con los sólidos en suspensión del efluente final y además incremente la productividad y nivel de producción para permitir una explotación limpia y rentable con técnicas que puedan ser asimiladas y aceptadas por los mineros artesanales de Ananea. El sistema propuesto se denomina "Proceso de Clasificación y Coagulación", su diagrama de flujo para el tratamiento de la pulpa descargada por las canaletas se muestra en la figura 1; en la figura 2 se muestra el diagrama de flujo para el tratamiento de morrena seca extraída con cargador frontal.

Las metas que alcanzará el desarrollo del presente proyecto son :

4.11 Muestreo y Balance Metalúrgico para determinar los parámetros de la Operación actual : Consumo de agua ($m^3/gr.Au$, m^3/m^3grava); producción de oro (gr/d); ley

recuperable de oro (gr/m^3); productividad ($\text{m}^3/\text{hombre-día}$, $\text{gr.Au}/\text{hombre-día}$); costo de producción ($\text{US}\$/\text{gr.Au}$); calidad del efluente (mg/l); distribución granulométrica del oro; recuperación del oro por tamaños; impactos ambientales.

- 4.12 Comprobar a nivel piloto que la tecnología propuesta obtiene un efluente con una concentración de sólidos en suspensión menor al Límite Máximo Permissible.
- 4.13 Comprobar a nivel piloto que la tecnología propuesta permite recircular el agua del proceso e incrementa la producción y productividad de la operación.
- 4.14 Comprobar a nivel piloto la tecnología propuesta permite incrementar la recuperación de oro en general, y la recuperación de oro fino en particular.
- 4.15 Comprobar a nivel piloto que la tecnología propuesta permite obtener un sub-producto de minerales pesados que constituye un valor adicional.
- 4.16 Comprobar a nivel piloto que la tecnología propuesta permite reemplazar las operaciones tradicionales para recuperar oro fino por otras metalúrgica, económica y ambientalmente mas eficientes.
- 4.17 Comprobar a nivel piloto que la tecnología propuesta permite eliminar el uso del mercurio reemplazándolo por sistemas ambientalmente aceptables.
- 4.18 Desarrollar y diseñar un sistema para mecanizar parcialmente las operaciones de eliminación de escombros y bolonería en las operaciones artesanales.
- 4.19 Desarrollar un sistema de exploración económica y confiable que permita la planificación de la explotación y tratamiento de las morrenas y su financiamiento.
- 4.20 Desarrollar y diseñar un sistema que pueda integrar las operaciones individuales de las cooperativa de modo tal que el sistema propuesto pueda ser implementado en el corto plazo.
- 4.21 Desarrollar y diseñar un sistema alternativo, a nivel de Ingeniería conceptual, para la explotación del yacimiento con un grado de mecanización razonable que privilegie las habilidades de los comuneros antes que el esfuerzo físico. Este sistema se basará en el sistema de "Clasificación y Coagulación propuesto".
- 4.22 Capacitar técnicamente a los miembros de la Cooperativa, mediante charlas teóricas, practicas demostrativas en el Laboratorio y Planta Piloto para que dominen la metodología y principios que hacen mas rentable sus operaciones.

5.0 CONCEPTO Y ESTRATEGIA DEL PROYECTO

Los efluentes de las operaciones en Ananea, tanto artesanales como industriales, han venido contaminando el entorno con efluentes con alto contenido de TSS durante los últimos 40 años. Ninguna operación minera, así sea artesanal, es ahora aceptable sino evacua un efluente que cumpla con las regulaciones ambientales respecto a su contenido de metales disueltos, grado de acidez y turbiedad (TSS). En consecuencia la continuidad de esta operación depende fundamentalmente de su capacidad para implementar un sistema económico que resuelva este problema ambiental.

Es digno de destacar que tanto la Directiva como los miembros de CECOMSAP, están convencidos del impacto ambiental que ocasiona su operación, y han mostrado una encomiable disposición para cooperar en la solución de este problema. Por otro lado es contraproducente que empresas con mayor respaldo económico no hallan mostrado la misma disposición hacia los mismos problemas ambientales.

No obstante, el tratamiento del efluente turbio para reducir su contenido de TSS por debajo del LMP (100 ppm) implica un costo adicional que difícilmente puede afrontar una empresa comunal a no ser que dicho tratamiento conlleve una mayor productividad. Por ello nuestra estrategia para resolver el problema se sustenta en el hecho de que el control de la calidad del efluente puede ser logrado en forma simultánea con el incremento de su productividad. La productividad será mejorada porque :

- El tratamiento propuesto implica la instalación y operación de un Circuito para la recuperación de oro fino (y minerales pesados), que entonces incrementará significativamente el valor recuperado.
- El tratamiento propuesto implica la recuperación del agua empleada en el proceso, lo cual a su vez significa un incremento proporcional en la capacidad de tratamiento en cada operación artesanal. Hay que recordar que la limitación mas seria que tiene la CECOMSAP para incrementar su producción es la escasez de agua.
- El tratamiento propuesto implica un grado de mecanización moderado tanto en la extracción como en el procesamiento, que reducirán el esfuerzo y tiempo que los comuneros emplean en esta operación; como consecuencia ellos pueden operar frentes de explotación mas amplios e incrementar la producción al mismo costo.

- El tratamiento propuesto implica desterrar definitivamente el uso del mercurio en el procesamiento aurífero, lo que aunado al control de los TSS y al carácter artesanal de la actividad proporcionará un alto estándar de calidad ambiental y social a esta actividad. En estas condiciones puede lograrse incentivos económicos para su producción aurífera (fuentes de financiamiento y mejores precios por “oro ecológico”).

La operación de la Planta Piloto y Laboratorio en el mismo lugar de operaciones, su accesibilidad a los miembros de CECOMSA, la difusión de las técnicas empleadas a nivel teórico y práctico, el entrenamiento de los miembros, técnicos o profesionales que ellos designen, y una comunicación permanente e identificación con su problemática por parte de los miembros de CONSULCONT-SMALLVILL acentuará los lazos de confianza y colaboración ya establecidos, facilitando de ese modo el desarrollo armonioso del Proyecto

6.0 ACTIVIDADES PREVISTAS Y CRONOGRAMA DE TRABAJO

Las actividades que se han previsto desarrollar para cumplir con la ejecución del proyecto son las siguientes :

- 1 Aceptación de la Propuesta
- 2 Suscripción del Contrato y Adelanto
- 3 Visita de Coordinación a Ananea
- 4 Transporte de Equipo Lima-Ananea
- 5 Transporte de Personal técnico Lima-Ananea
- 6 Instalación de Equipo de Laboratorio
- 7 Instalación de Planta Piloto
- 8 Evaluación de Operación Actual
- 9 Operación de la Planta Piloto
 - 9 1 Pruebas de Ajuste
 - 9 2 Pruebas de Clasificación y Coagulación
 - 9 3 Prueba de Recuperación de Oro Fino
 - 9 4 Prueba de Recirculación de Agua (Minado seco)
- 10 Trabajo de Laboratorio Metalúrgico
 - 10 1 Análisis Granulométrico
 - 10 2 Prueba de Sedimentación
 - 10 3 Pruebas de Recuperación Oro Fino
 - 10 4 Determinación de Sólidos en suspensión
 - 10 5 Preparación de Muestras para Análisis
- 11 Envío de Muestras a Laboratorio A. Químico

- 12 Trabajo de Laboratorio Químico
- 12 1 Análisis directo de Oro
- 12 2 Disolución y Análisis de Oro disuelto
- 12 3 Análisis de Mercurio y minerales pesados
- 13 Caracterización del Sitio y Técnicas de Exploración
- 14 Presentación del equipo de Trabajo a la CECONSAP
- 15 Charlas Técnicas a los Comuneros de CECONSAP
- 16 Prácticas Laboratorio y P. Piloto de Comuneros de CECONSAP
- 17 Desmontaje de Laboratorio y Planta Piloto
- 18 Transporte de Equipo Ananea-Lima
- 19 Transporte de Personal técnico Ananea-Lima
- 20 Presentación de Resultados Preliminares a CECONSAP
- 21 Procesamiento de Datos y entrega de Reporte Final a GAMA

El Cronograma de Trabajo se presenta en la tabla 1. Se estima que el desarrollo del proyecto tomará alrededor de 60 días contados a partir de la suscripción del Contrato respectivo y entrega del adelanto, hasta la elaboración y entrega del informe Final. El trabajo de Campo cubrirá alrededor de 40 días.

7.0 RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se esperan alcanzar al término del Proyecto son los siguientes :

- Demostrar la viabilidad económica de explotar las morrenas de Ananea cumpliendo con los estándares ambientales establecidos por la legislación vigente.
- Demostrar que esta tecnología es asimilable por los Comuneros de CECONSAP, y puede permitir el desarrollo sustentable de su actividad minera.
- Demostrar que la productividad puede ser mejorada notablemente mediante una mecanización racional de las operaciones que reduzca el esfuerzo físico de los miembros de CECONSAP y mantenga estándares ambientales aceptables.
- Demostrar que la recirculación del agua del proceso, la mayor recuperación de oro y el mayor nivel de producción pueden ser logrados conjuntamente con operaciones mas limpias y seguras.

- Demostrar que el oro de estas morrenas puede ser recuperado eficiente y rentablemente sin emplear mercurio, reemplazándolo por tecnologías más limpias.
- Demostrar que los mineros artesanales apropiadamente organizados pueden competir exitosamente con empresas tradicionales si reciben el apoyo técnico y orientación organizativa apropiadas. En el caso particular de Ananea la alternativa tradicional de empresas tanto estatales (Minero Perú) como privadas nacionales (VEGSA) e internacionales (Andrade Gutierrez S.A.) no ha sido exitosa.
- Potenciar la filosofía ambientalista característica de nuestras Comunidades, mediante instrumentos técnicos que faciliten su aplicación práctica.

8.0 INDICADORES QUE PERMITEN LA EVALUACION DEL AVANCE Y CUMPLIMIENTO DEL PROYECTO

Los indicadores que pueden ser medidos durante la ejecución del Proyecto y el período post proyecto, para establecer el avance y grado de cumplimiento de las metas son :

8.1 En la Exploración

- 8.1.1 La producción podrá ser anticipada suficientemente como para servir como garantía de financiamiento de corto plazo. *Se podrá interrogar a los comuneros para comprobar que asimilaron las enseñanzas relacionadas con las técnicas de exploración.*
- 8.1.2 La rentabilidad podrá ser garantizada porque tratará zonas con valores aceptables, maximizando de este modo los recursos como agua, tiempo, energía y mano de obra. *Se podrá interrogar a los comuneros para comprobar que asimilaron las enseñanzas relacionadas con las técnicas de exploración.*
- 8.1.3 La explotación rentable de este yacimiento no depende exclusivamente del contenido de oro, sino también del consumo de agua que demanda el tratamiento de cada tipo de material; sí una ley baja o intermedia en una matriz sumamente arcillosa puede ser menos rentable que un material de menor ley pero con un contenido moderado de arcilla, que permite obtener un efluente sin TSS y un menor consumo de agua. *Se podrá interrogar a los comuneros para comprobar que asimilaron las enseñanzas relacionadas con las técnicas de exploración e influencia de la arcilla en el tratamiento.*

8.1.4 El relave, tanto grueso como fino, se emplaza en lugares seleccionados de acuerdo a su accesibilidad y facilidad de transporte, antes que basados en su contenido de oro recuperable. Como resultado se han cubierto con montañas de relaves áreas que probablemente tengan igual o mayor contenido de oro que las zonas que originaron esos relaves. El costo de remover el material suprayacente perjudica notablemente la rentabilidad de su explotación. *Se podrá interrogar a los comuneros para comprobar que asimilaron las enseñanzas relacionadas con las técnicas de exploración y la distribución del oro en el yacimiento.*

8.2 En la Extracción de la Morrena

8.2.1 No se puede llevar un control razonable de la densidad de pulpa del material alimentado a las canaletas de recuperación porque la rotura de los bancos de morrena y su disgregación, se basa exclusivamente en la acción del agua y requiere por ello un mayor consumo que el necesario para cernir y concentrar el oro. *El consumo de agua será comparado con la extracción húmeda y extracción seca.*

8.2.2 Debido al descontrol de la densidad de pulpa la recuperación de oro se perjudica notablemente; por un lado ocurren períodos de alta densidad que impiden la sedimentación de oro fino y por otro lado los períodos de baja densidad permiten el excesivo asentamiento de ganga que reduce la capacidad del lecho de la canaleta y afecta la recuperación de oro. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.2.3 El descontrol de la densidad de pulpa origina gran variación del caudal de la pulpa, afectando entonces la velocidad y el régimen (turbulento/laminar) que influye decisivamente en la recuperación del oro. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.2.4 Debido al método hidráulico de minado empleado, el desarrollo de la explotación es mas expansivo que intensivo, y no se explotan los recursos que se encuentran por debajo del nivel necesario para que la bolonería y relave en general fluya por gravedad. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.2.5 También el método empleado favorece el almacenamiento del relave grueso sobre áreas mineralizadas que podrían haberse explotado en otras circunstancias. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.2.6 La mano de obra empleada es excesiva en términos de horas-hombre/Kg.oro producido, debido principalmente al trabajo necesario para trasladar la bolonería residual a un lugar suficientemente alejado del frente de trabajo. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.2.7 El ciclo de minado es excesivamente largo, al punto de que la etapa de extracción solo opera 2 hrs/día, y el resto del tiempo se dedica a la limpieza y preparación del frente de trabajo. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.3 Procesamiento y Refinación

8.3.1 La velocidad y la densidad de pulpa a lo largo de los canales oscilan entre 1 y 3 m/s, y entre 1070 y 1600 g/l, respectivamente. Esta variabilidad perjudica la recuperación de oro. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento*

8.3.2 No es posible adecuar el régimen hidráulico en las canaletas para maximizar la recuperación de oro, porque la pulpa debe desplazarse con suficiente energía para acarrear las partículas muy gruesas y evitar su acumulación en el canal. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este comportamiento.*

8.3.3 Los comuneros saben que no recuperan oro fino por alguna de estas razones pero no saben a ciencia cierta la proporción de oro que pierden, cual es el tamaño de oro recuperable, y si la eficiencia de sus canales como recuperador de oro puede ser mejorada con algunos cambios simples de diseño. En realidad nadie ha establecido la recuperación de oro en estas operación. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá determinar la recuperación en cada fracción de tamaño.*

8.3.4 La definición de oro fino está relacionada con su recuperación gravimétrica y depende por ello del sistema empleado en el procesamiento; en los canales de Ananea el oro que no se recupera puede ser tan grueso como 200 micras (malla 60) comparado con tamaños recuperables en el orden de 50 micras (malla 270) en canales con alimentación controlada y bajo contenido de arcillas. *La recuperación en cada fracción de tamaño determinada en la operación actual será comparada con la obtenida en la Planta Piloto (Sección Gravimetría).*

8.3.5 La recuperación gravimétrica de oro fino podrá ser complementada o reemplazada con el método inverso de flotación, dependiendo del contenido presente en esta

fracción granulométrica. *La recuperación en cada fracción de tamaño obtenida en la operación actual será comparada con la obtenida en la Planta Piloto (Sección Clasificación, Tamizado y Flotación).*

- 8.3.6 El contenido de arcilla afecta significativamente la recuperación de oro fino e intermedio; cuanto mayor sea el contenido de lamas menor será la recuperación de oro debido a efectos de densidad y viscosidad. En consecuencia la recuperación no podrá ser mejorada significativamente sino se resuelve el problema de las lamas. *La recuperación de oro será evaluada en la planta piloto con muestras deslamadas y sin deslamar.*
- 8.3.7 La eficiencia de disgregación es otro factor importante que limita la recuperación en el sistema de monitores y canales; el tiempo de disgregación antes de que el material ingrese al canal es inferior a 1 minuto, y entonces una gran parte del canal se emplea para disgregar la pulpa antes que para recuperar el oro; también el material rechazado acarrea valores de oro porque no ha sido disgregado completamente. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá determinar la eficiencia de disgregación obtenida en las canaletas y su efecto sobre la recuperación.*
- 8.3.8 El consumo de agua por m³ de grava explotada, o por gramo de oro recuperado, es excesivamente alto en esta operación y limita la capacidad de producción y la productividad de esta operación; ello es aún mas grave por la escasez de agua en la zona. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá determinar los índices de consumo de agua.*
- 8.3.9 No se recircula el agua del proceso, no obstante su escasez, debido a la dificultad de separar las lamas y a la falta de infraestructura para el almacenamiento de éstas. *Los índices de consumo de agua obtenidos en la Operación actual serán comparados con los que se obtengan en la Planta Piloto.*
- 8.3.10 Los relaves tanto grueso como fino se descargan sin planificación, y terminan cubriendo extensas zonas que contienen oro. *La Evaluación de la Operación Actual permitirá confirmar este procedimiento.*
- 8.3.11 El procedimiento para el manipuleo y almacenamiento del relave grueso es sumamente laborioso y toma la mayor parte del tiempo disponible. *Los índices obtenidos en la Operación actual serán comparados con los correspondientes al sistema mecanizado.*

- 8.3.12 El concentrado aurífero obtenido en esta operación contiene gran proporción grava estéril y lamas que perjudican su posterior amalgamación. *Los índices obtenidos en la Operación actual serán comparados con los correspondientes al tratamiento del concentrado obtenido en la Planta Piloto.*
- 8.3.13 El procedimiento de colección del concentrado es laborioso y requiere un tiempo prolongado. *Los índices obtenidos en la Operación actual serán comparados con los correspondientes a la colección del concentrado obtenido en la Planta Piloto*
- 8.3.14 La recuperación de oro en la amalgamación podría ser mejorada especialmente de las partículas finas. *Los índices obtenidos en la Operación actual serán comparados con los correspondientes al tratamiento del concentrado obtenido en la Planta Piloto*
- 8.3.15 La recuperación de mercurio luego de la amalgamación es baja. *La recuperación de mercurio obtenida en la Operación actual será comparada con los obtenidos en el tratamiento del concentrado obtenido en la Planta Piloto.*
- 8.3.16 La recuperación de oro obtenida con la amalgamación podrá ser mejorada con alternativas como cianuración o lixiviación con tiourea. *Los índices obtenidos en la Operación actual serán comparados con los correspondientes al tratamiento del concentrado obtenido en la Planta Piloto*

8.4 Seguridad y Medio Ambiente

- 8.4.1 La inclinación del talud en el frente de trabajo es excesivamente empinada, y pone en riesgo la seguridad de los trabajadores. Ya se han reportado accidentes de este tipo. *La asimilación de los Comuneros de estas medidas de Seguridad podrá ser comprobada mediante interrogatorios; no obstante la práctica solo será reemplazada por el cambio del método de minado.*
- 8.4.2 El contenido de TSS en la pulpa del relave es sumamente elevado y supera el Límite Máximo Permisible en varios órdenes de magnitud. El impacto ambiental que este efluente ocasiona es severo debido a su caudal (mas de 150 l/s) y a la persistencia de las lamas en varios kilómetros de recorrido. *El éxito del control de este impacto podrá ser comprobado con los resultados de la operación de la Planta Piloto.*
- 8.4.3 La disposición del relave de amalgamación también ocasiona un impacto cuya intensidad no ha determinado aún. *Los índices de mercurio en los residuos obtenidos*

en la Operación actual serán comparados con los correspondientes al tratamiento del concentrado obtenido en la Planta Piloto.

- 8.4.4 La eliminación del proceso de amalgamación y el uso de mercurio que ello implica evitará la contaminación con este metal. *Los índices de mercurio en los residuos obtenidos en la Operación actual serán comparados con los correspondientes al tratamiento del concentrado obtenido en la Planta Piloto*

9.0 ASPECTOS TRANSVERSALES Y COMPLEMENTARIOS

El desarrollo exitoso del Proyecto permitirá vislumbrar una Operación de Explotación y Tratamiento rentable y sustentable, que puede mantenerse en el largo plazo si se mantiene el apoyo técnico hasta que los miembros de CECONSAP hallan sido capacitados apropiadamente e incorporado el concurso de profesionales técnicos en las áreas que se requieran. El desarrollo de una operación que no contamina mejorará notablemente las relaciones de la Comunidad con aquellas Comunidades y Poblaciones que aguas abajo son los receptores de la contaminación. La imagen positiva y responsable que CECONSAP entonces proyecte a la sociedad, podrá ser capitalizada para conseguir apoyo financiero nacional e internacional. La gran extensión del yacimiento de Ananea permite a su vez que muchos pobladores de escasos recursos en el departamento de Puno, pueden congregarse en asociaciones comunales para acceder a una fuente de trabajo digna y duradera. Por ello debe promoverse la responsabilidad que todos los involucrados en el desarrollo de este proyecto tenemos por lograr las metas trazadas, porque el éxito o fracaso del mismo va a tener una influencia decisiva en el bienestar de un elevado número de pobladores que no cuentan en la actualidad con otra fuente de ingresos .

Una vez que se demuestre la viabilidad técnica y económica del sistema propuesto, se deberá elaborar un Proyecto de Desarrollo del yacimiento que involucre la opción de explotación por Asociaciones Comunales apoyadas técnicamente, frente a la opción tradicional de su explotación por Empresas. El proyecto de desarrollo tendrá una etapa fundamental de Capacitación que permita la participación plena de todos los pobladores indistintamente del género y edad. El oro es un metal que además ofrece la posibilidad de integración vertical con producción de joyas y artesanía que incrementarían los puestos de trabajo y rentabilidad de las operaciones.

La participación de las Asociaciones Comunales ofrece una ventaja adicional con respecto al Cierre de Mina, pues siendo ellos los pobladores del entorno, podrán participar activamente en una rehabilitación progresiva de los terrenos disturbados y el aprovechamiento de los terrenos rehabilitados para la agricultura y/o ganadería. La diversificación de la actividad económica permitirá preparar a su vez a la población para los tiempos de crisis de precios o agotamiento de las reservas. Muy poca de estas acciones pueden ser emprendidas por una empresa privada que probablemente cerraría la Mina en tiempos de crisis perjudicando a los trabajadores.

10.0 PRESUPUESTO Y FORMA DE PAGO

El presupuesto requerido para ejecutar el presente proyecto es de : **US\$30,848.44 + IGV**

La forma propuesta de pago, teniendo en cuenta que su ejecución demanda el traslado de numeroso equipo y personal técnico desde Lima hasta Ananea, su instalación y operación durante 50 días, y retorno inmediato., es el siguiente :

- Un adelanto del 60% del monto total, esto es **US\$18,509.06**, a la suscripción del respectivo Contrato.
- Un pago a cuenta del saldo, equivalente al 30% del monto total, esto es **US\$9,254.53**, a la entrega del Informe de Avance, a los 40 días de suscrito el Contrato.
- Cancelación del saldo final, esto es **US\$3,084.85**, a la entrega del informe Final.

El desagregado del presupuesto se presenta en la Tabla 2.

0000000