

GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE IZAJE VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S. A. A.

MANAGEMENT ON THE CONSTRUCTION OF SHAFTS HOSTING SYSTEMS

Ernesto Zelaya P. – Luis Alfredo Martínez M. – Rubén Vereau M.
Volcan Compañía Minera S. A. A.

RESUMEN

El presente artículo, trata sobre las experiencias obtenidas en la construcción de los sistemas de izajes para la ejecución de los proyectos que se están llevando a cabo en la Unidad Minera Animón – EACH S. A. C. (Pique Jacob Timmers) y en la Unidad Minera Andaychagua – U. P. Yauli (Pique Roberto Letts) que son partes integrantes de las operaciones mineras de Volcan Compañía Minera S. A. A.

Se hace hincapié que para la construcción de ambos proyectos, se ha tomado como lineamiento o base de referencia el documento denominado “Planeamiento Integral para la construcción del Pique J. Timmers”¹; en tal sentido, y con esta ruta de trabajo aplicado fehacientemente para los dos proyectos en mención, lo que se pretende es mostrar los aspectos relevantes y/o fundamentales para contrastarlo con las acciones y decisiones que se tomaron.

En el Perú, muchas de las empresas mineras que se han desarrollado a lo largo de los últimos 25 años, por la configuración de sus yacimientos que están explotando, de forma subterránea, van alcanzando limitaciones y restricciones en cuanto al transporte y extracción de mineral y/o desmonte para la continuidad de sus operaciones mineras dada la profundidad que han alcanzado. Ante esta necesidad y que se presentará en futuro cercano para estas empresas mineras, por un tema adicionalmente económico, se posibilita la inversión en un sistema de izaje; ello a la vez permitirá un menor costo operativo y una mayor eficiencia en dicha actividad como también definitivamente repercutirá en la mayor productividad e incremento de la producción, sin que se efectúen mayores inversiones complementarias, por la mayor rapidez del ingreso de personal a sus diferentes labores mineras.

¹ Premio Nacional Minería: Trabajo técnico presentado en el 8vo. Congreso Nacional de Minería, Trujillo- Perú, octubre 2010, E. Zelaya & L. A. Martínez.

Es importante señalar, la actitud que podrían tener algunas empresas mineras que por reducir los montos de inversión obvian los estudios inherentes a este tipo de proyectos y/o tratan de construir sus piques con los diseños de otros proyectos similares con una pobre o escasa planificación ni entendimiento de los procesos constructivos adecuados para pique mecanizados de nivel internacional; pues debemos recordar que cada proyecto de pique es una historia diferente

A lo señalado, no podremos dejar de mencionar, que si bien muchos de estos proyectos llegan a funcionar, seguramente para entonces se habrán empleado demasiado tiempo e inversión adicional en cambios de diseño, experimentos, marchas y contra-marchas, accidentes, etc. y con resultados de muy mala calidad que durante el funcionamiento del pique posiblemente tendrán una serie de complicaciones, p. e., no alcanzar la velocidad de diseño, la menor capacidad de izaje de la necesaria, etc. y costos adicionales importantes.

Esperamos que con base a los criterios establecidos producto de muchos años de experiencia en proyectos de piques, como la exposición de las realidades que actualmente se están ejecutándose en los dos proyectos, sirvan para que las empresas mineras que tengan o tendrían proyectos similares puedan aplicarlas para lograr resultados exitosos como también de una inversión significativamente menor.

Finalmente, estamos demostrando que los peruanos somos capaces de realizar una Ingeniería de nivel mundial y el empleo de una alta tecnología para con los proyectos como los descritos, y que puedan estar requiriéndose en la industria minera.

SUMMARY

This article is referred to the gained experience in the construction of shafts hosting in the Volcan mining units of Animon, Jacob Timmers project, and Andaychagua, Roberto Letts project. Both projects

are under constructions and are included in the mine modernization program of the Volcan Compañía Minera S. A. A.

It must be pointed out that the both projects follows the "Integral planning for the construction of the Jacob Timmer Shaft, which was developed as a guide for all the construction phases of these kind of projects.

The relevant and fundamental aspects are contrasted with the real, opportune and adequate decisions to be taken along the construction of these projects.

In Peru many of the mining companies in the last 25 years has focused their operations in underground labors, and now are facing extraction and transportation restrictions for their minerals and wastes, which will limit the operation continuity. This situation, from the economic point of view, will generate in the near future the necessity of investing in lifting systems, reducing operation cost and increasing efficiency. As a result is expected major productivity and production increase, avoiding complementary investments for the faster entrance of the personnel to the different mining labors.

It is important to pointed out the attitude that some mining companies could have, in order to reduce of investments, reducing studies inherent to this type of projects and/or use of designs of shafts from other similar projects, and built them with a lack of planning and understanding of construction processes for mechanized shafts to the international level. Each shaft is a different history.

Many of the projects built with the deficiencies mentioned get to operate, but surely they have taken more time and additional investment in change of design, research, marches and countermarches, accidents and others. The results will be poor quality; they will not get the design parameters like lifting velocity, lifting capacity and important additional costs.

Many of the projects conducted in the mentioned way, get to operate, but take more time, that expected, significant additional investment because of design changes, experiments, marche and countermarches, accidents, bad quality and others. At the end it is possible to have operating complications and additional costs.

Hoping that the experiences presented in this article, coming from years of working in shaft projects and the realities that the construction of these projects faces, could be applied for mining companies in similar projects to get succeed results in technical and economic results.

Finally, it is showed that the Peruvians are capable to carry on specialized projects in the engineering

and construction phases that are required in the mining industry.

1. EL SISTEMA DE IZAJE

Un sistema de izaje utilizado en minería es una infraestructura permanente para un uso no menor a los 20 años con la cual se puede transportar material (mineral o desmonte) y/o personal de un nivel inferior a un nivel superior; pudiendo ser este vertical ($\Phi = 90^\circ$), como también inclinado ($\Phi \neq 90^\circ$).

El sistema de izaje en minería, ver gráfico 1, es muchas veces conocido como extracción por pique, consta de los siguientes elementos principales:

- Winche Principal;
- Winche de Servicio;
- Loading Pocket;
- Skips para mineral y/o desmonte
- Jaula para personal;
- Castillo metálico, si se hace desde superficie;
- Tolvas en superficie;
- Faja Transportadora en superficie;
- Spill Pocket (de ser necesario).

2. INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de las actividades exploratorias, los resultados obtenidos a través de las perforaciones diamantinas realizadas a niveles de profundidad mayores a la actual extracción de mineral, mostraron que los volúmenes de reservas y recursos geológicos encontrados en la U. M. Animón como en la U. M. Andaychagua respectivamente fueron muy importantes y justificaron las inversiones tanto para la construcción del Pique Jacob Timmers como también para el Pique Roberto Letts.

La alternativa del Sistema Integral de Izaje para cada uno de los proyectos construcción, fueron oportunamente evaluadas y significaron para cada una de las actividades de transporte y/o extracción en las propias Unidades Mineras ser menos costosa y más eficiente que los sistemas por rampas actualmente empleados (opción también tomada en cuenta y evaluada para su continuidad), pues para ambos casos significaba extender hasta en 8 km. dichas vías de transporte para la extracción.

La Alta Dirección de Volcan Compañía Minera S. A. A., una vez verificado el costo/beneficio y definido la rentabilidad y viabilidad de los proyectos, cuando oportunamente fueron presentados, tomó la decisión de que se iniciarán todos los estudios y trabajos necesarios tanto para la construcción del Pique Jacob Timmers como también del Pique Roberto Letts respectivamente.

Las características cualitativas y cuantitativas finales de cada uno de ellos, resultaron de la serie de evaluaciones de alternativas y de los cálculos y diseños llevados a cabo en los diferentes trabajos de Ingeniería en sus diferentes disciplinas y en estrecha coordinación con los usuarios finales (la operación mina), quienes serán finalmente los que utilizarán estos piques.

El proyecto Pique Jacob Timmers se desarrolla en la Unidad Minera Animón y pertenece a la Empresa Administradora Chungar S. A. C. (EACH SAC) y ésta a su vez se constituye en una subsidiaria de Volcan Compañía Minera S. A. A.; éste centro de operación minera se ubica en el Distrito de Huayllay, Provincia y Departamento de Pasco a una altitud de 4,650 msnm. Su vía de acceso principal es a través de la Carretera Central, como además por dos vías de penetración (carreteras afirmadas) que parten una de Huaral y la otra por Canta.

El proyecto Pique Roberto Letts, se ejecuta en la Unidad Minera Andaychagua y es parte integrante de la Unidad de Producción de Yauli que pertenece a Volcan Compañía Minera S. A. A.; éste centro de operación minera se ubica en el Distrito de Yauli, Provincia y Departamento de Junín a una altitud de 4,480 msnm. Su vía de acceso principal es a través de la Carretera Central.

3. ANTECEDENTES

La Unidad Minera Animón de la EACH, tiene un gran potencial minero y viene efectuando un agresivo plan de incremento de producción desde el año 1997, habiéndose desarrollado una serie de proyectos como: el incremento en la capacidad del sistema de izaje del antiguo Pique Esperanza, ampliación de la Planta Concentradora, modificaciones y optimización del sistema de explotación, (mecanización y cambios en los sistemas de sostenimiento), construcción de un sistemas de rampas para la accesibilidad a las operaciones mineras.

Elo ha significado que, de la producción de 600 TMPD de aquel entonces, actualmente se encuentre en lo que corresponde a su Planta Concentradora a una capacidad de tratamiento de 4,200 TMPD; siendo el aporte propio de la U. M. Animón de 3,200 TMPD y la diferencia cubierto por las minas satélites (Islay, Chalca).

Desde el año 2008, las áreas de Planeamiento y Proyectos de la U. M. Animón iniciaron los primeros estudios para la construcción de un nuevo pique considerando el límite de utilización del sistema de rampas para la extracción, dado la longitud que estaba teniendo y el incremento sostenido de la producción debido a la mayor profundización y el gran potencial del yacimiento.

En lo que corresponde a la Unidad Minera Andaychagua de U. P. Yauli, las actividades exploratorias a niveles de profundidad mayores a la actual extracción de mineral, han mostrado también interesantes volúmenes de reservas y recursos geológicos.

En el año 2006, las áreas de Planeamiento y Proyectos iniciaron los primeros estudios para la construcción de un pique, pues según dichas proyecciones la utilización del sistema de rampas para la extracción estaría ya en su límite teniendo en cuenta la longitud que tendría ya a futuro.

Los primeros estudios, indicaron que el proyecto de izaje extraería en promedio alrededor de 3,000 TMPD de mineral y de 1,000 TMPD de desmonte. A comienzos del año 2007, se procedió a la compra de los equipos principales de izaje y se encargó a una empresa consultora internacional, especializada en este tipo de labor, la Ingeniería Básica y de Detalle. Sin embargo, a fines de ese año el proyecto fue paralizado.

En el 2010, se retomaron los trabajos iniciales, lo que ha significado que el proyecto Pique Roberto Letts empiece prácticamente de nuevo, haciendo hincapié que los requerimientos actuales fueran diferentes a los inicialmente previstos; es decir, la producción de mineral a 2,500 TMPD y de desmonte a 1,500 TMPD, como también los nuevos niveles para la profundización.

4. OBJETIVO Y METAS

El objetivo que se propone alcanzar con estos proyectos es reducir los costos de transporte e incrementar la eficiencia en la extracción del mineral tanto para el caso del Pique Jacob Timmers como también para el mineral y desmonte en lo que le corresponde al Pique Roberto Letts. Igualmente en ambos casos, de manera implícita, se tendrá la rapidez en los ingresos para el transporte de personal que participa en las diferentes actividades mineras; tal situación adicional, definitivamente repercutirá en una mayor productividad y por ende un incremento de la producción sin mayores inversiones complementarias.

A manera de referencia podemos mencionar que en ambos piques que se encuentran en proceso de construcción tienen las siguientes características: capacidad de 4,000 TMPD con un porcentaje de utilización del pique de 75%, sección circular de 5.00 m de diámetro total y 4.40 m de diámetro útil con revestimiento de concreto, con compartimientos para *skips*, jaula, camino y servicios, castillo metálico, sistemas de carga y descarga automatizados y las estructuras del pique totalmente metálicas. La diferencia radica en la profundización a realizar en una primera etapa, mientras que el proyecto Pique Jacob Timmers

será a 550 m., el proyecto Pique Roberto Letts alcanzaría los 760 m.

Hacemos notar que, si bien la mayor parte de las características son similares para ambos proyectos, la ingeniería elaborada difiere sustancialmente; es decir, los parámetros y requerimientos que cada operación minera presenta hacen que los criterios de diseño hayan desarrollado dos proyectos de piques diferentes.

5. LO PLANEADO Y LO EJECUTADO

Para los fines estrictamente del presente artículo solo estaremos desarrollando parte de lo propuesto en el planeamiento integral y lo que se ha realizado tanto para el proyecto Pique Jacob Timmers como también para el Pique Roberto Letts.

Y para ello, tomando como base las etapas/fases de dicho planeamiento, que están enmarcadas en el criterio de su realización de manera coherente y sucesivas, nos ha permitido en función de la propia realidad de cada operación minera llevar a cabo la propia construcción del proyecto en sí; apreciándose por lo tanto las principales acciones relevantes que se han ejecutado siendo en algunos casos tener rumbos iguales y en otros con decisiones diferentes. Ver gráfico 2.

Hacemos hincapié que antes de iniciar los trabajos de construcción de cada proyecto se desarrolló el Plan de Ejecución determinándose las siguientes actividades:

- Evaluación de todos los avances efectuados y actualización de parámetros para los cálculos y diseños definitivos;
- Determinación de todas las actividades por efectuar, las que se organizaron por componentes y disciplinas;
- Programación de las actividades por efectuar;
- Determinación de los procedimientos constructivos adecuados a este proyecto;
- Definición y organización de los recursos necesarios: técnicos, materiales y humanos.

6. LO REALIZADO

6.1. La evaluación de alternativas de profundización y la factibilidad de los proyectos

Ante la evidencia de contar con potenciales recursos geológicos en profundidad surge necesidad de evaluar alternativas para contar con una infraestructura adecuada que nos permita el acceso/extracción a las futuras labores mineras.

En tal sentido, se determinó la necesidad de evaluar las siguientes alternativas:

- Continuar la profundización con la rampa;
- Instalar un sistema de transporte por fajas;
- Construir un pique inclinado;

- Construir un pique vertical;

Bajo criterios técnicos, y especialmente por las características de la ubicación, dirección, extensión y forma de presentación de los depósitos de mineral (vetas/cuerpos); la alternativa escogida por unanimidad para ambos proyectos fue la construcción de un pique vertical.

Considerando esta necesidad, un equipo multidisciplinario propio en cada Unidad Minera, procedió a elaborar el Estudio de Factibilidad del proyecto, teniendo como objetivo la justificación económica de la mejor alternativa.

En los gráficos 3, 3A y 3B, podemos apreciar por cada proyecto, los considerandos que se tomaron en cuenta y los resultados de los indicadores económicos relevantes.

6.2. Selección y compra de los equipos principales (winches)

Una vez tomada la decisión de ejecución de cada proyecto, veamos cómo se realizaron la adquisición de los equipos principales (winches). Cabe mencionar que para la construcción de un pique, lo más importante es la selección de los equipos principales, pues a partir de allí se derivan los demás criterios para la elaboración de la Ingeniería Básica y de Detalle como además otra serie de decisiones para la buena marcha en la ejecución del proyecto, tales como la adquisición de las estructuras metálicas, para el collar, el castillo y los sets del propio pique, sin dejar de mencionar que uno de estos equipos principales son empleados para realizar la excavación propiamente dicha.

6.2.1. Para el Pique Jacob Timmers

Los equipos provinieron de U. M. Andaychagua /U. P. Yauli donde iban a ser inicialmente instalados. Éstos fueron adquiridos de segundo uso y comprados “donde están” y “como están” y eran los más próximos en cuanto a sus especificaciones técnicas, a los criterios de diseño requeridos por dicha operación minera. Se señala además que para la evaluación y selección correspondiente, se contó con la asesoría de una firma internacional especialista en este rubro. Ver gráfico 4.

Es importante destacar, que para el año 2007, fecha de compra de éstos, los aspectos que primaron para su selección y adquisición fueron:

- El precio de venta con respecto a equipos nuevos, incluso considerando en todo ello el costo necesario del *up-grade* (desarrollo de la ingeniería mecánica-eléctrico y de la automatización, así como también la fabricación de los componentes requerido para este *up-grade* y el lugar donde se harían éstos).

- El tiempo de entrega, que fundamentalmente sería el que tomaría el *up-grade* que era alrededor de los 8 meses.
- El requerimiento energético por parte de los equipos. y la disponibilidad de energía en la U. M. Andaychagua.

Posteriormente, dado la paralización temporal por aspectos ajenos al proyecto en la U. M. Andaychagua, y teniendo en cuenta la necesidad de un nuevo pique en U. M. Animón /EACH se vió por conveniente efectuar la transferencia de dichos activos.

Los equipos principales, ya adquiridos, y siendo las características de performance muy similares a los requeridos por EACH, el proyecto Pique Jacob Timmers tuvo que efectuar el re-diseño y re-dimensionamiento como asimismo la re-evaluación energética y demás requerimientos de los servicios auxiliares.

6.2.2. Para el Pique Roberto Letts

Dado que no se contaban con los equipos principales, se procedió a la búsqueda de éstos: optándose que, para el proceso de evaluación y selección participará el asesoramiento de una firma consultora nacional especializada; asimismo, se constituyeron en el soporte técnico para nuestra área Logística en la preparación del expediente técnico que convocaba a reconocidos fabricantes y vendedores de equipo de segundo uso.

La recomendación final, a razón de las propuestas recibidas técnicas-económicas, fue que dicha adquisición fuera a equipos nuevos.

Los aspectos que primaron en esta evaluación fueron:

- El precio de venta, a razón que los equipos de segundo uso, incluyendo el *up-grade* necesario, no presentaron una diferencia sustancial y justificable con respecto a los precios de los equipos nuevos.
- Por los sistemas eléctricos de los motores y controladores ofrecidos de corriente alterna AC para los winches. Pues dicho sistema es más simple, más confiable, menores dimensiones, más rígido y robusto, asimismo es de mejor eficiencia, sin consumo de energía reactiva. Además, requiere menos equipamiento externo y tampoco se requiere de un filtro de armónicas y/o banco de condensadores de compensación reactiva.
- Tiempo de entrega aceptable (entre 8 a 10 meses).
- Se recomendó además la compra a un solo proveedor dado se optimizará los recursos de supervisión, *commissioning* en el campo, transporte internacional, repuestos, servicio post venta, trámites administrativos, logísticos y técnicos minimizando las inspecciones en el taller durante la fabricación y en la

prueba de los winches en taller antes de embarque.

6.3. El requerimiento energético de los equipos principales y la disponibilidad de energía

Es importante destacar que uno de los factores a tomar en cuenta en los proyectos, es el nivel de producción máximo en alcanzar; con base a ello, como se ha mencionado, los niveles de producción proyectados por las operaciones mineras para nuestro caso estuvieron alrededor de las 4,000 TMPD. Asimismo, otro factor a tomar en cuenta es la profundidad máxima a alcanzar, en lo posible proyectada hasta su segunda etapa. Con estos criterios de diseño podemos indicar, que para el proyecto Pique Jacob Timmers, el winche de producción solicitado necesito un motor de 2,150 HP y del winche para servicios el requerimiento del motor era de 500 HP; para el proyecto Roberto Letts, el winche de producción requiere para su funcionamiento de dos motores con capacidad de 950 HP cada uno y para el winche de servicios requiere un motor de 800 HP.

De acuerdo a lo expuesto, podrá deducirse que el requerimiento energético de ambos equipos en conjunto y en cada una de las Unidades Mineras podría fluctuar en un rango entre 1.5 a 1.8 MV; tal situación hace muchas veces que se tenga no solo de contar con un suministro mayor al que actualmente las operaciones mineras necesitan, incluyendo el tendido de varios kilómetros de cables de alta tensión para la transmisión requerida sino además construir nuevas estaciones eléctricas que permitan el adecuado uso de los equipos que conforman el total del sistema de izaje.

A lo mencionado, debiera agregarse todo lo relacionado a contar con las debidas autorizaciones de los organismos competentes conforme a la normatividad vigente, teniendo en cuenta el tiempo que ello demande.

Para los proyectos en construcción que tenemos, los requerimientos energéticos de los equipos principales, tanto en las U. M. Animón como de Andaychagua cuyas capacidades energéticas se ubican entre los 14 a los 16 MV el incremento necesario bordearía un promedio del 12%; a pesar de ello la disponibilidad para el uso de los equipos ha conllevado en algunos casos a contar con las autorizaciones pertinentes, nuevas líneas de transmisión y la construcción de nuevas estaciones eléctricas.

Lo anteriormente mencionado es válido también para cuando se está efectuando el proceso propio de excavación, donde los requerimientos energéticos si bien no alcance la dimensión que hemos mencionado, existe la probabilidad que quizás la disponibilidad de la Unidad Minera no cuente tampoco con éstas exigencias. Ver gráfico 5.

Es importante notar que para operaciones mineras que se ubiquen en una capacidad energética alrededor de los 6 a 8 MV, un requerimiento similar para la utilización de los equipos principales, el incremento estaría por un 24% situación que tendría un impacto significativo a tomar en cuenta.

6.4. Elaboración de la Ingeniería Básica y de Detalle

Para los Piques Jacob Timmers y Roberto Letts, el desarrollo de esta fase, en los respectivos proyectos, se ha realizado con la participación de: proyectistas y diseñadores especializados en piques, con asistencia de calculistas estructurales, electro-mecánicos, mineros, geólogos y geomecánicos. Estos profesionales han sido agrupados por una empresa consultora nacional en ingeniería y especializada en la construcción de piques. Ver grafico 6.

Se hace hincapié, dada la experiencia obtenida, que, para ambos proyectos la cantidad de planos elaborados se encuentra alrededor de los 225, considerándose éstos suficiente y necesario, ello ha comprendido además la inclusión de memorias de cálculos y especificaciones técnicas.

Igualmente, una parte de éstos por su criticidad, y contar con la certificación correspondiente, han sido sometidos a revisión y aprobación de una empresa consultora extranjera de prestigio internacional, especializada y calificada en Ingeniería para construcción de piques.

Para ambos proyectos, con la finalidad de contar con información aplicable y válida para el desarrollo de la ingeniería resultó necesario e imprescindible la realización previa de:

- Estudios de suelos;
- Pruebas de *Pull-test*;
- Estudios hidrogeológicos;
- Estudios geomecánicos;
- Disponibilidad de energía;
- Estudios sísmicos;
- Estudios ambientales.

6.5. El Trade off: alternativas de excavación

La selección del proceso constructivo para la excavación es un aspecto de importancia que tomamos en cuenta; como se ha mencionado los estudios geomecánicos e hidrogeológicos son lo que resulta de mayor relevancia y fueron imprescindibles para la toma de decisión adecuada e igualmente los diversos aspectos involucrados con la seguridad del personal que participará en las actividades a realizar.

6.5.1. Para el Pique Jacob Timmers

Para los primeros 400 m, desde superficie se llevo a cabo la perforación de tres taladros diamantinos, para los estudios geomecánicos: uno en la zona del

eje del pique e igualmente uno también en cada ubicación de las cámaras de descarga del *loading pocket*. Posteriormente, desde el Nv. 330, habiéndose desarrollado un crucero especialmente diseñado para poder realizar este estudio, se efectuó igualmente otros tres taladros diamantinos de 300 m, con ubicación exacta a los anteriores, y donde se efectuó además del estudio geomecánico el estudio hidrogeológico.

Este primer tramo, con la interpretación geomecánica brindada por parte de un especialista del rubro, determinó que la zona de la excavación presentaba los tipos de roca IIIB, IV y V (Regular B, Mala y Muy Mala respectivamente) y que representaban alrededor del 93%, siendo el índice ponderado de RMR de 35 debiéndose tener sostenimiento con empleo de pernos tipo Hydrobolt colocados 1.2 m. x 1.2 m. de espaciamiento sistemático y el revestimiento de concreto debe ser de inmediato y dentro de las 7 hrs. de producida la abertura.

Para el segundo tramo, los tipos de rocas fueron desde IIIA, IIIB y IV (Regular A, Regular B y Mala respectivamente) que representaban alrededor del 94%, y el índice promedio ponderado de RMR es de 49, requiriéndose para el sostenimiento pernos Hydrobolt de forma sistemática y el revestimiento de concreto no sería mayor a las 24 hrs. de producida la abertura y un *span* no mayor de 5.0 m. Agregándose el resultado en lo que corresponde la parte hidrogeológica, un incremento poco significativo de agua.

Con base a los criterios expuestos y las alternativas de excavación que fueron presentadas tales como:

- i. Utilizando *Raise Borer Machine* a diámetro total, posteriormente y en bajada el concretado de la pared y el montaje de las estructuras metálicas;
- ii. Utilizando *Raise Borer* para chimenea piloto, posteriormente y en bajada la ampliación mecanizada, concretado de la pared y el montaje de las estructuras metálicas;
- iii. Utilizando *Alimak* para chimenea piloto, posteriormente y en bajada la ampliación mecanizada, concretado de la pared y montaje de las estructuras metálicas;
- iv. Excavación en bajada mecanizada en "ciego" a diámetro total, concretado de la pared por cada 5.0 m. de avance y montaje de las estructuras metálicas.

La decisión que se tomó fue la alternativa (iv.), donde fue preponderante el aspecto geomecánico y la seguridad del personal. Ver gráfico 7.

6.5.2. Para el Pique Roberto Letts

Para los estudios geomecánicos, desde el Nv. 523, en superficie, y hasta el Nv. 950, se efectuaron tres taladros diamantinos de aproximadamente 427 m. de longitud, éstos estuvieron ubicados igualmente:

uno sobre el eje de pique y los restantes en cada una de las cámaras de descarga para el *loading pocket*. Posteriormente para continuar con los estudios geomecánicos hasta el Nv. 1200, se realizaron tres taladros diamantinos desde el Nv. 1000 hasta una profundidad de 270 m en similar ubicación que los anteriores, cabe mencionar que para este último tramo se llevaron a cabo los estudios hidrogeológicos.

El primer tramo, y tomando adicionalmente como referencia la construcción cercana de una chimenea realizada con el sistema de *Raise Bore*, conjunta-mente con la evaluación geomecánica realizada por un especialista del rubro, permitió definir claramente los tipos de rocas II a IIIA (Buena a Regular A respectivamente) en casi un 90% con un índice promedio ponderado de RMR de 61 lo que permitiría contar con un espacio abierto sin mayores dificultades.

Para el segundo tramo, la evaluación geomecánica determinó los tipos de rocas encontrados desde IIIA, IIIB y IV (Regular A, Regular B y Mala respectivamente) y que en conjunto representaba un 89% siendo su índice promedio ponderado de RMR de 47 y en el aspecto hidrogeológico, a partir de los 270 m la aparición de una alta presencia de agua termal con alta presión.

Es importante señalar en cuanto a la infraestructura de la U. M. Andaychagua la existencia de acceso hacia la zona del Pique en el Nv. 1000 y se está en plena construcción la rampa de profundización para dar accesibilidad al Nv. 1200.

Las alternativas de excavación que se presentaron para el primer tramo (477 m.), fueron como sigue:

- i. Utilizando *Raise Borer Machine* a diámetro total, posteriormente y en bajada el concreto de la pared y el montaje de las estructuras metálicas;
- ii. Utilizando *Raise Borer* para chimenea piloto, posteriormente y en bajada la ampliación mecanizada, concretado de la pared y el montaje de las estructuras metálicas;
- iii. Utilizando *Alimak* para chimenea piloto, posteriormente y en bajada la ampliación mecanizada, concretado de la pared y montaje de las estructuras metálicas;
- iv. Excavación en bajada mecanizada en "ciego" a diámetro total, concretado de la pared por cada 5.0 m. de avance y montaje de las estructuras metálicas.

Para el segundo tramo (283 m.), la única alternativa a considerar es la (iv.).

Hacemos hincapié que para la selección de la mejor alternativa fue asignada el estudio de *trade off* a una firma consultora nacional y especializada en la realización de estos trabajos. Ver gráfico 7^a.

La decisión recomendaba, ver gráfico 8^a, y que se tomo para su ejecución con base a los criterios expuestos fueron:

- Efectuar la alternativa (ii.) para los primeros 477 m. pero incluyendo la utilización de un accesorio de alta tecnología que minimizara el riesgo de una desviación no adecuada para con el piloto del R/BM (no mayor al 1/1000 de 477 m.).
- A partir del Nv. 1000 y para una profundidad de 283 m., ejecutar la alternativa (iv.).

6.6. Ingeniería del Sistema de Profundización

Como se ha señalado, esta fase es el desarrollo de la ingeniería aplicada como soporte a las diversas actividades a ejecutar en el proceso de profundización en sí. Ver gráfico 8.

Por lo tanto, se determinan los equipos y accesorios necesarios, efectuándose los cálculos y diseños necesarios para la selección y compra de los equipos, fabricación de componentes e instalación de los mismos de acuerdo al procedimiento constructivo propuesta por la empresa contratista especializada (ECE) que realizará la profundización.

Los equipos y/o sistemas necesarios considerados en esta Ingeniería fue desarrollada por un consultor nacional especializado en este tipo de trabajos. El listado de éstos y de forma general podemos decir que son:

- 1 *Cryderman*, modelo Herman;
- 3 winches de profundización, calculados y diseñados para la capacidad y velocidad de izaje necesarios de Galloway (Jaula/ Plataforma de trabajo);
- 1 Jaula/plataforma de trabajo de tres pisos.
- 2 Baldes de profundización con sus respectiva cruceta y sistema de seguridad calculados y diseñados para la capacidad de izaje requeridos para lograr el avance programado;
- 1 Winche de izaje para los baldes de profundización.
- 1 Sistema de descarga para los baldes de profundización;
- 1 Encofrado metálico circular para el diámetro útil del pique;
- 1 Compuerta de seguridad para protección del personal de profundización;
- 1 Sistema de transporte de concreto;

6.6.1. Para el Pique Jacobo Timmers

Dado que la alternativa de excavación seleccionada para todo el proyecto, es decir para los 550 m de un avance descendente en "ciego", la ingeniería del sistema de profundización aplicable se llevó desde el inicio de la obra, tal como se ha descrito.

6.6.2. Para el Pique Roberto Letts

Debido a que la alternativa inicial comprendió efectuar una excavación de 477 m por medio de un R/BM con un piloto de 2.1 m, el desquinche a diámetro completo necesariamente utilizará todo lo descrito en la ingeniería de profundización.

Asimismo, para los 283 m restantes, la excavación a llevarse a cabo es un avance en “ciego” e igualmente empleará el mismo equipamiento y demás componentes a lo descrito haciendo la salvedad que dicha Ingeniería fue encargada en su totalidad a la empresa que realizará la excavación.

6.7. La Construcción del Proyecto

En esta parte de los proyectos, nos vamos a referir a dos aspectos fundamentales: El procuramiento y la supervisión, y como éstos se encuentran siendo manejados. Ver gráficos 9 y 9A.

Igualmente destacamos los cronogramas respectivos para la ejecución de las actividades para ambos proyectos como también los presupuestos que fueron elaborados y presentados a la Alta Dirección de Volcan Compañía Minera S. A. A. Ver gráficos 10,10A, 11 y 11A.

Parte importante ha sido la participación de empresas nacionales metal-mecánicas y eléctricas quienes nos han brindado el apoyo en la fabricación de algunos equipos y/o componentes como además del montaje propiamente dicho. Asimismo, otras empresas para determinados suministros especiales (caso de las estructuras metálicas) como también la empresa encargada y responsable de la excavación y montaje de las estructuras metálicas.

6.7.1. Para el Pique Jacob Timmers

El procuramiento está siendo llevado por el área Logística de Volcan Compañía Minera, y existe una interacción permanente y/o puntual con determinados especialistas en temas específicos, como también con la propia Gerencia del Proyecto a fin de proceder con las decisiones adecuadas y oportunas para el desarrollo/ejecución del proyecto.

El área Logística para con el proyecto, está conformado por la propia Gerencia Logística, un Jefe de Compras para Proyectos (con dedicación casi exclusiva) y dos Supervisores (a dedicación parcial): uno de campo, destinado al control de calidad de los suministros e inspecciones a los talleres para las fabricaciones de algunos equipos y/o componentes y otra persona especializada en comercio exterior para todo lo relacionado a las importaciones.

El presupuesto del proyecto Pique Jacob Timmers alcanza los US\$ 13.3 millones, casi alrededor del

60.1% está centrado en el procuramiento, de allí la importancia de este manejo.

Para lo relacionado a la supervisión, se estableció una organización propia de la EACH, efectuándose en gran medida una conjunción de profesionales con experiencia en este tipo de proyecto como asimismo de aquellos que por su capacidad y/o trabajos anteriores, fácilmente podrían asimilar los conocimientos propios de esta especialización.

En lo referente a la excavación propiamente dicha, la búsqueda de una empresa contratista especializada (ECE), con experiencia en este tipo de labor, permitió considerar las siguientes opciones:

- Que la ECE brinde todo lo necesario para la excavación (equipamiento y personal especializado, tanto profesional como técnico-operativo);
- Que la ECE, brinde solo el personal especializado, tanto profesional como técnico-operativo,

La decisión que se tomó fue que la ECE brinde solo el personal especializado,

Por último, hemos establecido un control de la inversión, del presupuesto establecido y de la administración de los contratos en lo referente al cumplimiento de determinadas cláusulas y costos unitarios costos, a través de un profesional especializado en dichos temas con relativo éxito.

6.7.2. Para el Pique Roberto Letts

Dado que el presupuesto del proyecto Pique Roberto Letts alcanza los US\$ 20.4 millones e igualmente se reafirma que el casi 57.7% está centrado en el procuramiento, nuestra decisión ha sido que el área Logística de Volcan Compañía Minera continúe de manera similar como en el Proyecto Pique Jacob Timmers, sin embargo, el soporte técnico ha sido centralizado a través de una consultora nacional especializada en la construcción de piques.

En lo que corresponde a la supervisión, la decisión que se ha optado es que ésta sea asignada a la misma consultora especializada en la construcción de piques. Una mayor flexibilidad en el manejo del personal en cuanto a sus remuneraciones dada la alta especialización requerida y otros aspectos complementarios, acorde a la política de Volcan Compañía Minera, tal manejo, por lo tanto, hace factible tal decisión.

Para lo relacionado a la excavación, tanto para el desquinche a sección completa y lo del avance en “ciego”, la decisión ha sido que la empresa contratista especializada (ECE) realice la Ingeniería del Sistema de Profundización, proporcione el equipo necesario para esta labor como además

coloque el personal profesional, técnico-operativo para la ejecución.

Asimismo, mantenemos el control de la inversión del presupuesto y la administración de los diferentes contratos.

7. CONCLUSIONES

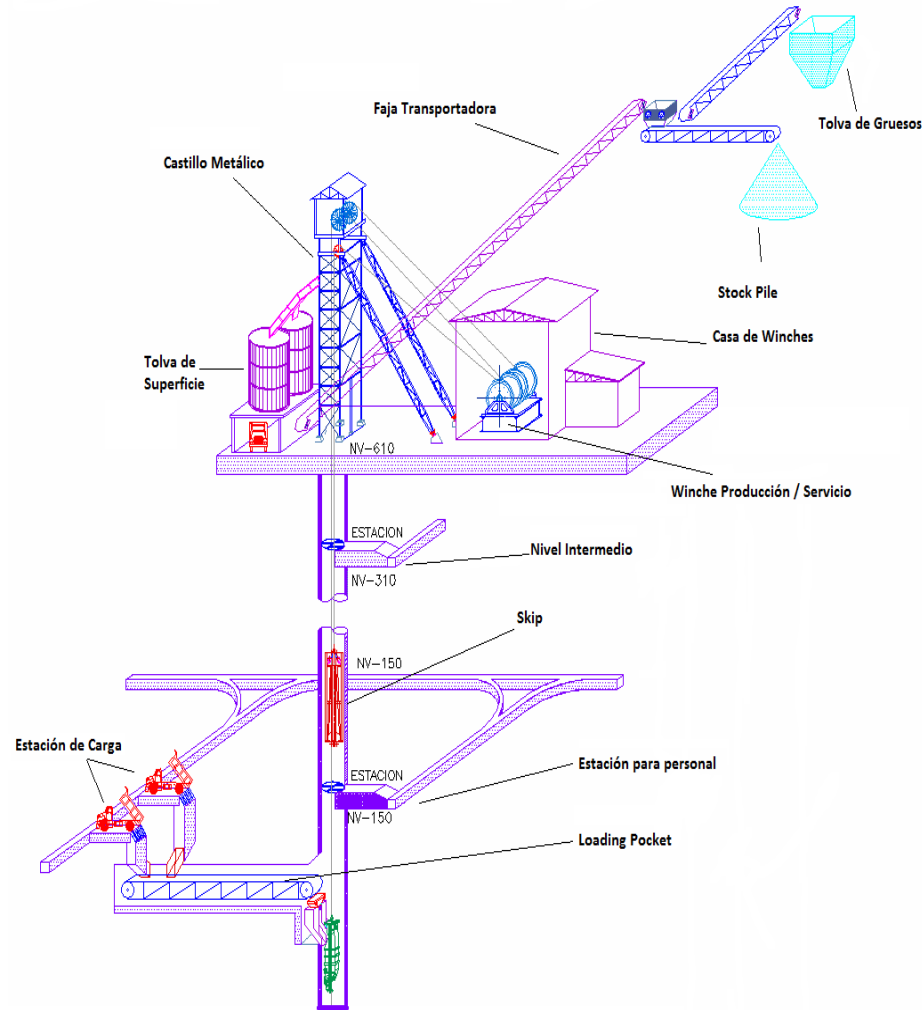
El presente artículo se ha desarrollado, tomando como base al planeamiento integral de cada proyecto a ejecutarse.

Las etapas/fases de dicho planeamiento integral, que están enmarcadas en el criterio de su realización de manera coherente y sucesiva; ha permitido en función de la propia realidad de cada operación minera llevar a cabo la propia construcción de cada proyecto en sí.

Queda igualmente establecido que las principales acciones que se han ejecutado, se aprecia en algunos casos, que éstas han sido llevadas con rumbos iguales y en otros con decisiones diferentes.

Los criterios establecidos, dada la experiencia y el *know how* y su aplicabilidad en el desarrollo/ ejecución propiamente dicho de los proyectos, permiten afirmar y hacen posible que piques que se tengan que construir en las diferentes empresas mineras que se ubican en el Perú tengan un desarrollo adecuado y exitoso como también de una inversión significativa menor.

Por lo expuesto, estamos demostrando que los peruanos somos capaces de realizar una Ingeniería de nivel mundial y el empleo de una alta tecnología para con los proyectos, es decir, como en el caso de nosotros el desarrollo de un Sistema de Izaje, tal como se ha descrito en los dos proyectos que tenemos a cargo.



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

Septiembre - 2011

Ernesto Zelaya
Luis Alfredo Martínez
Rubén Vereau

ENCUENTRO DE OPERADORES



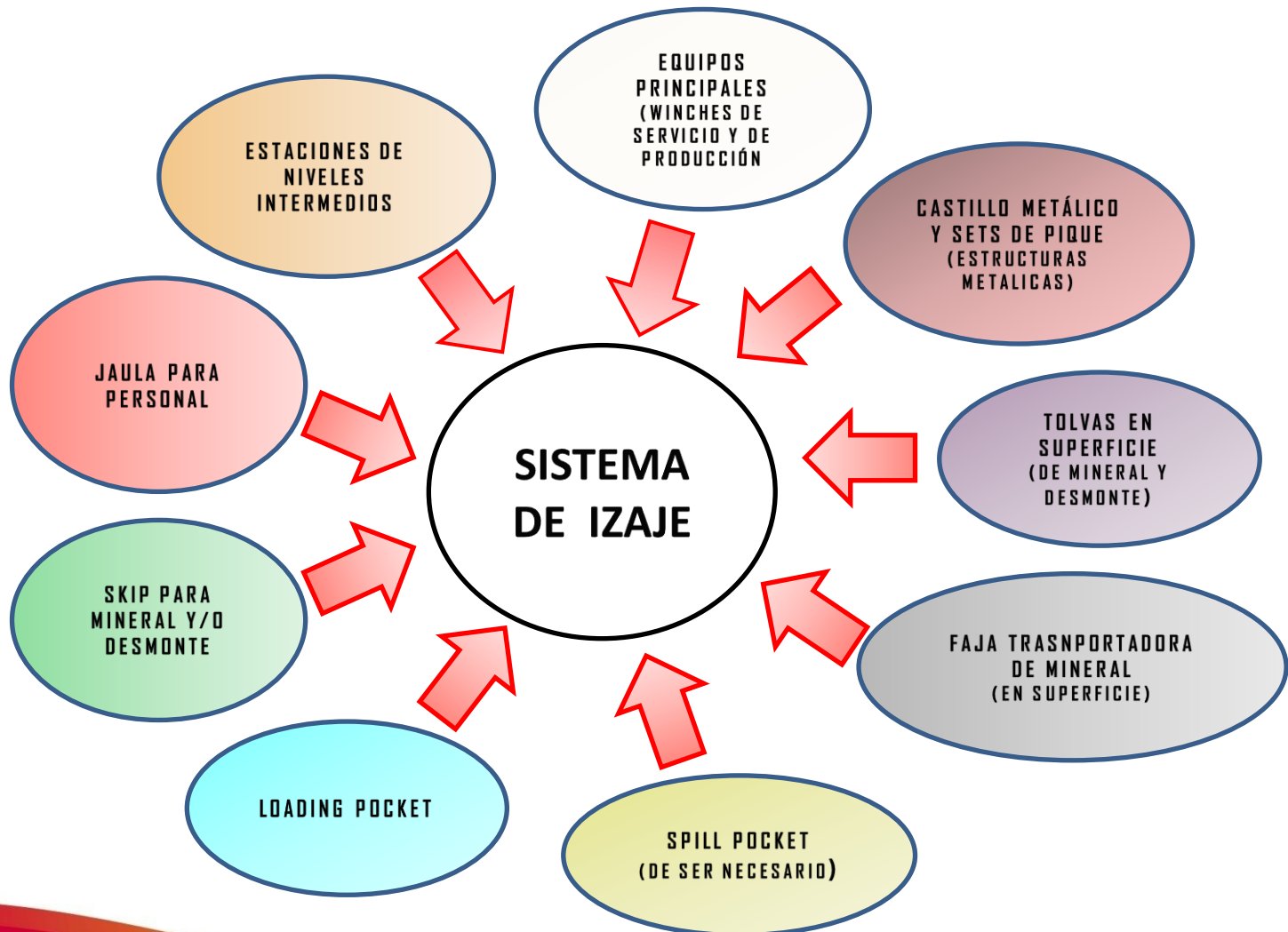
GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

Contenido de la presentación:

- Componentes de un Sistema de Izaje.
- Resumen.
- Las alternativas de profundización y la factibilidad económica de los proyectos.
- La selección y la compra de los equipos principales (winches).
- Requerimiento energético y la disponibilidad de energía.
- La Ingeniería Básica y de Detalle.
- El *Trade Off* para las alternativas de excavación.
- La Ingeniería del Sistema de Profundización.
- La construcción.
- Cronogramas de construcción de los proyectos.
- Presupuestos de inversión de los proyectos.

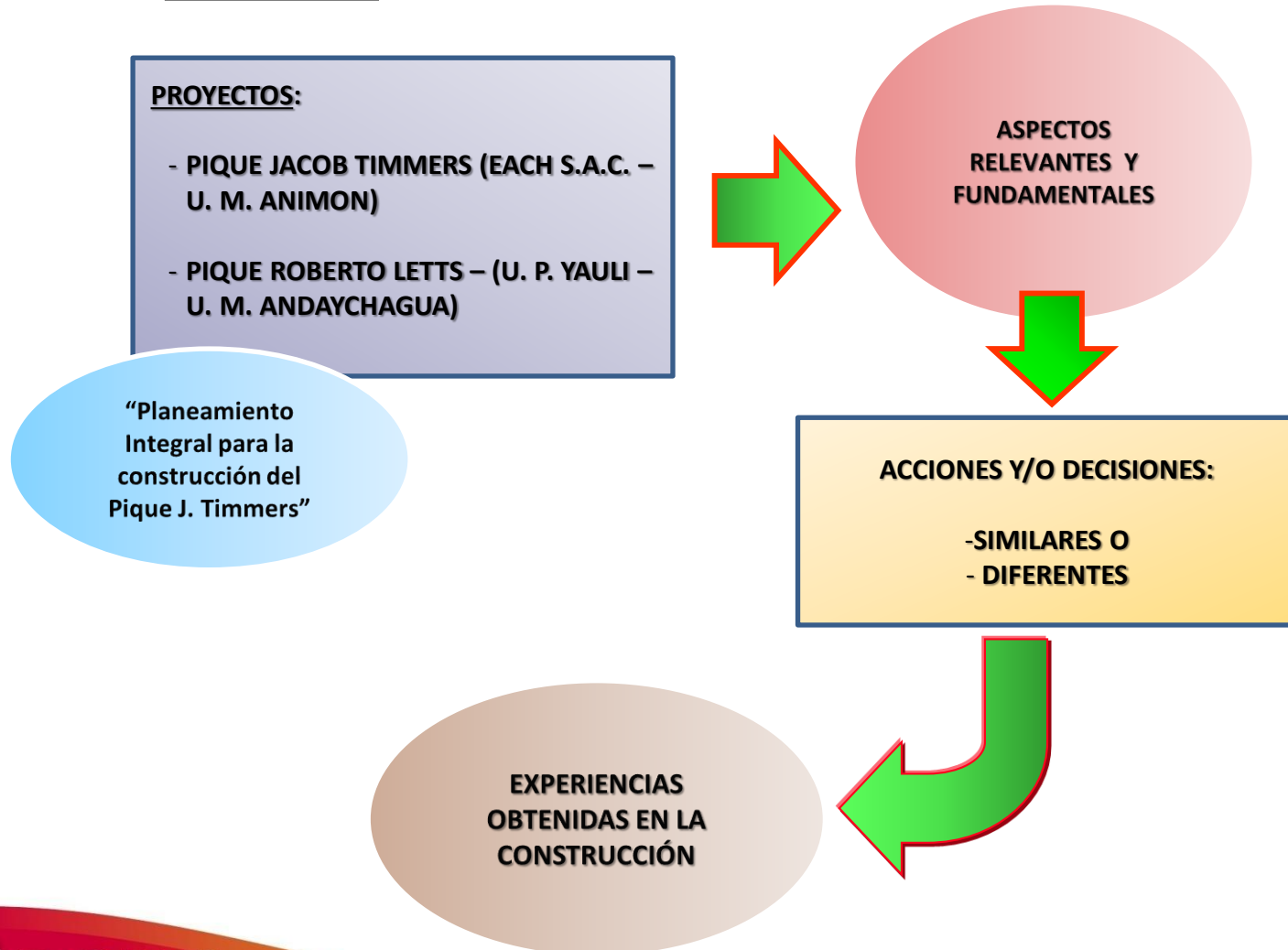
GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE IZAJE



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

RESUMEN



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

LAS ALTERNATIVAS DE PROFUNDIZACIÓN Y LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS

E.A . CHUNGAR – U. M. ANIMON

PIQUE JACOB TIMMERS:

- CONTINUAR CON LA PROFUNDIZACIÓN DE RAMPAS;
- PROFUNDIZACIÓN DEL PIQUE ESPERANZA;
- PROFUNDIZACIÓN Y AMPLIACIÓN DE PIQUE MONTENEGRO;
- UN NUEVO PIQUE.

U. P. YAULI – U. M. ANDAYCHAGUA

PIQUE ROBERTO LETTS:

- CONTINUAR CON LA PROFUNDIZACIÓN DE RAMPAS;
- INSTALAR UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR FAJAS;
- CONSTRUIR UN PIQUE INCLINADO
- CONSTRUIR UN PIQUE VERTICAL.

CRITERIOS TÉCNICOS:
UBICACIÓN, DIRECCIÓN
EXTENSIÓN Y FORMA DE
PRESENTACIÓN DE LOS
DEPOSITOS DE MINERAL

ACCIONES Y/O DECISIONES:
NUEVO PIQUE VERTICAL

GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

LAS ALTERNATIVAS DE PROFUNDIZACIÓN Y LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS

PIQUE JACOB TIMMERS:

- HORIZONTE DEL PROYECTO: 9 AÑOS
- RESERVAS Y RECURSOS GEOLOGICOS
- AHORRO POR TRANSPORTE

DESCRIPCION	AÑO								
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
AHORRO POR USO DE PIQUE	3.211.346	3.477.874	3.744.769	4.012.040	4.279.694	457.739	4.816.182	5.085.034	5.354.301

INVERSIÓN: US\$ 13.3 millones
 TASA COK: 10%



VANE	4,225,289
TIRE	17.92%

AÑOS DE RECUPERO DE CAPITAL:						
-9.798.118	-6.563.026	-3.141.108	395.848	3.767.906	6.951.323	10.322.651
1	2	3	4	5	6	7



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

LAS ALTERNATIVAS DE PROFUNDIZACIÓN Y LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS

PIQUE ROBERTO LETTS:

- **HORIZONTE DEL PROYECTO: 18 AÑOS (HASTA EL 2030)**
- **RESERVAS, RECURSOS Y POTENCIAL GEOLOGICO**
- **AHORRO POR TRANSPORTE Y COSTO UNITARIO OPERATIVO**
- **AHORRO POR MEJOR USO DE VENTILADORES**
- **AHORRO EN EL COSTO FIJO: MAYOR PRODUCTIVIDAD**

DESCRIPCION	AÑO						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
AHORRO POR USO DE PIQUE (US\$/TM)	3,10	3,15	3,27	3,37	3,52	3,64	3,75

INVERSIÓN: US\$ 21.97 millones

TASA COK: 12%



Para 18 años	VANE	8.262
	TIRE	16,15%

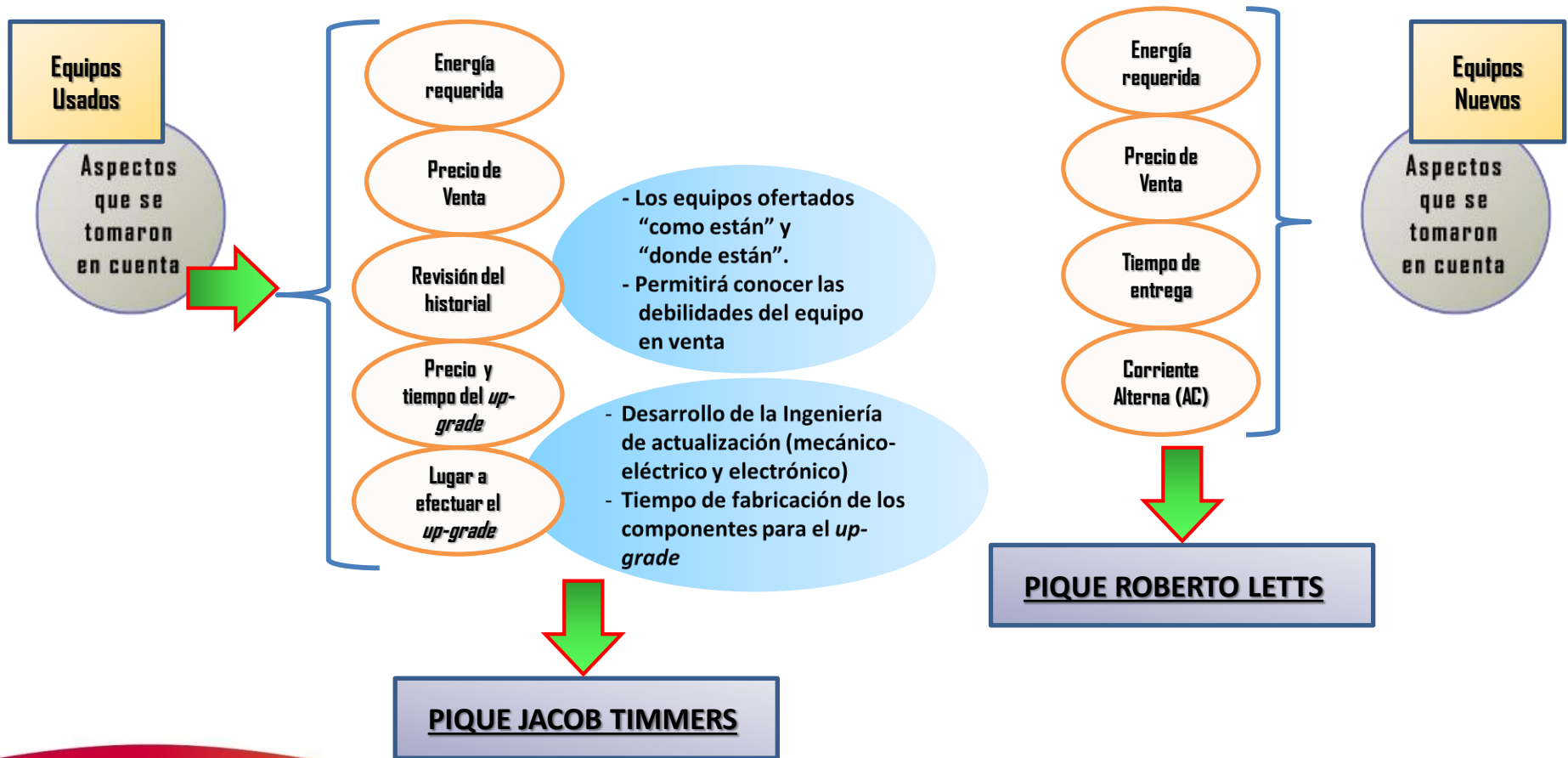
AÑOS DE RECUPERO DE CAPITAL (US\$ millones):						
-17.282	-13.084	-8.791	-4.419	-457	2.804	6.155
1	2	3	4	5	6	7



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

SELECCIÓN Y COMPRA DE EQUIPOS PRINCIPALES (WINCHES)

Para un sistema de izaje, en el proyecto de construcción, lo más importante son los equipos principales (winches de izaje de producción y/o de servicios).



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

REQUERIMIENTO ENERGÉTICO Y DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA

CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA:

- NIVELES DE PRODUCCIÓN (ALREDEDOR DE 4,000 TMPD)
- PROFUNDIDAD MÁXIMA HA ALCANZAR (MAYOR A 500 M.)



PIQUE JACOB TIMMERS

Equipos Usados

Winche de producción
(Motor de 2,150 HP)

Winche de servicios
(Motor de 500 HP)

REQUERIM ESTIM: 2.2 MW
 DISPONIB DE ENERGIA: 16.0 MW
 DEFICIT DE DISPONIB ENERGÍA: 15%

PIQUE ROBERTO LETTS

Equipos Nuevos

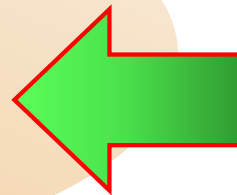
Winche de producción (2 motores de 1,045 HP)

Winche de servicios
(Motor de 800 HP)

REQUERIM ESTIM: 2.4 MW
 DISPONIB DE ENERGIA: 8.0 MW
 DEFICIT DE DISPONIB ENERGÍA: 30%

INCREMENTO DE LA DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA:

- NUEVAS LINEAS DE TRANSMISIÓN;
- CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS ESTACIONES ELÉCTRICAS;
- AUTORIZACIONES DE LOS ORGANISMOS COMPETENTES CONFORME NORMATIVIDAD VIGENTE.

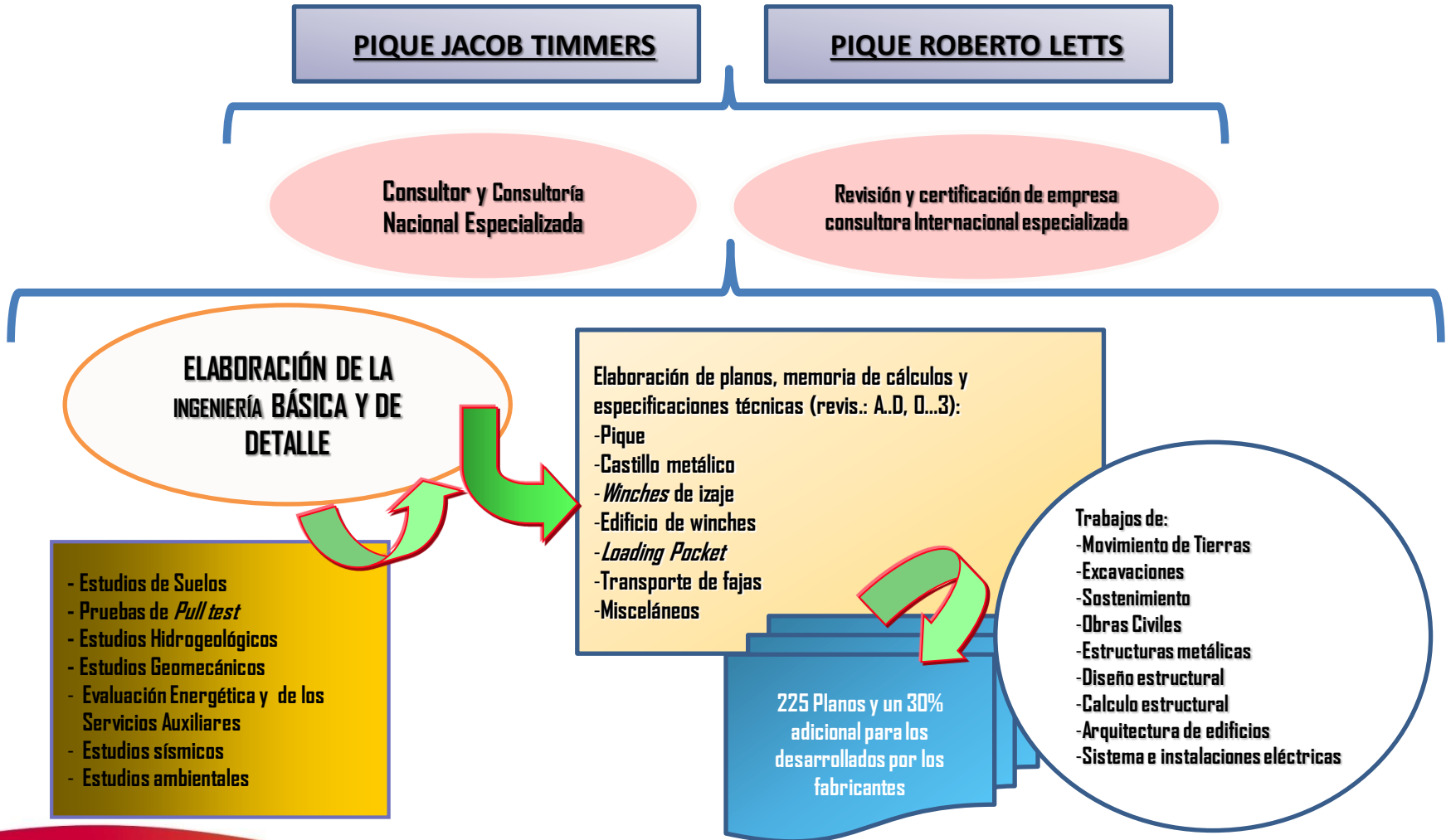


IMPACTO DEL
 REQUERIMIENTO
 ENERGÉTICO DEL
 SISTEMA DE IZAJE



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

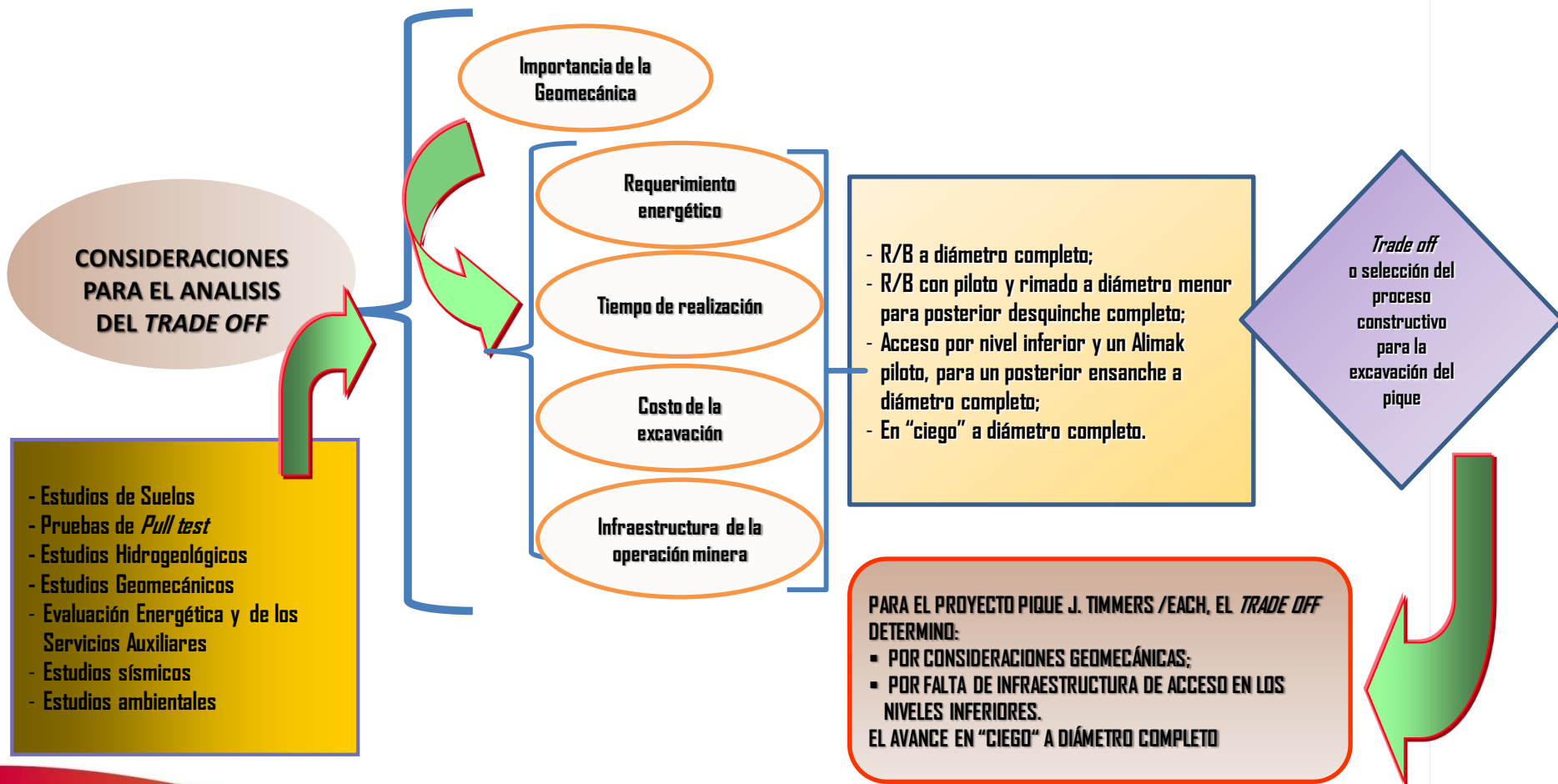
LA INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

EL TRADE OFF PARA LAS ALTERNATIVAS DE EXCAVACIÓN

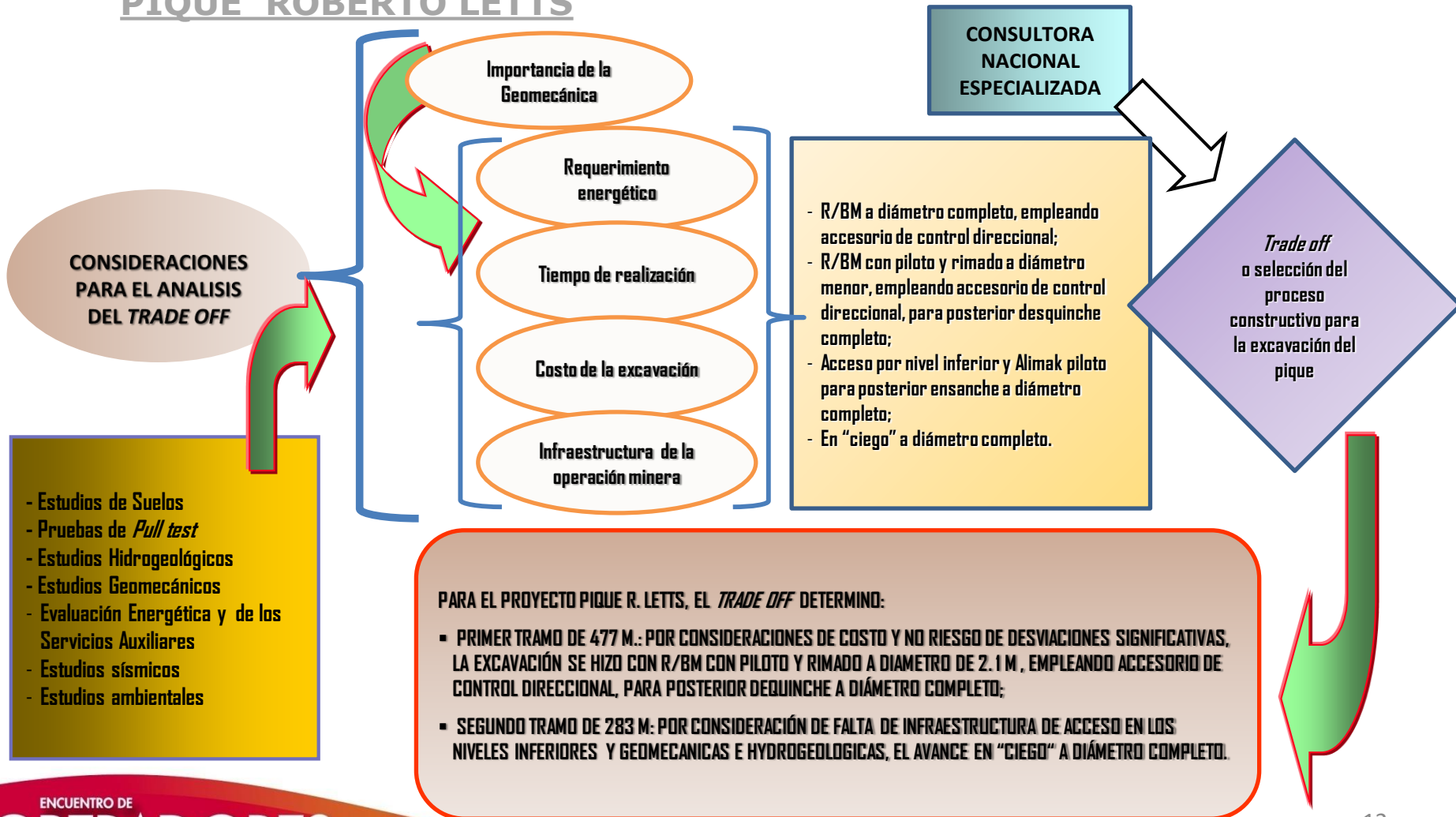
PIQUE JACOB TIMMERS



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

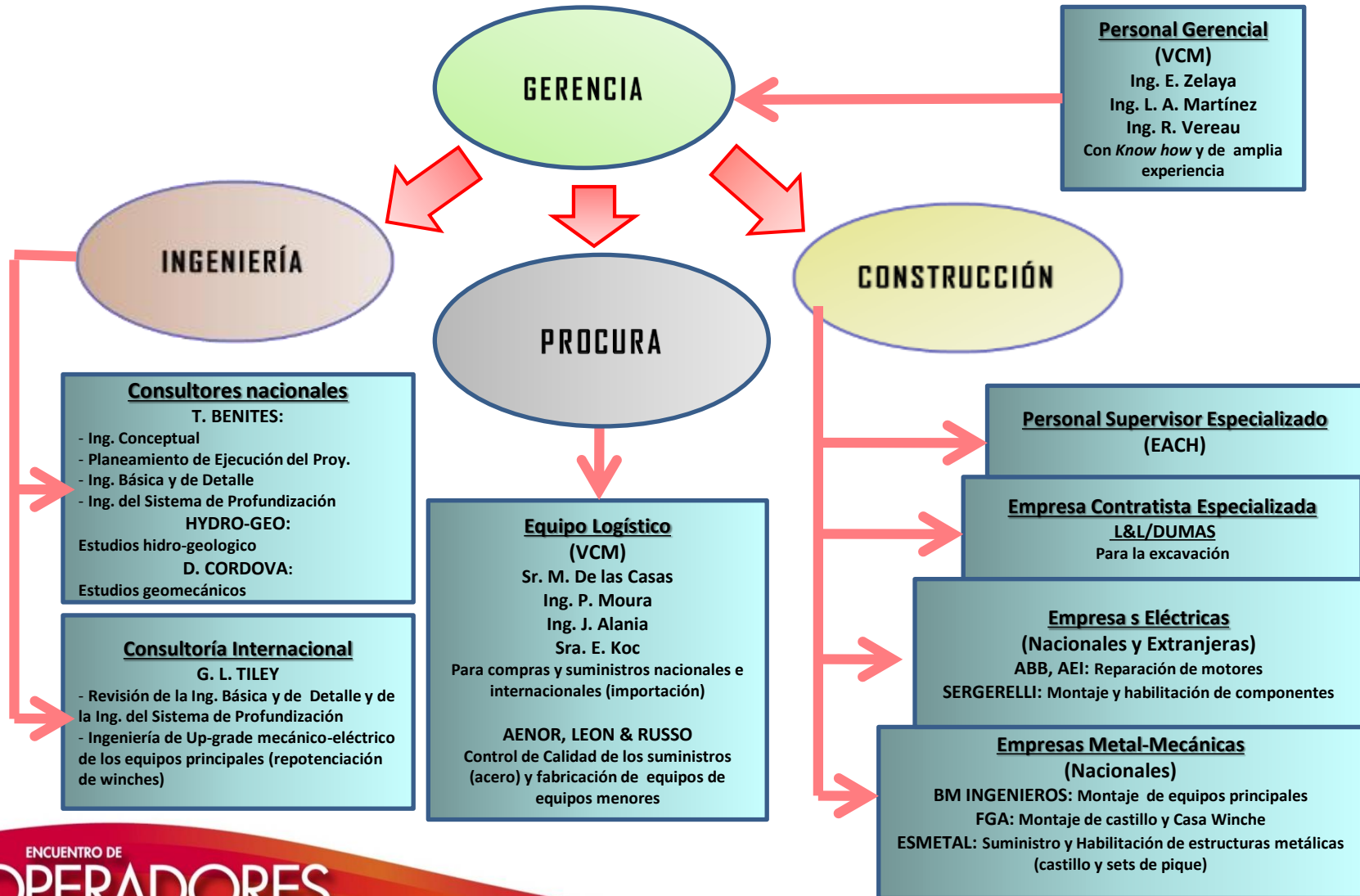
EL TRADE OFF PARA LAS ALTERNATIVAS DE EXCAVACIÓN

PIQUE ROBERTO LETTS



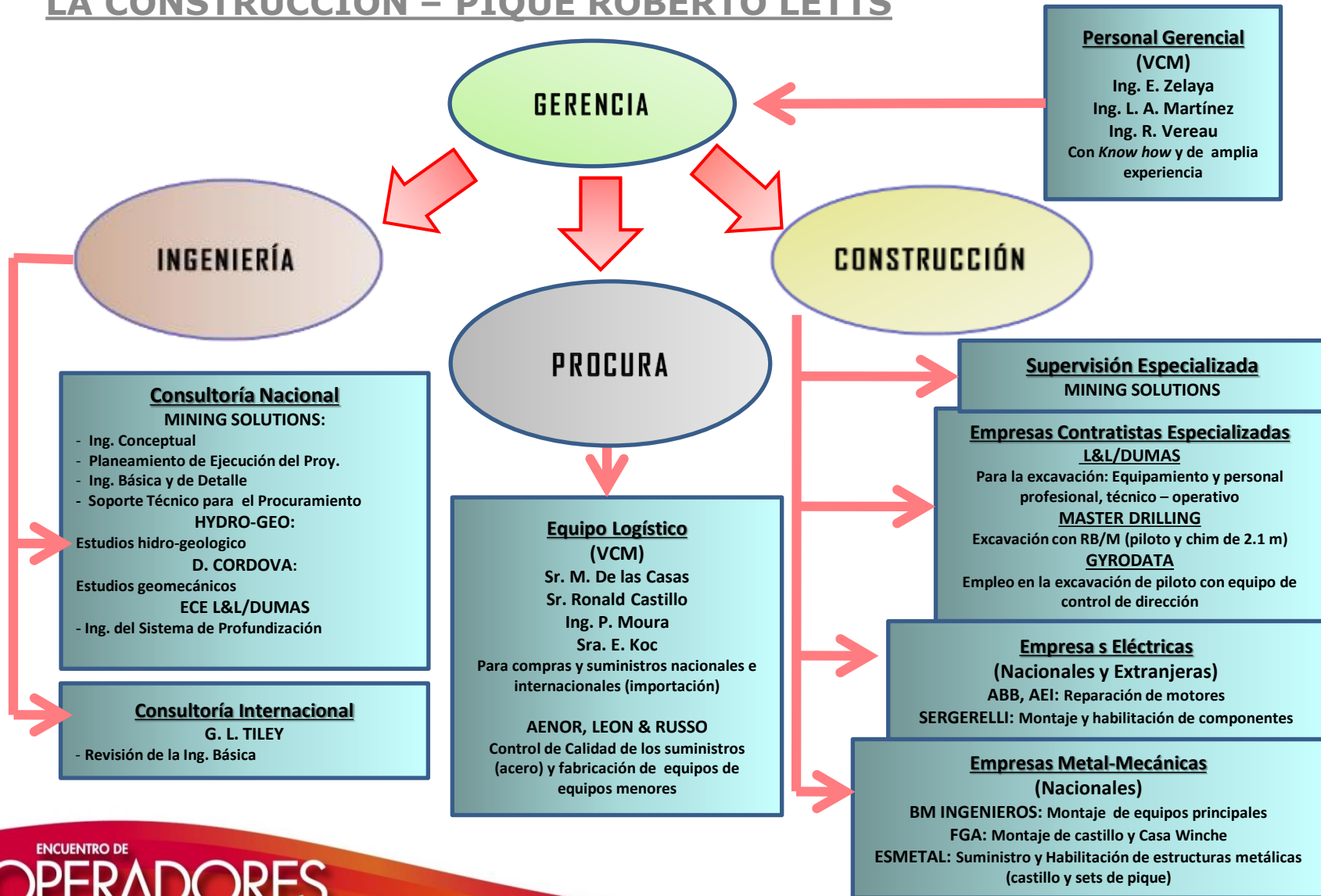
GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

LA CONSTRUCCIÓN – PIQUE JACOB TIMMERS



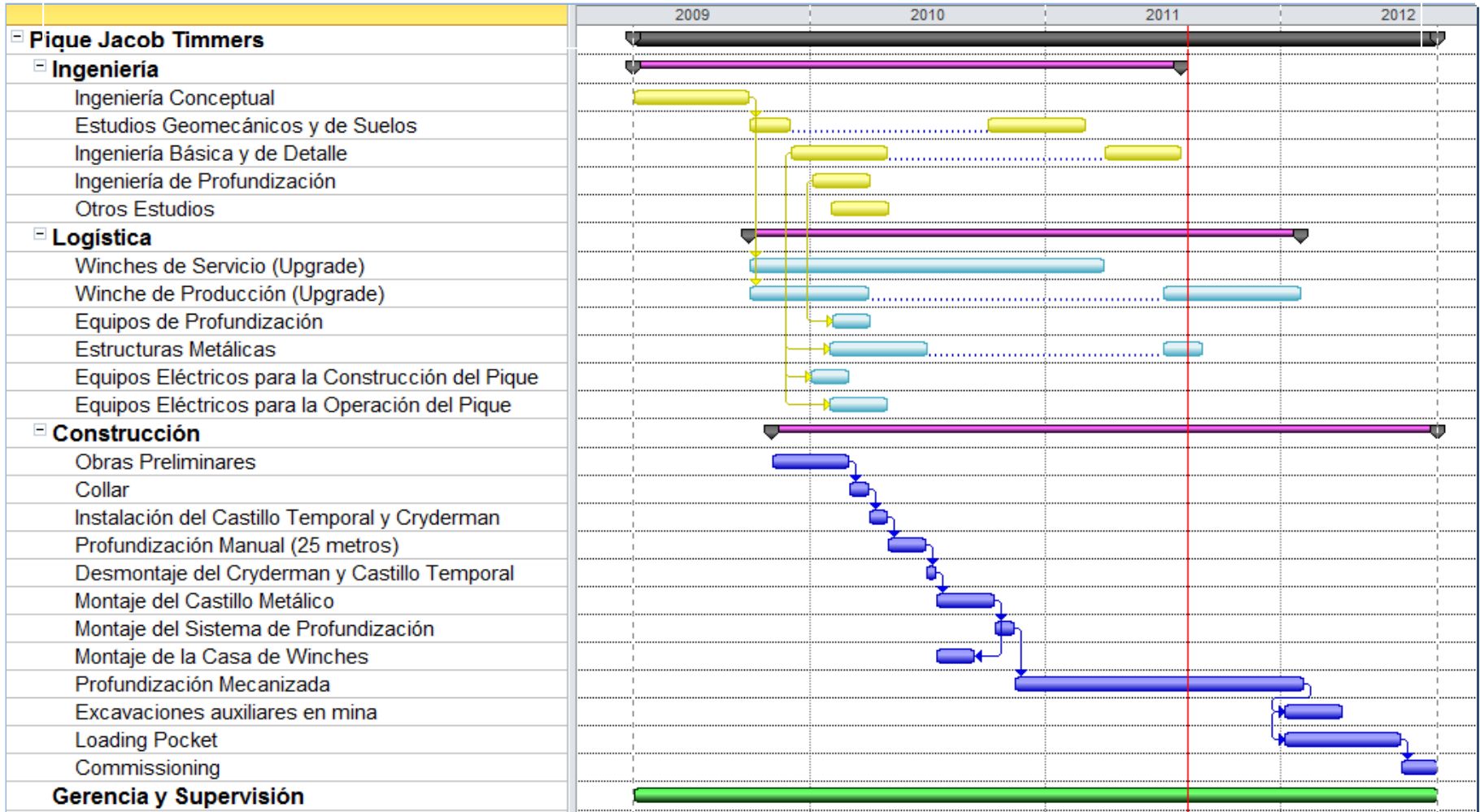
GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

LA CONSTRUCCIÓN – PIQUE ROBERTO LETTS



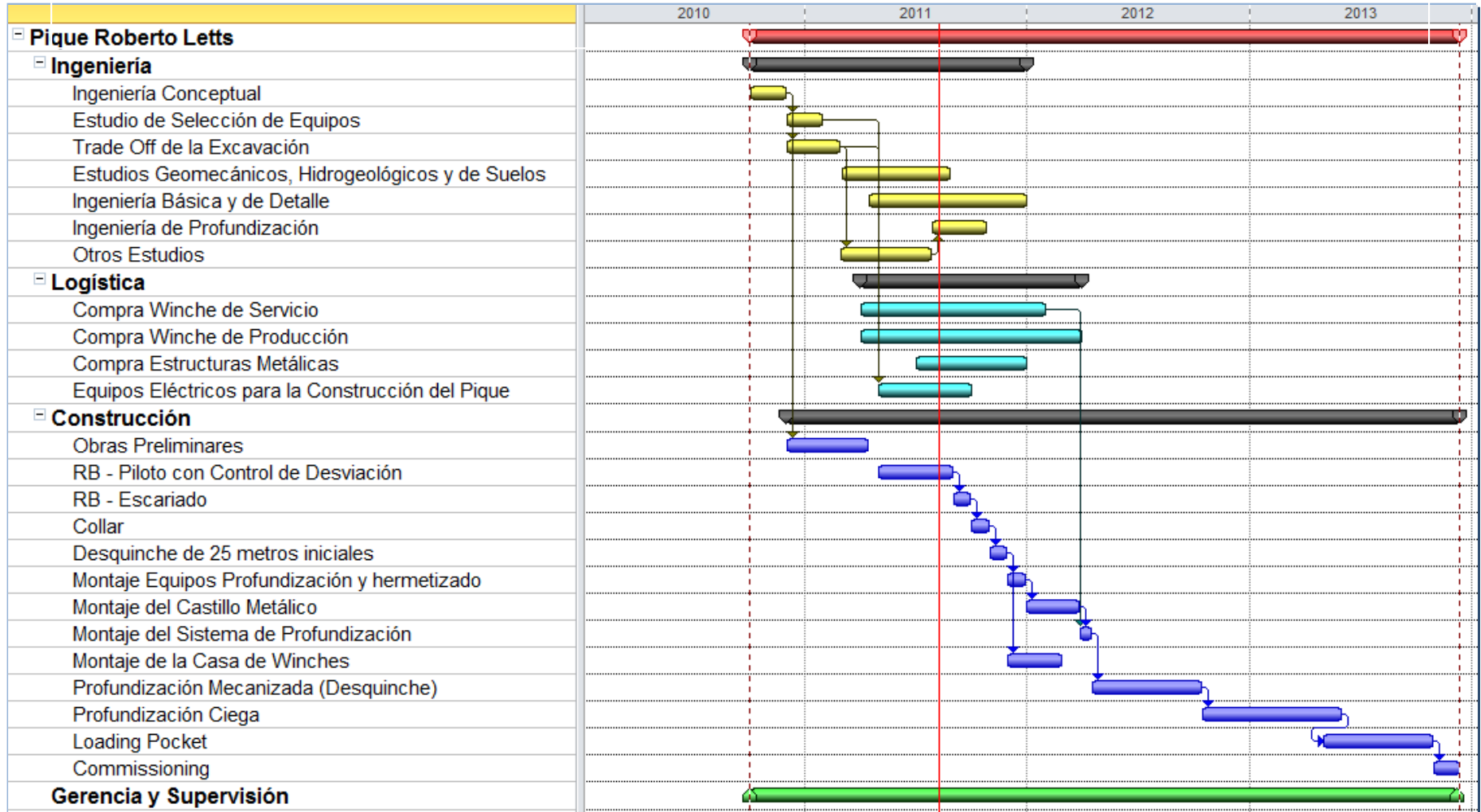
GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

CRONOGRAMA – PIQUE JACOB TIMMERS



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

CRONOGRAMA – PIQUE ROBERTO LETTS



GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

PRESUPUESTO DE LOS PROYECTOS

Descripción	Pique Jacob Timmers		Pique Roberto Letts	
	USD (x 1000)	%	USD (x 1000)	%
Ingeniería	450	3.4%	930	4.5%
Ingeniería Conceptual	20	0.2%	30	0.1%
Plan de Ejecución	30	0.2%	30	0.1%
Estudio de Selección de Equipos	-	0.0%	50	0.2%
Trade Off de la Excavación	-	0.0%	90	0.4%
Ingeniería Básica y de Detalle	300	2.3%	400	2.0%
Ingeniería de Profundización	50	0.4%	80	0.4%
Estudios (Geomecánicos, Suelos, Hidrogeológicos, etc)	50	0.4%	250	1.2%
Logística	7,850	59.0%	11,800	57.7%
Winches Principales	3,600	27.1%	5,300	25.9%
Equipos de Profundización	700	5.3%	900	4.4%
Estructuras Metálicas	1,500	11.3%	2,500	12.2%
Equipos Eléctricos	500	3.8%	600	2.9%
Equipos Loading Pocket	400	3.0%	600	2.9%
Equipos Spill Pocket	-	0.0%	100	0.5%
Suministros	1,150	8.6%	1,800	8.8%
Construcción	3,800	28.6%	5,620	27.5%
Obras Preliminares	250	1.9%	400	2.0%
Collar	20	0.2%	20	0.1%
Profundización Manual	60	0.5%	-	0.0%
Castillo Metálico	320	2.4%	400	2.0%
Casa de Winches	150	1.1%	200	1.0%
Excavación Ciega	2,500	18.8%	1,300	6.4%
Chimenea Piloto (RB)	-	0.0%	700	3.4%
Desquinche	-	0.0%	1,900	9.3%
Loading Pocket	300	2.3%	400	2.0%
Commissioning	200	1.5%	300	1.5%
Gastos de Administración y Supervisión	1,200	9.0%	2,100	10.3%
Total	13,300		20,450	

GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

VARIACION DE LOS PRESUPUESTOS PROYECTADOS

Pique Jacob Timmers

Ratio: USD 24 205 / ml
(550 m)

Pique Roberto Letts

Ratio: USD 26 950 / ml
(760 m)

- Aumento del precio del acero a nivel mundial
- Diferente método de excavación
- Construcción de un *Spill Pocket*

GERENCIAMIENTO EN LA CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE SISTEMA DE IZAJE

GRACIAS POR SU ATENCIÓN