

UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

**CAMPUS GUANAJUATO: DIVISIÓN DE INGENIERÍAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN MINAS,
METALURGIA Y GEOLOGÍA**

**“TRASCENDENCIA Y ALCANCE DEL PROCESO DE
PLANEACIÓN MINERA: CASO PRÁCTICO
PROYECTO MERCEDES, CUCURPE, SONORA,
MÉXICO”**

TESIS

Que para obtener el título profesional de:
INGENIERO DE MINAS

Presenta:
GERARDO SEPTIÉN OLMOS

Director del trabajo de titulación:
M. ING. ROBERTO ONTIVEROS IBARRA

Guanajuato, Gto.

Agosto de 2019.

Agradecimientos

A mi padre Antonio Septién Ramírez
Que siempre ha apoyado el desarrollo de mi vida

A mi esposa Eva Valtierra Alba
Habiéndome apoyado tantos años

Al Ing. Roberto Ontiveros Ibarra
Por haberme ayudado tanto

Al Ing. Roberto Diaz Flores
Una persona decisiva en mi vida

Al Ing. Jaime Sandoval Elías
Fuiste un gran apoyo compadre

Contenido

<i>Agradecimientos</i>	iii
<i>Contenido</i>	iv
<i>Lista de Figuras</i>	vii
<i>Lista de Tablas</i>	x
<i>Glosario de términos y abreviaturas</i>	xi
<i>Resumen</i>	xv
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Proyecto minero	2
1.1.1 Exploración: Localizando zonas mineralizadas	3
1.1.2 Factibilidad y viabilidad	5
1.1.3 Ingeniería	5
1.1.4 Operación.....	6
Capítulo 2. Datos básicos necesarios para planificar.....	7
2.1. Barrenación a diamante	7
2.2. Barrenación de baja densidad.....	7
2.2.1 Motivos para dejar un proyecto minero	8
2.3. Barrenación a diamante de alta densidad.....	9

2.4.	Información obtenida de los barrenos a diamante	10
2.5.	Modelo de bloques	10
2.6.	Costos y utilidad	11
Capítulo 3. Proceso de la planeación minera		12
3.1.	Geología regional	12
3.2.	Bloque Caborca.....	22
3.3.	Datos geológicos del sitio (y correlación) obtenidos del análisis regional	25
3.4.	Datos adicionales (gerenciales).....	27
3.5.	(Planeación del) Proyecto Minero.....	28
3.6.	Concepto de CAPEX y OPEX.....	29
3.7.	El proyecto.....	33
3.8.	Secuencia de minado.....	34
3.9.	Drenaje	39
Capítulo 4. Responsabilidades del planeador		41
4.1.	Planeación a largo plazo.....	42
4.2.	Planeación a corto plazo.....	43
4.3.	Superintendente de planeación	51
Capítulo 5. Datos de entrada necesarios para el proceso de planeación		55
5.1.	Largo plazo.....	55

5.2. Mediano Plazo.....	55
5.3. Corto Plazo.....	57
5.4. Topografía.....	58
5.5. Equipos de monitoreo de cavidades (Cavity Monitoring System CMS)	61
5.6. Equipo para medición de perforación de barrenos REFLEX.....	65
Capítulo 6. Procesamiento de la información.....	68
Capítulo 7. Controles necesarios.....	75
7.1. Aspectos topográficos.....	75
7.2. Dilución.....	75
7.3. Reconciliación.....	76
7.4. Control de reservas.....	76
7.4.1 Reservas minerales.....	76
7.4.2 Reservas desarrolladas.....	77
7.4.3 Reservas disponibles.....	78
7.4.4 Producido real.....	79
Capítulo 8. Conclusiones.....	81
<i>Referencias Bibliográficas</i>	83

Lista de Figuras

Figura 1. El ser humano aprendió a usar todo lo que le rodea para usarlo a su favor y modificar totalmente su entorno para hacer más fácil la vida (Fuente internet página www.recursostic.educacion.es)..	1
Figura 2. Isométrico de barrenación a diamante.	3
Figura 3. Muestra de barrenos, baja y alta densidad.....	4
Figura 4. Ejemplo de muestra obtenida del núcleo de un barreno a diamante.....	5
Figura 5. Provincias de basamento Precámbrico en Sonora. También se señalan las principales localidades de depósitos eugeo-sinclinales en Sonora central. El recuadro muestra la distribución de terrenos tectoestratigráficos.....	14
Figura 6. Mapa con los dominios inferidos donde se encuentran afloramientos de rocas jurásicas, así como sierras donde afloran MSM=Megacizalla Mojave-Sonora, FSA Falla San Antonio, AC Alto de Cananea, FLA=falla los Ajos.	16
Figura 7. Distribución de las rocas del arco magmático jurásico en Sonora.	168
Figura 8. Bloque Caborca.....	23
Figura 9. Ilustración de las vetas que forman el complejo Mercedes.....	27
Figura 10. Imagen que muestra el diseño del CAPEX de las minas Brecha Hill, Corona de Oro y Casa Blanca.....	30
Figura 11. Grafica que muestra el incremento de OPEX planeado entre 2006 y 2010 para el conjunto de minas de la Unidad Mercedes.	31
Figura 12. Muestra de la planeación de explotación programada de cámaras en OPEX.	35
Figura 13. Ejemplo de un nivel terminado. Acceso, rampa y drift terminados.	37
Figura 14. Ejemplo de plantilla diseñada para dar una sección de 5.0 x 5.5 m para la rampa ..	38

Figura 15. Ejemplo de plantilla diseñada para dar una sección de 4.0 x 4.0 m para tuneleo y frentes (drift).....	39
Figura 16. Ejemplo de la planeación por año gráficamente. Se muestra en verde las reservas preparadas y en gris las reservas sin preparar, aquí se aprecian en conjunto el CAPEX y el OPEX.	43
Figura 17. Ejemplo 1 de plan mensual y semanal, corto plazo	45
Figura 18. Ejemplo 2 de plan mensual y semanal, corto plazo	46
Figura 19. Ejemplo 3 de plan mensual y semanal, corto plazo	47
Figura 20. Ejemplo 4 de plan mensual y semanal, corto plazo.....	478
Figura 21. Ejemplo 5 de plan mensual y semanal, corto plazo	49
Figura 22. Ejemplo 6 de plan mensual y semanal, corto plazo	49
Figura 23. Mina Mercedes. Ejemplo de la Rampa Central, en sus inicios.	50
Figura 24. Ejemplo del reporte SOX mensual.....	54
Figura 25. Figura que muestra la producción en el reporte SOX.	57
Figura 26. Vista del equipo Trimble S3.	58
Figura 27. Vista del equipo Trimble S6.	59
Figura 28. Frente (drift) levantada en forma tradicional y dibujada en computadora con estación Trimble S3.....	59
Figura 29. Frente (drift) levantada con la estación total Trimble S6.....	60
Figura 30. Imagen del quipo Optech CMS que se usa para medir cavidades sin riesgo.....	602

Figura 31. Operación del equipo Optech CMS. Observe que los mineros no se acercan al hueco.....	62
Figura 32. Vista de un levantamiento con CMS y dibujado en computadora.	63
Figura 33. Vista de una frente (drift) recién hecha la voladura.....	63
Figura 34. Equipo Geosight CMS uno de los equipos para levantar en campo.	64
Figura 35. Vista de un caído levantado con Geosight CMS.....	64
Figura 36. Ejemplo de un levantamiento con el CMS modelado por computadora.....	65
Figura 37. Equipo de medición de perforación de barrenos REFLEX.	66
Figura 38. Desviación de barreno por tipos de roca. En morado se observa el barreno de proyecto y en azul el barreno real con desviación.....	67
Figura 39. Vista general del barreno erróneo por desviación.....	67
Figura 40. Mina Mercedes. Vista de la rampa central, emergente que fue necesario construir. 69	
Figura 41. Equipo Simba, se usaba para hacer barrenos de hasta 50 metros.....	71
Figura 42. Stope-mate. Para barrenación larga pero usando aire.	73
Figura 43. Cambio de rumbo por planeación. También se aprecian la sobre-excavación.....	76
Figura 44. Ejemplo desarrollo CAPEX, únicamente están desarrolladas las rampas y contrapozos, hasta este punto solo tenemos reservas minerales.....	77
Figura 45. En esta grafica se aprecia ya desarrollado el nivel 1000 en Corona de Oro y en Casa blanca, es desarrollo OPEX y son reservas desarrolladas, también se aprecia desarrollo en una de las rampas CAF.	78

Lista de Tablas

Tabla 1: Ejemplo matemático del modelo de bloques en el LOM. Resultado del estudio de barrenos,.....	11
Tabla 2: Tonelaje, Leyes y Onzas de la veta Mercedes, reserva y recursos estimados e inferidos.....	26
Tabla 3: Diagrama que muestra la planeación programada por año del desarrollo de la mina.	32
Tabla 4: Secuencia de explotación propuesta para la explotación de cámaras.	36
Tabla 5: Esquema propuesto de minado.	36
Tabla 6: Listado del equipo minero mecanizado que nos fue proporcionado.....	38
Tabla 7: Ejemplo de la planeación por año numéricamente.....	42
Tabla 8: Ejemplo de la planeación a corto plazo de un año.....	44
Tabla 9: Imagen del control topográfico del mes de septiembre 2013.....	61
Tabla 10: Parte del LOM.....	69
Tabla 11: Reporte de mantenimiento de equipo. Usada para conocer la disponibilidad mecánica.....	71
Tabla 12: Tabla usada en el corto plazo para completar las onzas necesarias	80

Glosario de términos y abreviaturas

Batolito. Una gran masa de rocas intrusivas ígneas, de la que no se puede observar su terminación en profundidad. Su manifestación en superficie puede ser en forma de un simple afloramiento (plutón), aunque frecuentemente son varios plutones diferentes unidos en profundidad.

BHI (Brecha Hill). Abreviatura local del nombre dado a la veta principal al oeste del proyecto Mercedes, izquierda ver Figura 8.

CAF (Cut and Fill). Sistema de explotación mineral llamado en español “Corte y Relleno”.

CAPEX (Capital Expenditure). Abreviación de las inversiones en bienes de capital, gastos en capital; contracción del inglés capital expenditure o CAPEX son inversiones de capital que crean beneficios.

CBA (Casa Blanca). Abreviatura local del nombre dado a la veta principal al noreste del proyecto Mercedes, a la derecha ver Figura 8.

CCD (Counter Current Decantation). Decantación en Contra Corriente, es un sistema de lavado de pulpas de cianuro en espesadores en serie. La pulpa se introduce en el primer espesador, y el agua en el último espesador. El flujo de la pulpa y el agua es en direcciones opuestas. En consecuencia, la pulpa se vuelve progresivamente más baja en contenido de oro soluble a medida que pasa a la descarga. Por el contrario, el agua añadida en el último espesador pasa hacia adelante, aumentando su concentración de cal, cianuro, y oro. El sistema CCD se utiliza para complementar la filtración.

DDH (Diamond Drill Hole). Barrenación a diamante.

CDO (Corona de Oro). Abreviatura local del nombre dado a la veta principal al centro del proyecto Mercedes, al centro ver Figura 8.

COMINVI. Contratistas Mineros Villagómez. Empresa contratista nacional de construcción y trabajos de obras mineras principalmente.

CMS (Cavity Monitoring System). Sistema de Monitoreo de Cavidades; nombre genérico, es una solución de escaneo ideal para cavidades peligrosas e inaccesibles en operaciones de minería subterránea estándar.

Corrida. Nombre dado en ingeniería a una iteración; es decir a una repetición cíclica de un proceso.

Desarrollo. Obras mineras para acceso al cuerpo mineral o yacimiento (“hacer mina”).

Factibilidad. Se refiere a la disponibilidad de los recursos materiales necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas. “Cualidad o condición de factible, “Que se puede hacer”. Generalmente aspectos técnicos y tecnológicos.

GEO (*Gold Equivalent Ounce*). Onza de Oro Equivalente. Concepto usado en la industria minera para hacer equivalente a una sola ley (contenido equivalente a un solo metal), las leyes de los metales económicos que se encuentran en un depósito polimetálico.

Geosight CMS. Fabricante de equipo. Sistema de Monitoreo de Cavidades adquirido por Yamana. Proporciona a los usuarios una solución innovadora para escanear cavidades peligrosas e inaccesibles en operaciones de minería subterránea. Permite a los usuarios realizar el mapeo láser 3D regular de huecos vacíos subterráneos, tiros, rebajes y chorreaderos o contrapozos de mineral de forma rápida, segura y precisa. La obtención rápida y en tiempo real de datos disminuye el tiempo de exposición del operador bajo tierra, lo que reduce el riesgo potencial para el operador.

Jales mineros. Comúnmente llamados colas o presa de jales, son los depósitos de material de roca muy fina molida en una mezcla acuosa proveniente del proceso de concentración de minerales de la planta de beneficio.

KPI's (*Key Performance Indicator*). Indicador Clave del Desempeño. Los KPI's son los indicadores medibles que ayudan a lograr el objetivo final marcado por la empresa. Son las guías del camino que marcan si estamos haciendo bien las cosas para llegar al objetivo marcado y nos dan resultados medibles sobre el desempeño para lograr las metas definidas.

Lacolito. Masa de roca ígnea, intrusiva, en forma de cúpula que arquea los sedimentos suprayacentes y presenta una base más o menos plana.

Leaching. Anglismo usado en minería que significa Lixiviación; es un proceso hidrometalúrgico de la industria extractiva minero-metalúrgica, que se utiliza principalmente en la extracción de algunos minerales como cobre, oro y plata, por medio de la aplicación de disoluciones de un ácido y agua en minerales oxidados.

LHD (*Load Haul Dump*). Nombre genérico del equipo autónomo de *carga, acarreo y descarga*; llamado comúnmente en México como Scooptram (modelo del primer fabricante Atlas Copco que introdujo el equipo al país).

Logeo (*de "log": apuntar o registrar*). Anglismo usado en geología en la actividad de anotar la descripción y registro de cada barreno a diamante (bitácora individual de cada barreno a diamante).

LOM (*Life of Mine*). La Vida de la Mina; es el periodo de tiempo productivo en años estimados a partir de una producción planeada para la extracción de mineral económico de las reservas minerales cuantificadas.

Modelo de bloques. Es la representación del yacimiento mineral en bloques unitarios (discretización del yacimiento mineral) en paralelepípedos o prismas regulares, el objetivo consiste en decidir qué bloques de la mina extraer y cuáles procesar para maximizar el beneficio total de la explotación.

Núcleo (*core*). Testigo o corazón; muestra cilíndrica recuperada por la perforación a diamante.

Viabilidad. Utilizado en la Evaluación de Proyectos como capacidad de un proyecto de lograr un buen desempeño financiero. “Cualidad de viable”. “Que, por sus circunstancias, tiene probabilidades de poderse llevar a cabo”. Generalmente aspectos económicos financieros.

NSR (*Net Smelter Return*). Retorno Neto de la fundición, es el ingreso neto que la mina recibe de la venta de los productos metálicos (concentrados) de la planta de beneficio menos los costos de transporte y maquila (fundición y refinación) que incluyen deducciones y castigos.

OPEX (*Operational Expenditures*). Abreviación de los costos y gastos operacionales; es un costo permanente para el funcionamiento de un producto, negocio o sistema. Puede traducirse como gasto de funcionamiento, gastos operativos, o gastos operacionales.

Paste Plant (*planta de pasta*). Es una forma novedosa de manejar (prensar) y almacenar jales o relaves de diversos procesos de minas y otros procesos que producen jales. Como resultado, la planta reduce el vestigio y los riesgos ambientales de almacenamiento de jales. Incluye la recuperación inmediata de agua del proceso y ahorra energía al reducir el lodo y el bombeo de agua.

Paste de relleno. Es una pasta de concreto pobre (cemento al 4%) y tepetate obtenido de banco.

Planeación. Se conoce también como planificación o planteamiento, implica tener uno o varios objetivos en común, junto con acciones requeridas para concluirse exitosamente. Proceso administrativo que consiste en analizar las diferentes estrategias y cursos de acción, teniendo en cuenta una evaluación del entorno organizacional presente y futuro.

Proyecto Mercedes. Es una mina subterránea de oro y plata, localizada a 250 km al noreste de Hermosillo, Sonora y 300 km al sur de Tucson, Arizona, es trabajada por la Minera Meridian Minerale S de RL de CV., adquirida por Yamana. Actualmente es propiedad del grupo canadiense Premier Gold Mines Ltd.

RC (*Reverse Circulation*). Equipos de perforación de “Circulación Inversa” (RC). Cuando se utiliza un fluido para extraer el detritus, la **circulación directa** se refiere a que el fluido de perforación y el detritus se elevan hacia la superficie entre las paredes del barreno y la tubería. En cambio, con la **circulación inversa**, el fluido y el material se eleva por el interior de la tubería. Se mantiene inundada la perforación, siendo el ascenso del material por depresión o por inyección forzada. Es un método seguro, pero más caro, recupera detritus de mayor tamaño y aumenta la velocidad de perforación. Normalmente se emplea un sistema de doble pared, es decir, dos tubos concéntricos: por la cámara exterior se inyecta el fluido y por la interior asciende. Es el método preferido para la exploración inicial, control de yacimientos minerales e investigación de la ley.

REFLEX. Reflex EZ-Trac Equipo de medición para perforación, es un instrumento de medida magnético, controlado por una unidad con opciones de simple disparo, múltiples disparos u orientación; empresa líder en el desarrollo de tecnologías para el análisis y la medición de la desviación y demás datos de la industria minera.

RPA (*Rock solid resources. Proven Advice™*). Es un consultor minero a nivel mundial, con oficinas en Canadá, Estados Unidos y Reino Unido. La compañía provee servicios a la industria minera durante todas las etapas del desarrollo de un proyecto, a partir de la exploración y evaluación del recurso, pasando por estudios conceptuales, pre-factibilidad y estudios de factibilidad, financiamiento, permisos, construcción, operación, cierre y restauración. RPA trabaja con empresas mineras grandes, medianas y pequeñas, con instituciones financieras, gobiernos, firmas legales, e inversionistas individuales en lo relacionado con los aspectos técnicos y comerciales del desarrollo de una propiedad minera.

Stakeholder. Todas aquellas personas u organizaciones involucradas o interesadas que tienen relación con cualquier tipo de beneficio en el éxito de una empresa u organización dada ("grupos sin cuyo apoyo la organización dejaría de existir"). Las partes interesadas podrían ser: los trabajadores, los accionistas, los clientes, los proveedores, los vecinos o comunidades afectadas o ligadas, los sindicatos, las organizaciones civiles y gubernamentales que se encuentren vinculadas, entre algunas otras más.

SOX (*Sarbanes Oxley Act*). Abreviatura de la Ley Sarbanes-Oxley (Estados Unidos). La Ley Sarbanes – Oxley se trata de una norma para el mercado de valores de los Estados Unidos. El Acta de Sarbanes-Oxley requiere que las compañías que cotizan en bolsa respondan financieramente y responsabiliza a la cúpula ejecutiva por la precisión de los datos financieros.

Teledyne Optech CMS. Fabricante de equipo. Sistema de Monitoreo de Cavidades (CMS) adquirido por Yamana. El cabezal del CMS se extiende hacia la cavidad mientras el operador se mantiene al margen, lo que mejora la seguridad. El sistema es fácil de transportar y configurar y es totalmente programable, lo que permite al operador definir los parámetros de escaneo. El equipo entrega datos en formatos de datos adoptados universalmente, adecuados para cualquier flujo de trabajo de software, mejorando la eficiencia y las operaciones de la mina al dar una idea de la estructura real.

Veta (*Vein, lode*). Yacimiento mineral de forma acanalada de material mineral, depositada en fisuras, grietas o hendiduras de un cuerpo rocoso y de composición distinta a las rocas en que está incrustada.

Yamana Gold Inc. Es una empresa canadiense que cotiza en la Bolsa de Valores de Toronto (TSX) y en la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE). Las oficinas corporativas están en Toronto, Canadá y Sao Paulo, Brasil. Yamana está orientada en la adquisición, exploración, desarrollo y extracción de propiedades de oro en América del Norte, Central y del Sur. Yamana adquirió el proyecto Mercedes cuando adquirió y se fusionó con Meridian Gold Inc. en el tercer trimestre de 2007.

Resumen

La importancia de la planeación o planificación minera es la base o fundamento para la toma de decisiones y así alcanzar el logro de las metas y objetivos operacionales que impactan preponderantemente en los aspectos económicos establecidos; en consecuencia beneficia a todas las personas involucradas o stakeholders en una empresa minera determinada.

Los resultados de exploración en las empresas mineras, permiten definir las reservas que se extraerán, se determina la secuencia de explotación, estableciendo los programas de producción y la infraestructura requerida. La planificación minera debe empezar con una modelización del yacimiento que nos permita conocer a detalle el yacimiento a la hora de planificar la explotación, evaluar económicamente el proyecto y estudiar el mejor diseño o posibles cambios en el diseño si ya se está desarrollando. La evaluación debe abarcar todos los eslabones de la explotación, diseño de mina, optimización de proceso de tratamiento, evaluación de la maquinaria y equipo así como un exhaustivo control de costos.

Con el establecimiento de las reservas se plantea un parámetro básico importante la “Vida de la Mina” (LOM) y el “Ritmo de Minado” o producción (ambos estrechamente relacionados) que serán el punto de partida y la guía para establecer las planeaciones a corto, mediano y largo plazo de la mina así como las utilidades económicas planeadas a detalle en base a estos tiempos. Se inicia la planeación y el diseño de la mina sobre todo del método de explotación para la extracción de los minerales económicos; iniciando con los desarrollos (accesos al cuerpo mineral) y continuando con la preparación y tumba (método de explotación). Para esto se necesita dividir y detallar los trabajos y actividades en lo referente a recursos como: mano de obra, materiales y equipo; así como su costo de adquisición (CAPEX) y su costo de mantenimiento (OPEX).

En el presente trabajo se ponen de manifiesto los aspectos fundamentales del proceso de planificación minera que todo profesionista ingeniero de minas dedicado a éste aspecto debe conocer y aplicar efectivamente. Así mismo se pone como ejemplo práctico el proceso de planificación ejecutado en el Proyecto Mercedes en Cucurpe, Sonora, México.

Capítulo 1. Introducción

La vida del hombre moderno sería difícil o imposible de imaginar sin todos los beneficios que nos proporcionan los inventos que para facilitar nuestra vida y que se han realizado a lo largo de todo el proceso de la civilización. Desde el hombre de las cavernas que comenzó a utilizar herramientas con diversos productos que nos facilita la naturaleza como la madera y la obsidiana, los cuales unidos con ingenio proveían armas para cazar o defenderse del entorno que prevalecía; pasando por la edad de los metales cuando a través de un proceso observación, nuestros ancestros vieron que podían controlar el fuego y el agua y con ello, extraer minerales de las piedras y dar forma a estos minerales según conviniera a sus necesidades (autoría propia); continuando hasta nuestros días en que ya dependemos ampliamente de todos los productos que nos puede proporcionar la naturaleza tanto en vegetales como en minerales.



Figura 1. El ser humano aprendió a usar todo lo que le rodea para usarlo a su favor y modificar totalmente su entorno para hacer más fácil la vida (Fuente internet página [www. recursostic.educacion.es](http://www.recursostic.educacion.es))..

En consecuencia, la minería se ha convertido en factor clave de todo nuestro entorno, aprovechando y extrayendo todos los materiales que se requieren para producir bienes y servicios. Ejemplos de todos estos materiales están frente a nosotros en casi cualquier entorno en que nos desenvolvemos: lápices, aparatos electrónicos, muebles, automóviles, edificios, carreteras, entre muchos más.

Así pues, la minería consiste en una serie de procesos que de ninguna manera están ejecutados al azar o por intuición y cuya finalidad es extraer mineral para satisfacer los requerimientos del hombre. Partiendo desde la necesidad de buscar los materiales que se requieren en la naturaleza, trabajo que normalmente es asistido por los geólogos, quienes con estudios profundos acerca de la constitución y procesos formadores de la roca visualizan donde hay potenciales lugares que puedan proporcionarnos dichos materiales (tales como cobre, hierro, carbón, zinc, etc., por ejemplo), pasando por la mano del minero, el cual será el artífice de la extracción de los minerales de la forma más segura y económica posible. Terminando el proceso el beneficio del mineral para extraerlo de la roca y entregarlo a la industria de transformación o a la economía vía metales o materiales aprovechables.

Hablando de economía y administración en las minas es donde surge el concepto de **planeación**¹. El cual nos servirá para establecer la factibilidad de minado y el proceso más seguro y económico de arrancar de la naturaleza los minerales.

1.1. Proyecto minero

La obtención de minerales es un proceso muy complejo que involucra factores tanto económicos como técnicos principalmente, la combinación de estos factores determina si extraer minerales de un sitio es viable o no. Se involucran los factores económicos desde el momento en que se establece una necesidad de determinado mineral en el mercado, como extraerlo y el costo-beneficio que tendrá sacarlo de la naturaleza. También se deberá tener en mente a quien será vendido dicho mineral y si es suficiente o no para cubrir las necesidades tanto de la industria o de la economía. Así pues un proyecto minero son la serie de pasos necesarios para tener certeza como puede hacerse para sacar mineral tomando en cuenta todos los factores medioambientales, sociales, económicos y gubernamentales. La serie de pasos necesarios para llevar a cabo un proyecto minero se describen a continuación.

¹ La administración clásica, llamada también administración científica, de la que forma parte la planeación, se encuentra representado por dos figuras sobresalientes: Frederick W. Taylor (Ingeniero Mecánico 1856-1915) y Henry Fayol (Ingeniero de Minas 1841-1925).

1.1.1 Exploración: Localizando zonas mineralizadas

Existen una serie de procedimientos para buscar minerales en la naturaleza, se buscan indicios de existencia de minerales en la superficie, se hacen muestreos, se buscan fallas y estructuras geológicas buscando zonas de oportunidad y todo esto determinara si se pasa a las siguientes fases de exploración, la barrenación a diamante (DDH), la geofísica y demás procesos pertinentes para determinar la cantidad de mineral (tonelaje) y su calidad (ley).

En la etapa final de la exploración se realizaron barrenos de diamante en una densidad de 1 barreno @ 20 x 20 m, como estándar o con una densidad de barrenación que requiera y determine la empresa. Esta serie de barrenos nos dará mayor certeza de que es lo que ocurre con el cuerpo mineralizado.

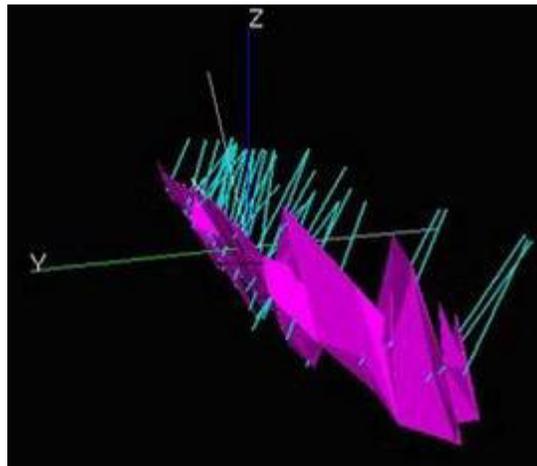


Figura 2. Isométrico de barrenación a diamante.

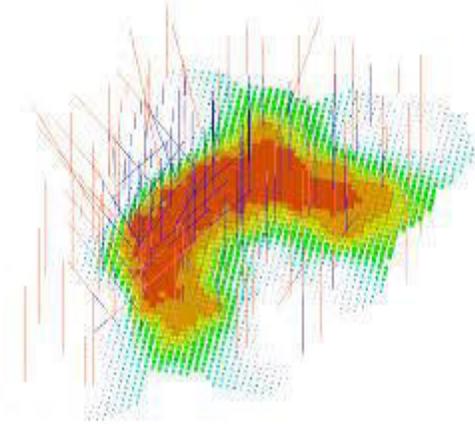


Figura 3. Muestra de barrenos, baja y alta densidad.

Dichos barrenos nos darán información vital para la futura planeación, datos que se obtienen mediante el logeo o análisis detallado de cada tramo del barreno y que a la postre será la información que usaremos para determinar si el yacimiento es económico o no. Ejemplos de estos datos son:

- Tipo(s) de mineral(es) y la matriz en la cual están asentados
- Ley del mineral
- Contactos geológicos y mineralógicos.
- Tipo de roca encajonante, calidad y tipo de roca
- Fallamientos geológicos y estructuras geológicas.
- Calidad de la roca, RQD y/o RMR
- Ubicación, rumbo e inclinación del yacimiento, etc.



Figura 4. Ejemplo de muestra obtenida del núcleo de un barreno a diamante.

1.1.2 Factibilidad y viabilidad

Debido a que la minería es una inversión de alto riesgo, donde las inversiones son cuantiosas y la posibilidad de retorno de capital no siempre es seguro, se efectúan los *estudios de factibilidad y viabilidad* para poder dar certidumbre al proyecto minero y asegurar lo mejor posible la existencia de los recursos mineros y que sea viable su minado. Partiendo de esta seguridad es que se puede autorizar una inversión de recursos y hasta entonces podrá ser posible el inicio del proyecto de minado.

La factibilidad y viabilidad son unos estudios muy amplios que procuran contemplar la totalidad de los aspectos económicos, técnicos, ambientales, gubernamentales, legales y de personal que intervendrán en el desarrollo del minado de los recursos minerales hasta agotamiento y pretende visualizar todos los detalles especiales que sea posible tomar en cuenta.

1.1.3 Ingeniería

Una vez que se realizó el estudio y se comprueba la factibilidad y viabilidad en sentido positivo, procederemos a afinar detalles de todos los elementos que son parte propiamente de

la planeación para valorizar cada elemento, debe ser considerado hasta el último detalle que intervenga tanto en el proceso de producción y que en conjunto serán necesarios para la existencia de la mina. Es importante hacer notar que cualquier proceso omitido o mal calculado se verá reflejado en los resultados de la utilidad.

Se procederá a realizar la “corrida” de cada concepto para calcular su costo y un plan - de minado. Ambos conceptos se realizan de manera simultánea para intentar visualizar todos los problemas a los que nos enfrentaremos durante el proceso de minado.

Así pues, diseñamos la mina conceptualmente y el equipo de mina debe seguir paso a paso y en tiempo cada metro excavado porque cualquier retraso o desviación afectara el costo total del proceso. Es importante hacer notar que los cambios al proceso de minado son válidos, pero deben ser efectuados en conjunto con los departamentos de Geología, Mina y Planeación y autorizados por el Gerencia General ya que cualquier modificación es crítica. Todos deben dar su visto bueno ya que, si algo sale mal, será responsabilidad de todos y todos deberán asumirán el costo de dicho error. Por el contrario, si las modificaciones resultan en disminución del costo, todos los que intervienen en el proceso resultarán beneficiados, incluidos los socios capitalistas, que son los que facilitan el dinero para poder trabajar.

1.1.4 Operación

Como ya mencionamos, es crítico que una vez que se realizó el proyecto de minado, este se realice paso por paso en tiempo y forma ya que cualquier variación afectará en tiempos y/o en costos y recordemos que esto es un negocio y debe ser lo más rentable posible, si se retrasa deberemos modificar el programa de minado y calcular la pérdida y a continuación reprogramaremos todo el plan de minado considerando el retraso y tomando en cuenta las nuevas variables que se presentaron al momento de reprogramar, tales como, maquinaria descompuesta, equipo faltante, personal o materiales faltantes y que son necesarios para ejecutar las tareas.

Capítulo 2. Datos básicos necesarios para planificar

2.1. Barrenación a diamante

¿Qué es? La barrenación a diamante son una serie de perforaciones profundas, con dirección y precisión efectuadas en la tierra (subsuelo) desarrolladas con máquinas con brocas con insertos de pequeños diamantes especiales que colectan una muestra de la perforación efectuada y que son conocidos como núcleos. La perforación se efectúa sobre terreno en el cual se evidencia geológicamente o se sabe que existe mineralización de algún elemento que pudiera ser rentable su explotación. El núcleo es colocado sobre una caja especial y numerada para conocer la secuencia del barreno y conocer más detalles del terreno investigado, teniendo en cuenta posición y profundidad, este tema lo veremos con posterioridad.

Previo a esta perforación (sondaje) el encargado de localizar posibles áreas mineralizadas es el ingeniero geólogo, utilizando diversos métodos como la localización de afloramientos, la coloración de las plantas (geoquímica), la electro-física (geofísica), etc.

2.2. Barrenación de baja densidad.

Una vez localizada la zona mineralizada se realizan una serie de barrenos en poca cuantía denominada de baja densidad; es decir un barreno a diamante cada 100 o 200 metros, según considere la persona que está realizando el estudio y en base a datos ya conocidos como catas, minados previos o información disponible de la zona. Lo anterior para poder darse cuenta si existe realmente la zona mineralizada y si es rentable, porque pueden haber diversos factores que afecten la viabilidad tales como mantos acuíferos (necesidad de bombeo), roca deleznable (mayor necesidad de soporte), fallas y/o fracturamiento (la cantidad de fisuras o discontinuidades debe ser tomada en cuenta para también considerar y estimar el soporte necesario en la zona de trabajos futuros).

Ya que conocemos más datos de la zona mineralizada, ya tendremos información para comenzar a tener información para tener un anteproyecto de minado, tales como tipo de minado que usaremos, cantidad de rampas necesarias, bombeo (si así se requiere) y soporte necesarios, para llegar al cuerpo mineralizado (desarrollos).

Otro dato que obtendremos es la ley promedio del lugar y si es necesario, se puede justificar planear más barrenos para poder tomar nuevas decisiones y ya se podrá tener una idea si es conveniente minar la zona (si paga económicamente).

La información obtenida de la barrenación a diamante de baja densidad nos servirá para tomar la decisión de continuar con el proceso de minado, posponerlo o dejarlo.

2.2.1 Motivos para dejar un proyecto minero

2.2.1.1. *Demasiada profundidad del cuerpo mineralizado*

Si el yacimiento es muy profundo, conlleva aumento de costos de acarreo y extracción ocasionando baja rentabilidad de la futura mina, por supuesto, dependiendo del cuerpo mineralizado, puede darse el caso de que la ley pague eso y más o bien, que resulte no rentable.

2.2.1.2. *Baja calidad de roca matriz y/o encajonante*

Si el macizo rocoso y/o el yacimiento es muy deleznable, es muy costoso realizar las obras subterráneas necesarias para llegar al cuerpo mineralizado y la extracción del mismo; puede que resulte en poca rentabilidad y que sea no viable minar la zona, por lo cual es conveniente localizar una ruta que sea lo más económica posible, considerando distancia y costo del soporte.

2.2.1.3. *Ley demasiado baja*

La información de los barrenos a diamante de baja densidad no es determinante, pero puede ser que se tome la decisión de no minar el lugar si la ley que arroja la barrenación previa es demasiado baja y por tanto, se desechará el proyecto.

2.2.1.4. *Si el proyecto atraviesa un manto freático*

Presencia de agua subterránea demasiado grande para ser bombeada a un costo que permita margen de utilidad. Tenemos un ejemplo en la mina Naica en Chihuahua, existieron zonas no viables para acceder a ellas por la cantidad de agua existente en esos lugares (cabe hacer notar que Naica quiere decir en idioma nativo de la zona “sin agua”).

2.2.1.5. Otras causas

Quienes planean pueden considerar algún otro detalle o factor crítico: técnico, económico, social, legal o ambiental suficiente y justificable para no realizar el minado. Existen causas técnicas y económicas que hacen que el minado no sea rentable como las enumeradas anteriormente así como la dificultad de liberación y baja recuperación del metal del compuesto químico (roca matriz) en la zona mineralizada.

Pueden presentarse problemáticas sociales, legales o ambientales que impactan económicamente de forma negativa al proyecto. Entre las sociales, pueden estar los sindicatos, o la oposición de gente de los poblados aledaños a que se realice el minado. También influye negativamente la lejanía y/o aislamiento del cuerpo mineralizado de alguna población o infraestructura tal como: agua, electricidad caminos, lo que dificultaría el acarreo del mineral o bien el acceso a insumos necesarios para las operaciones mineras.

2.3. Barrenación a diamante de alta densidad.

Si la persona o personas que planean consideraron seguir adelante con el proyecto, se procede a ordenar una barrenación de alta densidad que proporcionará información más precisa y a detalle de la zona mineralizada, efectuando una perforación cada 20 metros hasta cubrir toda la zona mineralizada, puede ser a lo largo de una veta o a lo largo y ancho de un batolito o lacolito o cualquier forma mineralizada, esto dependerá del geólogo, quien determinará hasta donde se debe barrenar ya que es un estudio muy costoso y que se debe procurar que sean los menores barrenos posibles con fines de economizar costos.

Con esta información más detallada se está en capacidad de tomar nuevas decisiones y poder darse cuenta de las dificultades que se tendrá al minar el cuerpo mineralizado, la ley del cuerpo y algunos detalles adicionales como el costo de minado y la dilución a la que se estará expuesto, el ritmo máximo y mínimo de extracción. Este estudio permitirá diseñar la mina en su totalidad y planear un factor muy importante: la Vida de la Mina o LOM (Life of Mine).

El LOM es una serie de cálculos donde intervienen todos los conceptos necesarios para el proceso de minado y nos da idea del costo de minado, el ritmo de producción y sirve para calcular la utilidad esperada.

2.4. Información obtenida de los barrenos a diamante

Recordaremos que en el subtítulo anterior se mencionó que el barreno a diamante recoge muestras de material (núcleo) de la roca que serán útiles ya que proporcionarán toda la información necesaria del terreno para calcular muchos parámetros.

En el aspecto geológico proporcionará información de los tipos de rocas que existen en el subsuelo y donde están los límites del cuerpo mineralizado, identificando a detalle información tanto de la roca encajonante como del mineral, el grado de humedad del lugar, las fallas existentes, la calidad de roca y las características del mineral.

Desde el punto de vista de la ingeniería de minas, dará información del volumen y tonelaje mineralizado, la ley esperada, los contactos entre la roca encajonante y el mineral, rumbo y echado y profundidad del yacimiento, permitiéndonos estimar y calcular el *Modelo de Bloques*.

2.5. Modelo de bloques

El modelo de bloques es una forma de representar el yacimiento, matemáticamente y gráficamente con la finalidad de que se pueda visualizar sus características. Consiste en una división del yacimiento en bloques pequeños que permitirá visualizar mejor la ley esperada y el volumen y tonelaje de mineral esperado en cada bloque en específico.

Todo esto tiene mejor fundamento apoyándose en la estimación de reservas por el método geoestadístico y su respectiva interpolación por la técnica del Krigging que generalmente son empleados en los programas de computadora y software especializados en minería.

Tabla 1: Ejemplo matemático del modelo de bloques en el LOM. Resultado del estudio de barrenos,

		3355569	3355558	3355546
L&M	Data	AB	AC	AD
1120BE	Sum of Ton	2,225	2,472	2,523
	Sum of volumen	1,119	1,260	1,297
	Sum of augpt:	2.7	5.2	7.4
	Sum of aggpt:	21.4	35.4	47.6
	Sum of Au grs	5,939	12,957	18,620
	Sum of Ag grs	47,720	87,579	120,069
	Sum of Mes			
	Sum of Chamber	1	1	1
1100DR	Sum of Ton	483	578	615
	Sum of augpt:	5.2	7.6	8.7
	Sum of aggpt:	36.4	48.4	59.5
	Sum of Au grs	2,495	4,367	5,369
	Sum of Ag grs	17,566	27,944	36,608
	Sum of Mes			
	Sum of Chamber	1	1	1
	1100BE	Sum of Ton	2,223	2,368	2,583
Sum of volumen		919	978	1,067
Sum of augpt:		5.7	4.7	6.6
Sum of aggpt:		52.4	62.2	74.8
Sum of Au grs		12,632	11,221	17,125
Sum of Ag grs		116,394	147,292	193,107
Sum of Mes				
Sum of Chamber		1	1	1

2.6. Costos y utilidad

Contar con el cálculo LOM es muy importante ya que permitirá calcular el costo total de minado y el costo de los acarreos en un lapso de tiempo establecido. En otro aspecto y de la misma manera permitirá calcular el ingreso por los recursos minados, lo cual permitirá obtener la cantidad de mineral esperado; y por medio del contraste de esta información (ingreso-costos), obtendremos la Utilidad Esperada.

Con la existencia del LOM se podrá hacer plenamente el diseño de mina, y con esto, mediante la experiencia del ingeniero de minas se harán corridas de estimación y ejecución en computadora, permitiendo hacer correcciones hasta que resulte el mejor proyecto posible.

Capítulo 3.

Proceso de la planeación minera

Hasta este momento se ha analizado la información que se tiene para planificar, ahora se verá propiamente lo que es la planeación de minas.

Planeación o planificación de minas, es la serie de procedimientos que se usan para tratar de estimar y calcular el futuro de las labores mineras, llevándolas en su ejecución a través del tiempo de la forma más económica y segura posible.

Así, se dividirá en el tiempo todos los conceptos necesarios para efectuar el minado y laboreo de acuerdo a las características que se vislumbran en la barrenación a diamante, tratando de predecir las eventualidades que se presentarán en el lugar, previniendo adecuadamente la capacidad del equipo de mina acerca de lo que se encontrará en el proceso.

Con esto en mente, el presente escrito referente a la planeación minera, se referirá a la experiencia práctica que se adquirió en la empresa Minera Meridian Minerales S. de R.L. de C.V. filial de la canadiense Yamana Gold Inc. en Cucurpe en el estado Sonora, México.

3.1. Geología regional

El estado de Sonora contiene un registro excelente de rocas ígneas jurásicas que constituyen un segmento de un arco magmático que se extiende desde Alaska hasta el noroeste de México, y que está constituido por rocas volcánicas, volcanoclásticas y clásticas intrusionadas por plutones. Las variaciones litológicas y de edad sugieren que estas rocas jurásicas formen grupos separados por estructuras como la megacizalla Mojave-Sonora, la falla San Antonio, la falla Los Ajos y el Alto de Cananea. La megacizalla Mojave-Sonora y las otras estructuras mencionadas constituyen límites entre los distintos conjuntos de rocas jurásicas de diferentes edades. De ahí que se pueda diferenciar distintos dominios de rocas ígneas jurásicas en el norte de Sonora: (1) Cuenca San Antonio, una región en donde las rocas pre-jurásicas son desconocidas. Al norte de la megacizalla Mojave-Sonora, rocas volcánicas, volcanoclásticas y clásticas, intrusionadas por plutones (175-160 Ma), componen parte de la provincia ígnea del Jurásico Medio (ca. 175 Ma). (2) Alto de-Cananea, donde las rocas del

Jurásico sobreyacen a rocas cristalinas del basamento de 1.7–1.4 Ga. (3) El dominio Mojave-Sonora se caracteriza por rocas jurásicas sedimentarias e ígneas que están comúnmente muy deformadas, como lo indica la presencia de cabalgaduras, foliación milonítica y pliegues recostados. El dominio Mojave-Sonora se extiende por la margen suroeste de la cuenca San Antonio. (4) Al sur de la megacizalla Mojave-Sonora, en el centro y sur de Sonora, las rocas clásticas y volcanoclásticas del Jurásico Inferior distinguen al dominio Caborca. (5) El área que se ubica al este de la falla Los Ajos se denomina Terreno Norteamericano, cuyo basamento está conformado por rocas cristalinas metamórficas e intrusivas, cuya característica principal es la ausencia de rocas jurásicas volcánicas e intrusivas. La disminución del magmatismo del Jurásico Medio fue seguida por la formación de cuencas de desgarre oceánicas, ca. 165 Ma, en la parte oeste del margen de la placa Norteamericana indicando, además, el comienzo de fallamiento transtensional. Casi contemporáneamente (ca. 163 Ma), las unidades volcánicas inferiores y las gruesas capas sedimentarias que las cubren comenzaron a acumularse en cuencas continentales pull-apart limitadas por fallas como la cuenca San Antonio en el norte de Sonora y otras en el suroeste de Estados Unidos y el norte de México. Al norte de la megacizalla Mojave-Sonora, las rocas magmáticas del Jurásico afloran cerca de las zonas de relajación y en los pisos de algunas de las cuencas de desgarre.

El cese del fallamiento a rumbo comenzó hace aproximadamente 150 Ma, como lo muestran los cuerpos intrusivos sin deformar que cortan rocas deformadas del Jurásico Medio. Las intrusiones, la cubierta volcánica más joven y los múltiples eventos de fallamiento extensional y compresional oscurecen las estructuras del Jurásico en Sonora. Sin embargo, a pesar de estas complicaciones, se puede eliminar los efectos de las estructuras superpuestas y revelar una traza viable para la falla lateral del Jurásico Tardío y vincularla con segmentos de la falla más al norte. La posición de la megacizalla se puede limitar por los dominios tectono-estratigráficos distintivos.

En este capítulo se describe e interpreta los datos disponibles de un segmento del arco magmático jurásico de Sonora, que se extiende a lo largo de la costa occidental de América del Norte, desde Alaska hasta el noroeste de México, y que está constituido por rocas volcánicas, volcanoclásticas y clásticas intrusionadas por plutones. A partir de los trabajos de reconocimiento geológico, estudios geocronológicos, stratigráficos y de geología estructural realizados por Thomas Anderson y Leon Silver en el período de 1968 a 1974 se conoce la distribución de las rocas ígneas del Jurásico. Las edades en dichas rocas varían de 180 a 145

Ma y fueron asignadas con base en los estudios isotópicos U-Pb en circones de 13 muestras Figura 5; (Anderson y Silver 1. 1., 1978, 1979, 2005) rocas volcánicas, hipabisales y plutónicas. Esta información es consistente con edades obtenidas en Arizona.

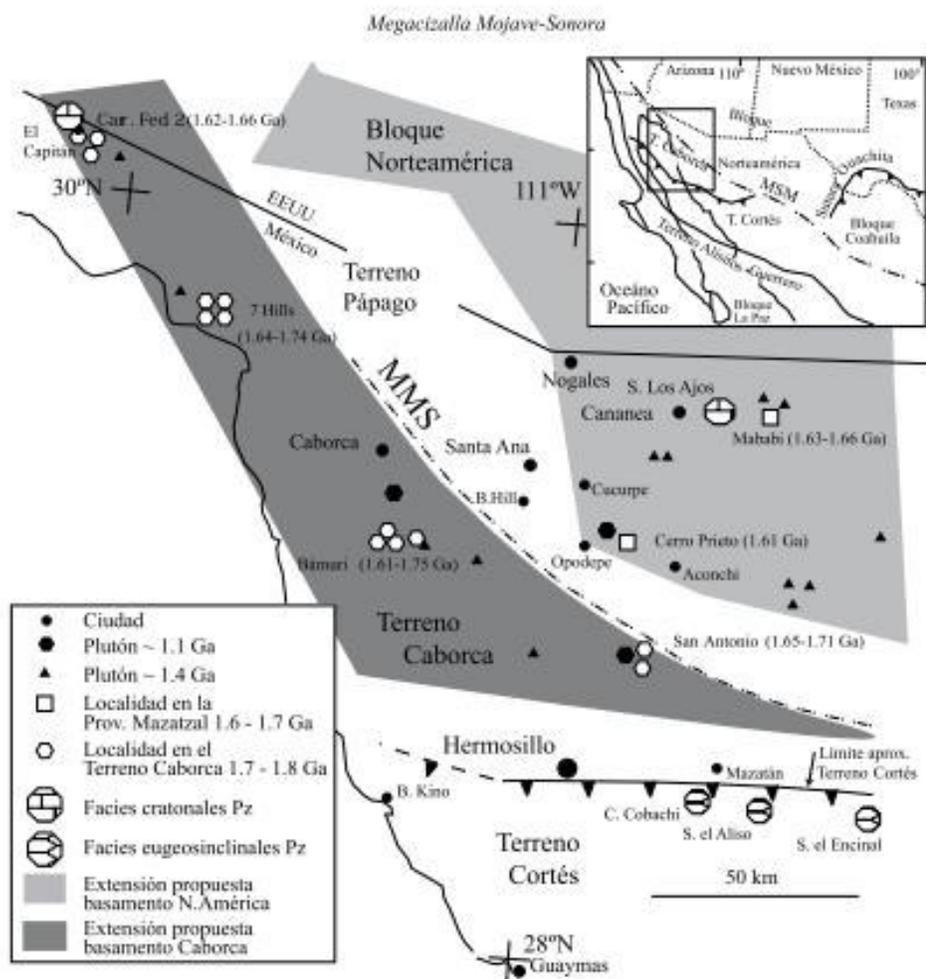


Figura 5. Provincias de basamento Precámbrico en Sonora. También se señalan las principales localidades de depósitos eugeo-sinclinales en Sonora central. El recuadro muestra la distribución de terrenos tectonostratigráficos.

Las variaciones litológicas y de edad sugieren que estas rocas jurásicas formen grupos separados por estructuras como la megacizalla Mojave- (Sonora Anderson y Silver, 1979), la falla San Antonio (Rodríguez-Castañeda & Medina-Salazar, 2002, 2006), la falla Los Ajos (Herrera-López y Rodríguez-Castañeda, 2002) y el Alto de Cananea (McKee & Grijalva-Noriega, 1991,1995) (Figura 5). Entre la megacizalla y la falla San Antonio, las rocas volcánicas, volcanoclásticas y clásticas, intrusionadas por plutones, forman parte del arco del Jurásico Medio, el cual también está ampliamente distribuido en Arizona y California (Bassett y

Busby, 2005) Hacia el sur de la megacizalla, se tiene rocas clásticas y volcanoclásticas fosilíferas del Jurásico Inferior que sobreyacen a rocas paleozoicas, neoproterozoicas y proterozoicas. La megacizalla Mojave-Sonora (Figura 5) forma un límite a lo largo del cual se presenta una zona de rocas deformadas del Jurásico Medio y Superior. Las rocas del Oxfordiano muestran cabalgaduras, foliación y plegamiento, además de bloques que se emplazaron en el mismo período. Silver y Anderson (1983) sugieren que la deformación que produjo las estructuras mencionadas con anterioridad pueda correlacionarse con la orogenia Nevadiana de California. La megacizalla generó un desplazamiento de más de 800 km hacia el sureste, causando la duplicación de rocas ígneas del Jurásico Medio (Jones et al., 1995). No obstante, si se invierte el desplazamiento propuesto, la duplicación de afloramientos desaparecería y se observaría una yuxtaposición de rocas del Jurásico Inferior, del Triásico y más antiguas del bloque Caborca en contra de unidades correlativas similares que afloran en California. Así encontraremos arenisca de cuarzo, conglomerado y escasa caliza. Las interpretaciones estratigráficas realizadas sugieren que las capas de arenisca tengan cierta similitud o sean equivalentes con unidades jurásicas bien establecidas, ubicadas en la Meseta del Colorado (Drewes, y otros, 1987, 1990, 1993). Las secuencias vulcano-sedimentarias son cortadas por intrusivos calci-alcalinos del Jurásico Medio y Jurásico Superior bajo, formando entre todas un arco magmático de margen continental (Tosdal et al., 1989). El carácter alcalino de algunas rocas volcánicas y plutónicas dentro de este arco y la intercalación de conglomerado y arenisca eólica en las secuencias volcánicas, han llevado a la interpretación de que el arco magmático se desarrollara en un ambiente tectónico extensional (Busby-Spera, Riggs y Busby-Spera, Busby-Spera et al., & Haxel et al., 1988, 1989, 1990, 2005). Otros autores (Davis et al. & Bilodeau et al., 1979, 1987), sugieren que las rocas clásticas intercaladas con las rocas volcánicas son rellenos relacionados a calderas del Jurásico Medio (Riggs, Riggs y Busby-Spera, & Lipman y Hagstrum, 1987, 1990, 1991, 1992).

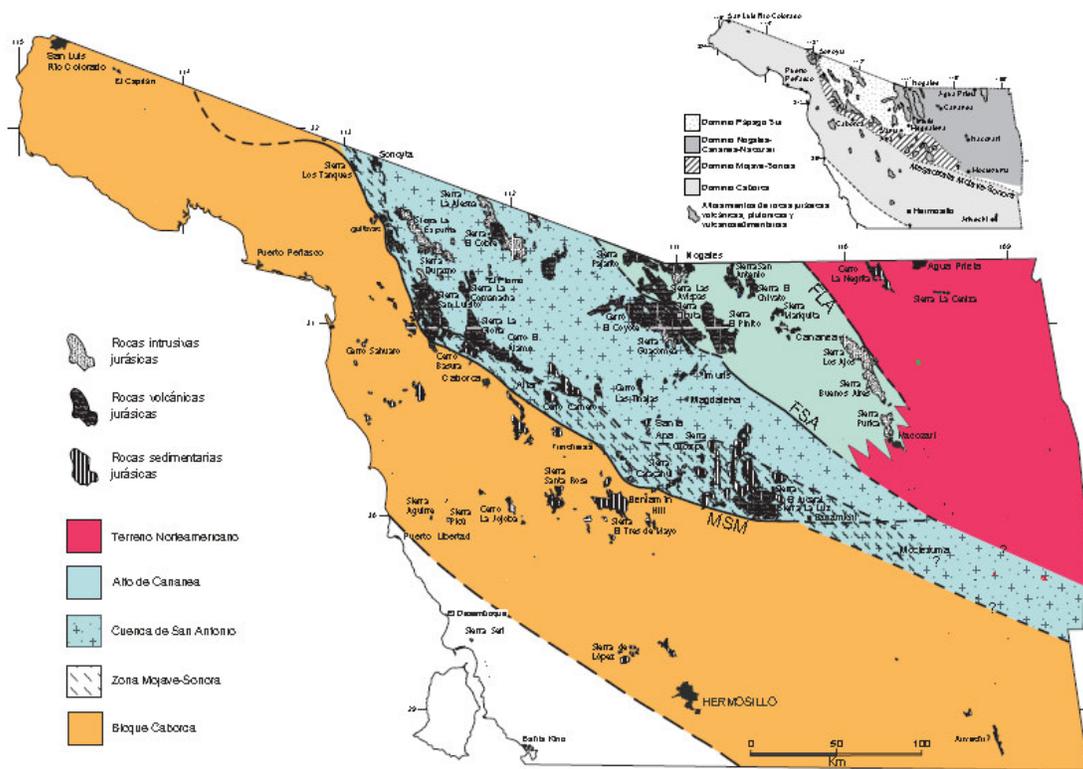


Figura 6. Mapa con los dominios inferidos donde se encuentran afloramientos de rocas jurásicas, así como sierras donde afloran MSM=Megacizalla Mojave-Sonora, FSA Falla San Antonio, AC Alto de Cananea, FLA=falla los Ajos.

Otros rasgos litoestratigráficos asociados con calderas se han identificado cerca de la frontera entre Sonora y Arizona, donde rocas volcánicas correlacionables sugieren que dichas estructuras se extienden dentro de Sonora (Segerstrom, Nourse, Riggs y Haxel, & Riggs y Busby-Spera, 1986, 1987, 1990, 1991). En el sur de Arizona y en Sonora centro-septentrional se tiene una transición estratigráfica de unidades predominantemente volcánicas y volcanoclásticas en la base a unidades con estratos formados por clásticos gruesos ricos en detritos derivados de las rocas paleozoicas y cristalinas que subyacen a las secuencias jurásicas volcánicas (Briskey *et al.*, 1978; Kluth, 1983; Bilodeau *et al.*, 1987; Lawton y Olmstead, 1995; Rodríguez-Castañeda, 1984, 1986, 1991). Los estudios isotópicos indican que mientras las rocas piroclásticas asociadas a calderas han dado edades U-Pb de alrededor de 170 Ma (Haxel *et al.*, Asmeron *et al.*, & Riggs *et al.*, 2005, 1990, 1993), algunos conglomerados ubicados en la parte alta de la secuencia jurásica pudieran ser tan jóvenes como 151 Ma, de acuerdo con estudios isotópicos de roca completa Rb-Sr de muestras de tobas recolectadas en los Cerros Canelo, en

Arizona (Kluth et al., 1982). Se considera que las edades obtenidas no sean óptimas, ya que ni las condiciones geoquímicas ni las geológicas lo fueron (las muestras estaban alteradas y fueron recolectadas de muchas unidades). La edad obtenida (151 Ma) claramente difiere de edades más antiguas obtenidas de unidades volcánicas inferiores. Las tobas intercaladas con los conglomerados en la parte sur de los Cerros Canelo dan edades de 147 ± 6 Ma (K-Ar en biotita) y 149 ± 11 Ma (Rb-Sr en roca completa) (Marvin et al., 1978).

Tanto en Sonora como en Arizona, se ha identificado conglomerados correlacionables con el Conglomerado Glance del sur de Arizona. Estratigráficamente, se ubican en la parte alta de las secuencias volcánicas del Jurásico Medio. El Conglomerado Glance es la base de una secuencia sedimentaria conocida como Grupo Bisbee que incluye la Formación Morita, la Caliza Mural y la Formación Cintura del Cretácico Inferior. En la región de Agua Prieta, noreste de Sonora, contiene abundantes clastos de diferentes tamaños del Esquisto Pinal y del granito Cananea del Proterozoico, además de clastos derivados del Paleozoico carbonatado. Estos clastos reflejan que la fuente de estos sedimentos se ubicaba a lo largo de las márgenes de una cuenca, las cuales debieron haber sido controladas por fallas de alto ángulo. El Conglomerado Glance se interpreta como un indicador de cambio en el contexto tectónico; es decir, de un ambiente de arco magmático en el Jurásico Medio se pasó a uno de fallamiento y creación de cuencas durante el Jurásico (Kluth et Tardío al., Bilodeau et al., & Tosdal et al., 1982, 1987, 1989). Se ha interpretado que este cambio haya ocurrido debido al establecimiento de un régimen de transtensión regional (Anderson y Nourse, 2005). Existen datos adicionales respecto a la transición del ambiente de arco magmático al de transtensión en el sur de California en la Formación McCoy Mountains, donde las rocas clásticas que se consideran equivalentes a las del Conglomerado Glance, cubren a una toba de 175 ± 8 Ma, fechada por el método U-Pb en circones (Flackler-Adams et al., 1997). Esta edad es consistente con otras fechas U-Pb ya publicadas de rocas volcánicas jurásicas del sur de Arizona (Riggs, 1987). Por otro lado, rocas volcánicas intercaladas con limolita situadas estratigráficamente en la parte inferior de la Formación McCoy Mountains dan fechas de 155 ± 8 a 162 ± 3 Ma. Flackler-Adams y colaboradores (1997), tomando en cuenta estas fechas, concluyen que los estratos con clásticos gruesos del Jurásico Superior representan una disminución abrupta del vulcanismo jurásico comenzando en el Calloviano.

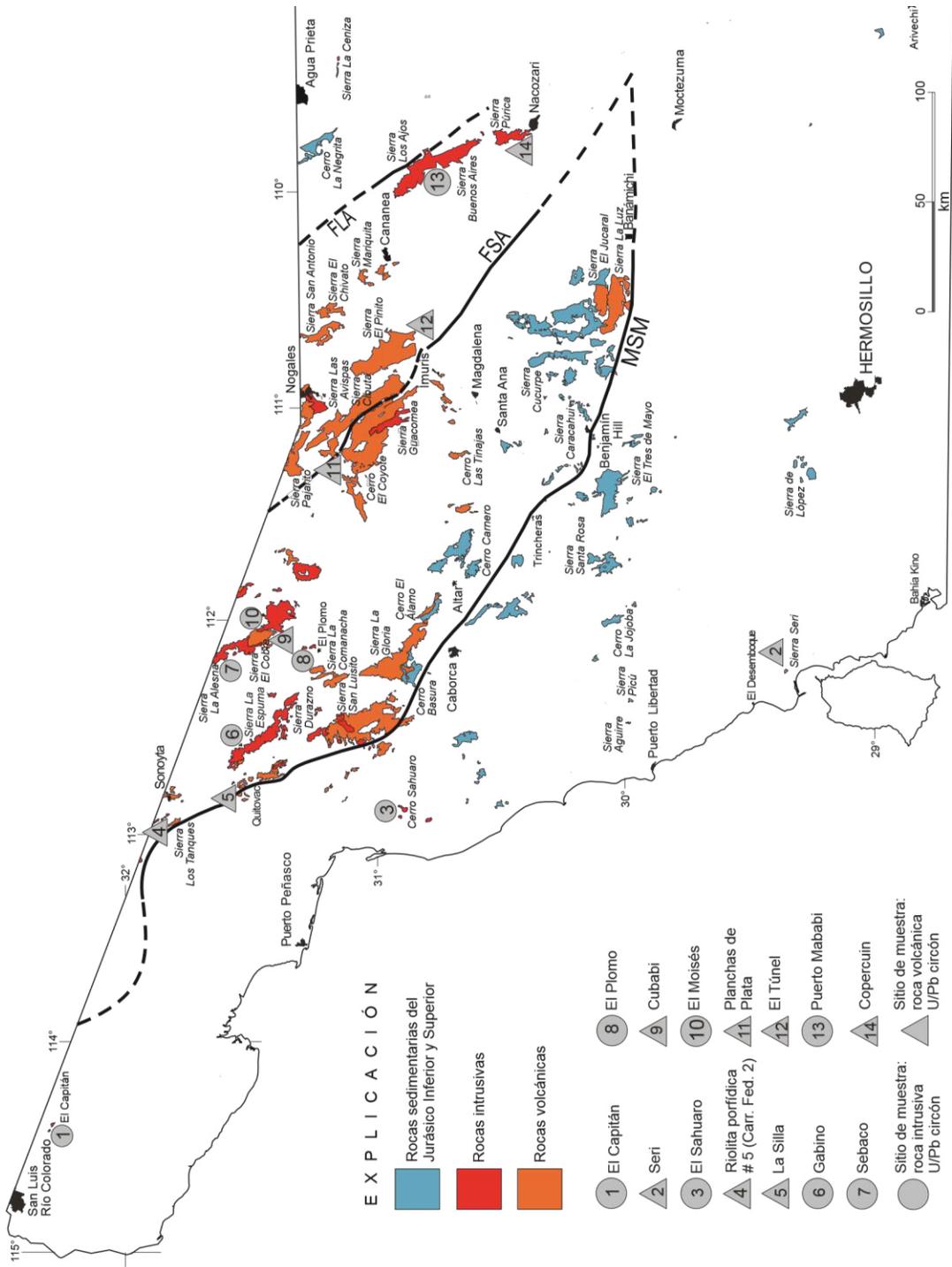


Figura 7. Distribución de las rocas del arco magmático jurásico en Sonora.

Anderson y colaboradores (2005) proponen que la megacizalla Mojave-Sonora separe a dos grandes provincias, cada una con rocas jurásicas pero de características diferentes

(Figuras 5 y 6). De acuerdo con esto, los afloramientos de rocas sedimentarias del Jurásico Inferior se presentan al sur y suroeste de la megacizalla Mojave-Sonora, mientras que al norte de esa falla son comunes las rocas volcánicas, volcanoclásticas, clásticas y plutónicas del Jurásico Medio. Debido a la carencia de información, la relación entre las rocas del arco del Jurásico Medio con las del Jurásico Temprano no es clara (Anderson y Silver, Rangin, Stewart et al., & Pubellier et al., 1979, 1982, 1984, 1995). Por otro lado, rocas del Jurásico Superior de carácter sedimentario afloran ampliamente al noreste de la megacizalla (Rodríguez-Castañeda 1. 1., 1984, 1994), mientras que hacia el sur son raros los afloramientos de rocas del Jurásico Superior. Hasta ahora no se conoce rocas del Jurásico en el sur del estado de Sonora. Con base en las consideraciones anteriores y en las características geológicas y estructurales de las rocas jurásicas, Anderson y colaboradores (2005) dividen a esas dos provincias ígneas regionales en cuatro dominios (ver recuadro en la Figura 5): (a) el dominio Caborca, que cubre el área al sur de la megacizalla; (b) el dominio Pápago Sur, que se extiende en el noroeste y norte-centro de Sonora; (c) el dominio Nogales-Cananea-Nacozari; y (d) el dominio Mojave-Sonora, que se sitúa a lo largo de la megacizalla homónima. Tal división de la región en dominios se apoya en las características geológicas y estructurales de las rocas jurásicas. Al norte de la megacizalla, afloran rocas volcánicas, volcanoclásticas, clásticas y plutónicas del Jurásico Medio y Superior, que se extienden desde Sonoyta hasta Nacozari (Figura 6a), tomando en cuenta principalmente la distribución de las rocas del Jurásico Medio y las rocas sedimentarias asociadas. El dominio Caborca (bloque Caborca) (Figura 6) está formado por rocas sedimentarias del Jurásico Inferior junto con estratos subyacentes de unidades del Triásico, Paleozoico y Neoproterozoico, las cuales descansan discordantemente sobre un basamento cristalino proterozoico de 1,800–1,700 Ma a 1,400 Ma. Estas rocas que conforman el dominio Caborca son las mismas a las que hacen referencia Campa y Coney (1983) en su descripción del terreno Caborca, dentro del cual queda incluido dicho dominio. Las diferencias en edad y origen de las rocas jurásicas a ambos lados de la megacizalla, junto con las diferencias en edad del basamento cristalino en el bloque Caborca y las rocas proterozoicas del otro lado de la falla, dieron la pauta para que Silver y Anderson (1974) concluyeran que el contacto entre estas regiones es una estructura mayor, una falla de desplazamiento lateral izquierdo, a la que llamaron *Mojave-Sonora megashear*, la cual atraviesa Sonora de noroeste a sureste. De lo anterior, se interpreta que la traza de la megacizalla va de Sonoyta a Caborca, de donde sigue el cauce del río Asunción hasta Trincheras donde el río cambia de orientación; de aquí se infiere que continúa hacia el este a Estación Llano y después a Tuape (Figura 6)

(Rodríguez-Castañeda 1. , 1990). Con la nueva información recabada por Rodríguez-Castañeda (2002) debe considerarse la posibilidad de que la traza de la megacizalla se encuentre desplazada por fallas con orientación nororiental, como las que afectan a las fallas San Antonio y Los Ajos (Herrera-López y Rodríguez-Castañeda, 2002), entre otras. Estas fallas son comunes, en general, en el norte de Sonora. Su edad posiblemente esté asociada a la evolución de los complejos de núcleo metamórfico. El dominio Pápago Sur es una provincia caracterizada por rocas ígneas jurásicas. En el norte de Sonora y en el sur de Arizona, Haxel y colaboradores (1984, 1988) proponen que el terreno Pápago esté caracterizado por la ausencia de afloramientos del Proterozoico. La ausencia de afloramientos de rocas del pre-Jurásico Medio dentro del dominio Pápago Sur se ha interpretado como un reflejo del desarrollo del arco jurásico magmático sobre una corteza que fue previamente extendida (Stewart et al., 1990).

Recientemente, Anderson y Nourse (2005) sugirieron que la corteza en la región haya sido sometida a transtensión, a la que asocian abundantes afloramientos de rocas volcánicas, intrusivas e hipabisales de alrededor de 150 Ma, así como el desarrollo de cuencas de desgarre (*pull-apart basins*). Este vulcanismo del Jurásico Superior cubrió las tobas del Jurásico Medio, mientras que la extensión en las zonas de traslape formó las cuencas por desgarre, las cuales fueron llenadas por sedimentos. Dentro del dominio Pápago Sur, se ha encontrado bloques de rocas cristalinas (e.g., Altar, La Lámina, Cerro El Tejano), que se interpreta sean testigos de cabalgaduras originadas por transpresión (Rodríguez-Castañeda 1. 2., 1984, 2002).

Los trabajos de Riggs (1987), Riggs y Haxel (1990), Riggs y Busby-Spera (1990, 1991), Riggs *et al.* (1993) y Haxel *et al.* (2005) en el dominio Pápago Sur indican una posible correlación entre las intercalaciones de arenisca encontradas en las rocas volcánicas jurásicas del terreno Pápago con formaciones similares o comparables que afloran al norte. Otro dominio, propuesto por Anderson *et al.* (2005), es el dominio Nogales-Cananea-Nacozari (Figura 6), cuya característica principal son las rocas cristalinas proterozoicas que subyacen a las rocas jurásicas. El basamento cristalino está constituido por el Esquisto Pinal (ca. 1,700) y rocas plutónicas de 1,400 Ma (Valentine & Anderson y Silver, 1936, 1977), y de acuerdo con los autores mencionados se ubica al oriente del dominio Pápago Sur, que irónicamente es paralelo a la carretera federal No. 15 en el tramo Santa Ana-Nogales. Los mejores afloramientos de estas rocas cristalinas se ubican en la región de Cananea y en la Sierra Los Ajos.

El dominio Mojave-Sonora (Figura 6) es una zona donde las rocas jurásicas registran una fuerte deformación; se ubica, principalmente, en el lado norte de la megacizalla Mojave-Sonora. El dominio Mojave-Sonora se extiende a lo largo de los límites sur de los dominios Pápago Sur y Nogales-Cananea-Nacozari (desde Sonoyta hasta Tuape en Sonora central) y su descripción se centra en el estilo e intensidad de la deformación contraccional que en algunas localidades presentan estratos del Jurásico Tardío (Oxfordiano y Kimmeridgiano). Las estructuras típicas en este dominio son pliegues recostados y foliación milonítica. Se desconoce la extensión de este dominio hacia el oriente, pero existen algunos elementos, como la presencia de afloramientos de rocas cristalinas, que sugieren su prolongación en esa dirección. No se observa deformación alguna de intensidad y forma similares en las rocas del Cretácico, aunque la evolución tectónica de las rocas del Jurásico y del Cretácico se da en un ambiente de extensión. Existen otras opiniones, como la que sugiere que la edad de la deformación en la zona Mojave-Sonora sea correlacionable con la deformación Nevadiana, presente en la región de la Sierra Nevada en California y Nevada en Estados Unidos de América (Anderson et al., 2005). Tomando en cuenta las definiciones anteriores y considerando los nuevos datos que se tienen acerca de la falla San Antonio (Rodríguez-Castañeda, 2002; Medina Salazar, 2006), del Alto de Cananea (Mckee, 1991) y de la falla Los Ajos (Herrera-López y Rodríguez-Castañeda, 2002), se propone un cambio en la nomenclatura y límites propuestos por Anderson y colaboradores (2005). Con el descubrimiento de la falla San Antonio, se sugiere cambiar el nombre de dominio Pápago Sur por el de Cuenca San Antonio (Figura 6) (Herrera-López y Rodríguez-Castañeda, 2002), cuyos límites son la megacizalla Mojave-Sonora al sur y la falla San Antonio al norte, extendiéndose esta última desde el centro-este de Sonora hasta la región de Sásabe, en el noroeste del estado (Imagen 6). En los límites propuestos, la zona comprendida entre el rancho San Antonio y Opodepe carece de basamento cristalino, por lo que las rocas del Jurásico Superior, que son las más antiguas de dicha región, se consideran su basamento. Esta relación sería similar a la propuesta en el noroeste de Sonora para el terreno Pápago. Aunque existen afloramientos de rocas cristalinas, como los del rancho La Lámina, al sureste de Magdalena, y los del cerro El Tejano, al sur del rancho San Antonio, éstos corresponden a bloques alóctonos que se supone fueron transportados allí por efectos de transgresión a lo largo de la megacizalla Mojave-Sonora (Anderson et al., 1984; Rodríguez-Castañeda, 2002). Asimismo, en la zona de Altar, aflora un granito foliado, tal vez de edad precámbrica, que pudiera estar asociado al mismo tipo de evolución que los afloramientos antes mencionados. La región comprendida entre las fallas

San Antonio y Los Ajos se conoce como Alto de Cananea (Figura 6), que sustituye al dominio Nogales-Cananea-Nacozari. Al norte de la falla San Antonio, el Alto de Cananea se caracteriza por contener unidades proterozoicas, paleozoicas y jurásicas. Estas últimas están constituidas por rocas intrusivas y volcánicas. Una peculiaridad del Alto de Cananea es la ausencia de rocas del Cretácico Inferior; es decir, se desconoce la presencia de afloramientos del Grupo Bisbee. El área que se ubica al este de la falla Los Ajos se denomina “terreno Norteamericano”, cuyo basamento está formado por rocas cristalinas metamórficas e intrusivas y cuya característica principal es la ausencia de rocas jurásicas volcánicas e intrusivas, aunque se tienen afloramientos de rocas volcánicas atribuidas a esa edad en la Sierra La Ceniza. Las rocas metamórficas muestran facies de esquisto verde con edades de metamorfismo paleoproterozoicas. Por lo que respecta al bloque Caborca, se mantiene la misma extensión y características (Figura 6).

3.2. Bloque Caborca

El bloque Caborca se distingue por su basamento cristalino con edades de 1.8 a 1.7 Ga, el cual está cubierto por rocas proterozoicas y paleozoicas sedimentarias (Anderson y Silver 1. 1., 1979, 1981, 2005). Se ubica al sur de la megacizalla Mojave-Sonora (Silver y Anderson & Anderson y Silver, 1974, 1979), con una orientación del noroeste hacia el sureste, extendiéndose desde la región de El Capitán, al sureste de San Luis Río Colorado, hasta la región de Arivechi en el este de Sonora (Figura 6). Muchas de las rocas aflorantes son sedimentarias y sus fósiles indican edades más antiguas que las de las rocas volcánicas del Jurásico Medio que se encuentran al norte de la megacizalla. Las principales localidades con rocas volcánicas jurásicas en el bloque Caborca son: El Capitán, Cerro El Sahuaro y Sierra Seri (Figura 6a). Hay otras localidades donde se reporta la presencia de rocas volcánicas (riolita y andesita) como en la Sierra de Santa Rosa y la Sierra El Tres de Mayo (Figura 6a), pero no se tiene un control seguro de la edad de esos afloramientos.

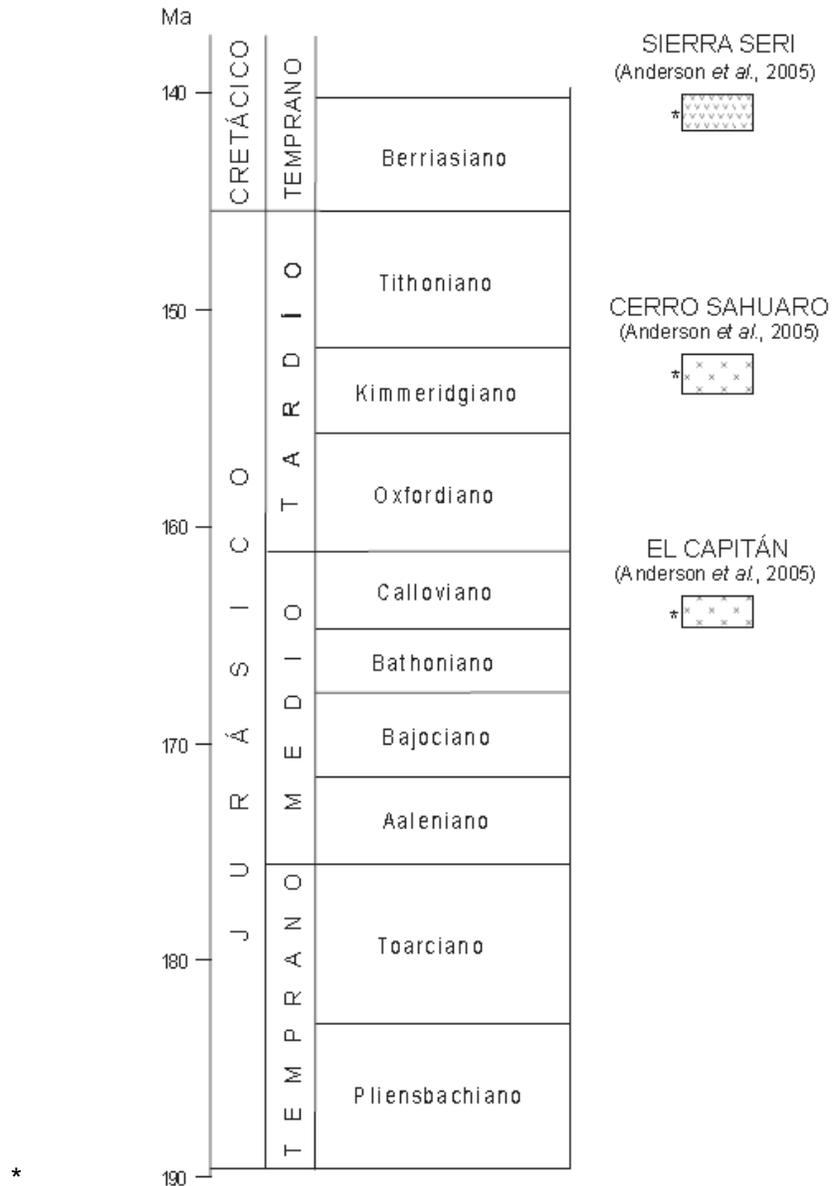


Figura 8. Bloque Caborca

La secuencia jurásica en el bloque Caborca (Figura 7) consiste en intercalaciones de rocas sedimentarias y volcánicas. En el Cerro Chino, Longoria y Pérez-Venzor (1979) reportan una sección de probable edad jurásica compuesta por andesita, riolita, brecha y arenisca de aproximadamente 4 km de espesor. Hacia el sur de esta localidad, en el Cerro Rajón, los mismos autores mencionan una columna de aproximadamente 3.5 km de rocas volcánicas y volcanoclásticas que comprende brecha volcánica, toba riolítica, arenisca, conglomerado y caliza. En la Sierra de Santa Rosa, al oeste del rancho San Diego, se tiene rocas volcánicas de

probable edad jurásica compuestas principalmente por toba y andesita, las cuales están en contacto tectónico con rocas precámbricas metamórficas.

En la región de Félix Gómez-Los Chinos —hacia el sur de la Sierra de Santa Rosa—, rocas volcánicas y volcanoclásticas con intercalaciones de brecha volcánica son asignadas al Jurásico (Vega-Granillo *et al.*, 1991). Las rocas jurásicas forman escamas tectónicas con las rocas del Proterozoico, posiblemente desarrolladas durante la extensión terciaria, como lo indica la relación estructural “joven sobre antiguo”.

Como se mencionó anteriormente, las rocas ígneas con edad jurásica que afloran en el oeste del bloque Caborca se presentan en tres localidades: (1) la granodiorita El Capitán, en la región de San Luis Río Colorado, noroeste de Sonora; (2) la meta-riolita en la Sierra Seri, en la costa de Sonora; y (3) la granodiorita en la localidad Cerro El Sahuaro, situado al noroeste del Cerro del Álamo (Anderson *et al.*, 2005). Las rocas de El Sahuaro y de la Sierra Seri dieron edades más jóvenes, por lo que la relación de estas rocas con las del arco jurásico al norte de la megacizalla no es muy clara si se piensa en el ambiente transtensional en el que se desarrollaron las rocas del norte de Sonora (Anderson y Nourse, 2005). De la muestra de granodiorita sin deformación recolectada en el Cerro El Sahuaro se obtuvieron dos fracciones de circón que permitieron datos concordantes y traslapados con una edad media $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 153 Ma, del Jurásico Tardío (Anderson *et al.*, 2005) (Figura 7). Las rocas volcánicas de la Sierra Seri afloran en sierras alargadas a lo largo de la costa de Sonora. Algunas de estas sierras contienen colgantes de rocas metamórficas sobre plutones cretácicos que incluyen andesita, otras rocas volcánicas y capas de caliza y otros sedimentos (Gastil *et al.*, 1976). Dos fracciones de circones obtenidos de la meta-riolita de la Sierra Seri, al este de Punta Tepoca, dan una edad promedio $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ de 141 Ma, Jurásico Medio-Tardío (Anderson *et al.*, 2005; Figura 7); aunque si ahora utilizamos la Carta Estratigráfica Internacional de 2008 de la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS, por sus siglas en inglés) y la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, por sus siglas en inglés) la edad de la metariolita se ubicaría en el Cretácico Temprano.

Las estructuras típicas en este dominio son pliegues recostados y foliación milonítica. Se desconoce la extensión de este dominio hacia el oriente, pero existen algunos elementos, como la presencia de afloramientos de rocas cristalinas, que sugieren su prolongación en esa dirección. No se observa deformación alguna de intensidad y forma similares en las rocas del

Cretácico, aunque la evolución tectónica de las rocas del Jurásico y del Cretácico se da en un ambiente de extensión. Existen otras opiniones, como la que sugiere que la edad de la deformación en la zona Mojave-Sonora sea correlacionable con la deformación Nevadiana, presente en la región de la Sierra Nevada en California y Nevada en Estados Unidos de América (Anderson *et al.*, 2005). Tomando en cuenta las definiciones anteriores y considerando los nuevos datos que se tienen acerca de la falla San Antonio (Rodríguez-Castañeda, 2002; Medina Salazar, 2006), del Alto de Cananea (McKee, -1991) y de la falla Los Ajos (Herrera-López y Rodríguez-Castañeda, 2002), se propone un cambio en la nomenclatura y límites propuestos por Anderson y colaboradores (2005).

Con el descubrimiento de la falla San Antonio, se sugiere cambiar el nombre de dominio Pápago Sur por el de Cuenca San Antonio (Figura 6) (Rodríguez-Castañeda, 2002), cuyos límites son la megacizalla Mojave-Sonora al sur y la falla San Antonio al norte, extendiéndose esta última desde el centro-este de Sonora hasta la región de Sásabe, en el noroeste del estado (Figura 6). En los límites propuestos, la zona comprendida entre el rancho San Antonio y Opodepe carece de basamento cristalino, por lo que las rocas del Jurásico Superior, que son las más antiguas de dicha región, se consideran su basamento. Esta relación sería similar a la propuesta en el noroeste de Sonora para el terreno Pápago. Aunque existen afloramientos de rocas cristalinas, como los del rancho La Lámina, al sureste de **Magdalena**, y los del cerro El Tejano, al sur del rancho San Antonio, éstos corresponden a bloques alóctonos que se supone fueron transportados allí por efectos de transpresión a lo largo de la megacizalla Mojave-Sonora (Anderson *et al.*, 1984; Rodríguez-Castañeda, 2002). Asimismo, en la zona de Altar, aflora un granito foliado, tal vez de edad precámbrica, que pudiera estar asociado al mismo. Rodríguez-Castañeda y Anderson El arco magmático jurásico en Sonora, México

3.3. Datos geológicos del sitio (y correlación) obtenidos del análisis regional

De la descripción geológica regional anterior, se tiene el conocimiento de la geología del sitio entendiendo que el yacimiento donde se encuentran las estructuras mineralizadas del lugar son de origen submarino, esta extensión que cubre la mina estuvo sumergida en el mar y así ocurrió la mineralización, con los años emergió y fue localizada por el equipo de geología de la empresa Yamana. Es una estructura *vetiforme en stockwork*. Prueba de este proceso es el conglomerado que se encuentra al sur de la veta en forma de fosa aproximadamente cuadrada y que se rellenó con desechos marinos y al secarse produjeron una masa solo

minable por corte y relleno, ya que es un área muy deleznable, el resto de la veta, aproximadamente las tres cuartas partes de ella está ubicada sobre la roca encajonante **andesita** medianamente alterada por haberse encontrado debajo del mar, por lo que es roca estable y la veta está formada de depositaciones hidrotermales formadas con posterioridad, también de buena calidad de roca, con un manto freático abundante. La veta se encuentra orientada en posición Nor-noroeste; el afloramiento de la veta fué explotada a principios del siglo XX, por lo que el mineral actual se encuentra de los 50 a los 600 metros de profundidad con un espesor de la veta en promedio de 3.8 metros de ancho y un buzamiento al SE; con una inclinación que varía entre 90 y 85 grados por lo que es casi vertical; por lo que se espera que se presenten caídos relativamente rápidos a medida que se avanza con el proceso de minado; previendo que quede expuesta a la intemperie la andesita. Por lo anterior se recomienda considerar soporte o fortificación antes del minado, para evitar caídos peligrosos de alto riesgo durante el proceso de minado y disminuir el riesgo de exposición. El promedio de ley esperada es de 5.66 g/t de Au.

Tabla 2: Tonelaje, Leyes y Onzas de la veta Mercedes, reserva y recursos estimados e inferidos.

Categoría	T (000's)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Au oz. (000's)	Ag oz. (000's)	GEO oz. (000's)
Reservas (P&P)	4,362	5.66	59.8	794	8,386	850
Recursos (M&I)	1,509	3.88	48.7	188	2,363	204
Recursos (Inferidos)	3,444	4.23	32.1	468	3,554	492

Se encontraban aún en estudio las áreas de Barrancas y Lupita al inicio del año de 2011. Es importante hacer notar que la veta fue dividida desde su descubrimiento en *Brecha Hill* (BHI), izquierda, *Corona de Oro* (CDO), al centro y *Casa Blanca* (CBA) a la derecha, (Figura 8), tomando en cuenta su distancia y ancho de veta, rapidez de minado y tipo de sulfuros y oxidación, se dividió la misma veta en tres minas y una cuarta mina ubicada 1.8 kilómetros posterior llamada Klondike. Siendo el conjunto de todas estas minas parte del *proyecto Mercedes*.

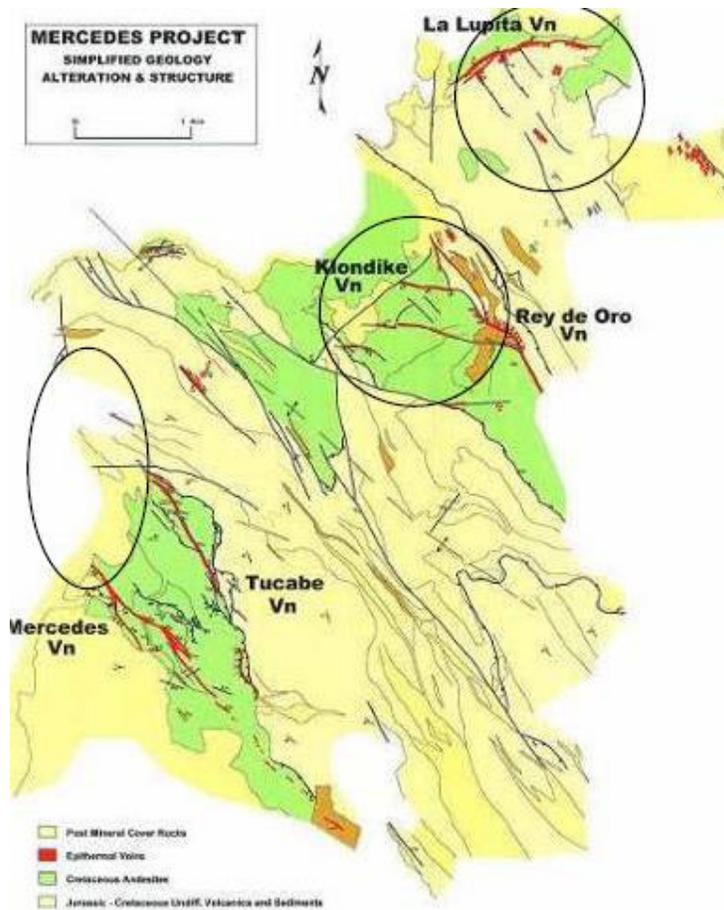


Figura 9. Ilustración de las vetas que forman el complejo Mercedes.

3.4. Datos adicionales (gerenciales)

También será necesario un dato adicional muy importante, que servirá para el diseño minero, la *utilidad esperada*, los inversionistas esperan una utilidad determinada y debemos preocuparnos que nuestro proyecto minero cumpla con este rubro, ya que en función de esto planearemos el ritmo de producción, el tipo de equipo que utilizaremos, por ejemplo camiones volteo de 6m³ o de 12m³. A este respecto la gerencia general, que es la encargada de darnos este dato, lo fijó en una producción anual de 115,000 onzas de oro equivalente (GEO).

Otro dato que debemos conocer es el de la prueba metalúrgica del mineral obtenido de los barrenos a diamante, esto nos dará la recuperación esperada, tanto de oro como de plata. Esta recuperación se fijó en 90% de oro y 35% de plata, utilizando el método de Leaching.

3.5. (Planeación del) Proyecto Minero

Onzas esperadas = 115,000 por año

Ley media = 5.66 g/t

Ley de corte = 2.7 g/t

Toneladas requeridas = 100,000 t/año

Dilución esperada = 6%

Recuperación metalúrgica = +1 Oz Au * 90%

recuperación calculada = 0.9

Nota: como el oro es el objetivo, consideramos únicamente el oro y no la plata por ser poco representativa, poca recuperación y poca existencia, se decidió tomarla al final del proceso como producción adicional.

Entonces la cantidad de mineral que necesitamos para producir será de acuerdo a la dilución esperada:

Onza en planta = 1.11 onzas para producir una onza de salida.

Onza en terreno = 1.11 * dilución esperada

Onza en mina = 1.11 * 1.06% = 1.1766 onzas en mina

Así, la cantidad de toneladas que tenemos que extraer serán:

Onzas = Tonelaje * Ley (fórmula de la que extraeremos teóricamente el mineral necesario para que mina cumpla la producción)

Entonces despejando el tonelaje que es el dato desconocido:

Tonelaje = Onzas / Ley

Tonelaje = $115000 / 0.06 = 1,916,667$ esta es la cantidad de mineral que se deberá extraer en un año

3.6. Concepto de CAPEX y OPEX

El CAPEX (Capital Expenditure) es el dinero que tenemos que invertir para llegar hasta donde están los recursos, incluye el tuneleo o laboreo necesario para llegar a la veta (rampas, cruceros, contrapozos, barrenos de servicio, ventilación, agua, electricidad, explosivos, gasto en personal y el gasto de supervisión, aire inducido para ventilar.

El OPEX (Operational Expenditure) que son los gastos que haremos en extracción de mineral y que produce utilidad (ganancia). Incluye explosivos, gastos de ventilación forzada, electricidad, explosivo, soporte, manejos de scoop (LHD) en carga y acarreo de mineral, drenaje o extracción del agua, y suministro de agua.

Establecido estos conceptos de la división entre CAPEX y OPEX, entenderemos que, de acuerdo al proyecto se planea llegar a producir mineral en un año porque de acuerdo a la pendiente que se escogió para la rampa de acceso, se proyecta que llegaremos al mineral en aproximadamente 1 año y 3 meses.

Para esto, se presenta el proyecto ejecutivo de la *mina mercedes*, que con el tiempo fue cambiando un poco por ajustes y problemas técnicos que se presentaron.

1100 serán niveles de exploración ya que a la fecha de apertura de la rampa se desconoce que el grado de minado de los minados antiguos ya que no se conoce información de esa época.

Toda la producción que se obtenga por la preparación de los niveles se plantea que sería de la siguiente manera:

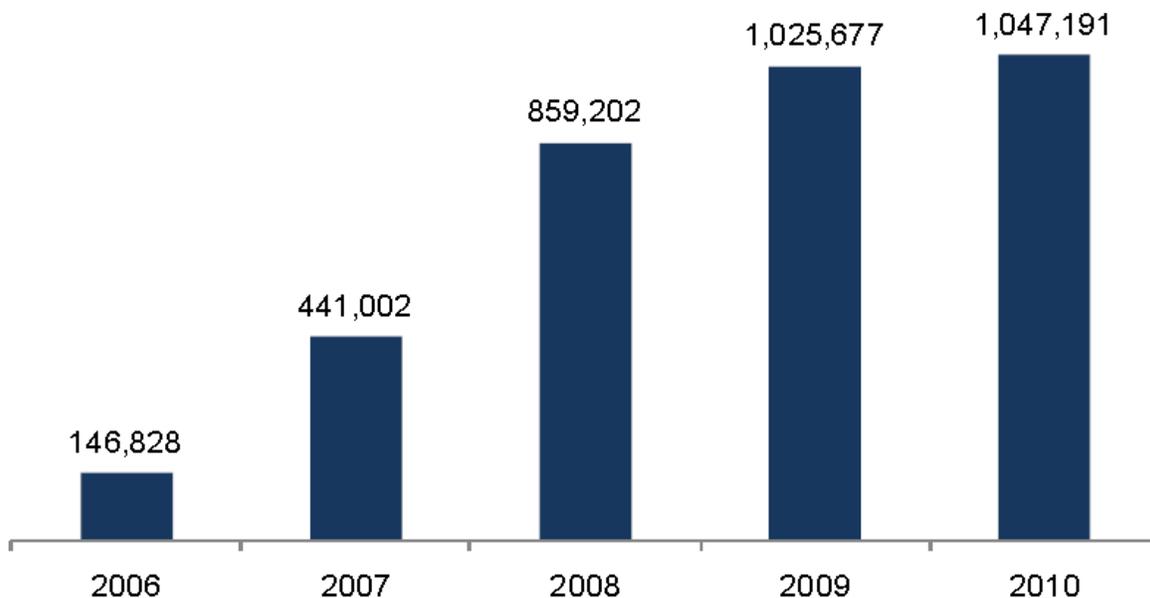
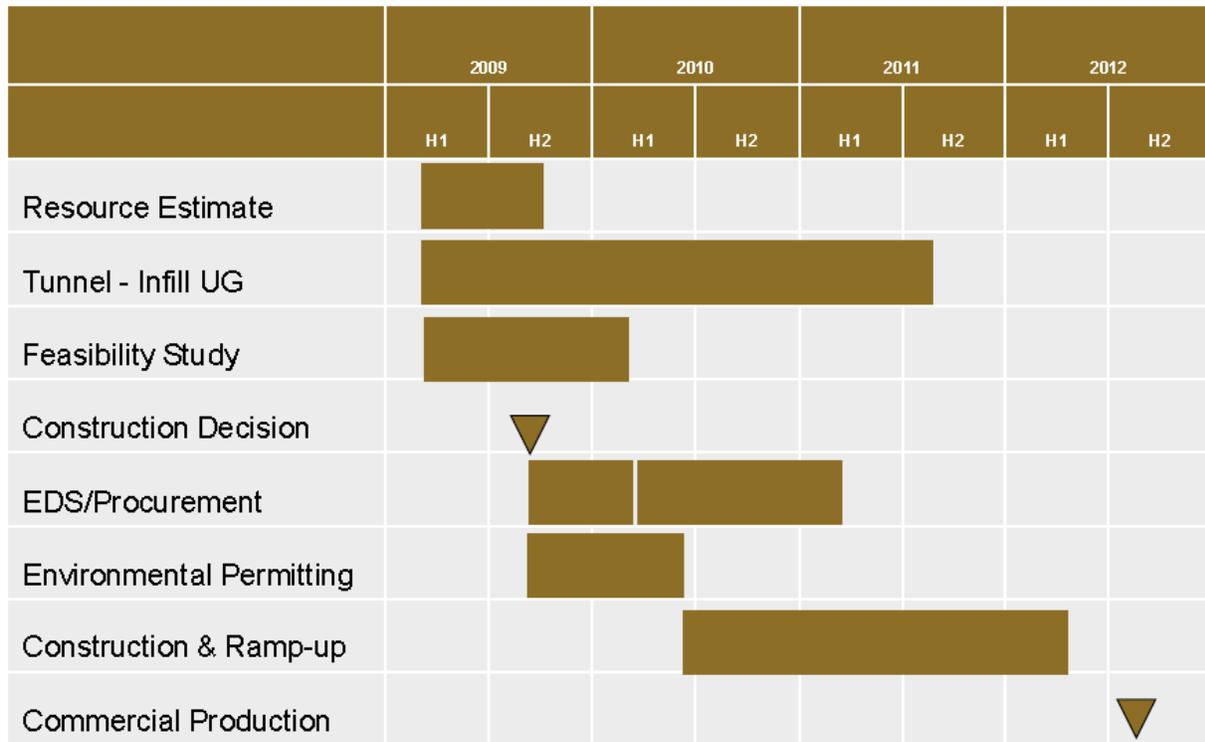


Figura 11. Grafica que muestra el incremento de OPEX planeado entre 2006 y 2010 para el conjunto de minas de la Unidad Mercedes.

Pero por diversas causas como permisos a la gente, falta de personal y armado de la “Planta de Pasta para Jales Mineros” (*Paste Plant*), se recorrió el inicio de los trabajos hasta mediados de 2012 como se muestra a continuación:

Tabla 3: Diagrama que muestra la planeación programada por año del desarrollo de la mina.



En 2010 comenzó la apertura de la rampa y con disparos de Jumbo de 16 pies y avance esperado de 3.5m por disparo, la distancia hasta el nivel 920 de 1688.67m la rampa debió estar lista en 482 disparos que a 2 disparos por día darían un total de 242 días para terminarla ya que se contaba con suficiente equipo para realizarla pero aquí empezaron las dificultades técnicas ya que la eficiencia de disparo estaba muy baja, el contratista no lograba que sus disparos fuesen eficientes, por lo que estaba en aproximadamente un 77% (la eficiencia de disparo) y la rampa fue ejecutada en dos etapas, cuando fue reemplazado el contratista original por uno nuevo (COMINVI) quien sería en adelante el nuevo ejecutor del CAPEX, avanzó el anterior contratista 839 metros en 210 días antes de reemplazarlo y Cominvi completó la rampa y los cruceros de acceso, iniciando los trabajos en forma hasta el mediados del 2012, que fue cuando se reprogramó toda la obra, de cualquier forma la eficiencia de disparo siguió siendo un problema ya que se lograba avanzar aproximadamente 3.1 metros por disparo, mejorándose a un 88% que fue lo que mejor fue posible lograr.

Se incluye el siguiente comentario de apreciación práctica: “faltan mejores ejecutores de obra y mejor supervisión ya que la rampa estaba programada para ejecutarse al 10% de pendiente y hubo muchos errores tanto técnicos como en tiempo en la ejecución de esta”.

Habiendo ingresado a la empresa en el 2011, me encargué de la rampa en el nivel 1020, era el planeador a corto plazo de las tres minas BHI, CDO Y CBA; la primera función más importante fue comenzar a realizar el control de obra de manera diaria y directa y los resultados se pudieron apreciar, la rampa fue más pareja, es decir se controló la pendiente del 1020 al 920 y fue terminada hasta el nivel de desplante (920) en el año 2012, por lo que la producción fue únicamente en frentes de desarrollo (drifts, niveles OPEX). La producción por rebajes (cámaras) completos se inició hasta noviembre de 2012, cuando se completó el OPEX en niveles conocidos como frentes de preparación (drifts).

Ese era el estado de desarrollo en que se encontraba la mina. El primer descuido o aberración que se encontró es que ya se había desarrollado el área de la frente (drift) de Corte y Relleno (CAF), se hizo notar que así no se trabaja el Corte y Relleno, se debe desplantar desde abajo e ir subiendo; el CAF se llevó mal, se desarrollaron las frentes (drifts) en cada nivel, fue decisión del supervisor administrativo (responsable), el entonces gerente de planeación. Se infiere que por la avidez de mineral para la producción, aunado a otras omisiones, como voladuras mal ejecutadas, provocó que todo el bloque se deslizará hacia el piso, teniendo que declarar pérdida total, al volverse inseguro el rebaje.

3.7. El proyecto

Como ya se había dicho con anterioridad, el proyecto de minado está plasmado en las líneas de “alambre” (ver figura 9) y consiste en lo siguiente: está formado casi en su totalidad pensando en cámaras de barrenación larga con bloques de 16 Alto por 20 de largo, al terminar de minar cada bloque, quedará un hueco, el cual será relleno con “paste”, es una pasta de concreto pobre (cemento al 4%) y tepetate obtenido de banco, esto se pensó así porque el proceso requiere que sea relleno el nivel inferior para poder minar el siguiente nivel hacia arriba y porque en el mineral se encontraron trazas de metales pesados, especialmente selenio, que pudiera envenenar el subsuelo; por lo que se determinó rellenar así con fines ecológicos pero muy costoso.

Técnicamente este proceso requiere que estén totalmente terminadas las frentes (drifts) antes de poder comenzar la fase de barrenación larga, después se usa una planeación en escalera, de tal manera que mientras el rebaje (cámara) de abajo solidifica, se mina la cámara de arriba y así sucesivamente.

Pensando en la capacidad requerida para producir 115,000 toneladas en un año, el corporativo adquirió camiones de 18 toneladas y en función de esto se hizo el proyecto minero, para dar cabida a los camiones y se pensó que la rampa debía tener una sección mínima de 5 metros de alto por 5.5 de ancho (5x5.5), la altura previene de cualquier atasco en la vertical en lo ancho permite la circulación de peatones, pero de cualquier forma los peatones deben refugiarse en los espacios diseñados para ellos cada 100 metros.

3.8. Secuencia de minado

Otro problema que se presentó fue que las frentes (drifts) se estaban inundando porque se planearon con 0% de pendiente. Esto estaría bien si los pisos se llevaran adecuadamente, pero el minado se hizo sin cuidado y quedaron lagunas muy grandes que humedecían y provocaban alteración en la roca encajonante, por lo que se dio la orden que se cambiaran a pendiente del 1% y se hicieran barrenos de drenaje en las partes críticas de las frentes (drifts) y así quedaron secas las frentes (drifts); pero resultó que el daño estaba hecho, las tablas de la roca encajonante se humedecieron y ocurrieron grandes caídos durante el proceso de minado en los rebajes (cámaras), provocando problemas técnicos para completar la producción.

El sistema en realidad estaba bien pensado planteando la pendiente al 0%, de cualquier forma correría el agua y los contrapozos se encargarían del drenaje pero esto no pasó.

COMO LO PROPONE LA GERENCIA
LADO DERECHO, DRIFTS Y BARRENACION LARGA

NIVEL		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
1020											
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
1000											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
980											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
960											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
940											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
920											
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
NIVEL DESPLANTE											
ACCESO	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	

←----- DIRECCION DEL MINADO

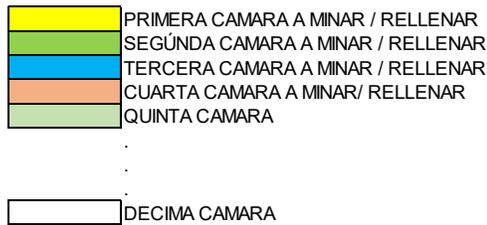


Figura 12. Muestra de la planeación de explotación programada de cámaras en OPEX.

El problema es que minar así requiere de muchos turnos de trabajo, deteniendo la producción hasta por -siete turnos.

Tabla 4: Secuencia de explotación propuesta para la explotación de cámaras.

SECUENCIA DE PRODUCCIÓN (CAMARAS DE BL)

Número	ACCION	TURNOS
1	BARRENACION	2.00
2	CARGADO	0.50
3	VOLADURA	0.50
4	REZAGADO	1.00
5	COLOCACION TAPON TEPETATE	1.00
6	RELLENO PASTE	1.00
7	FRAGUADO PASTE	1.00
SUMATURNOS		7.00

Debido a que el proceso de relleno con pasta (paste fill) era necesario para dar piso firme y poder transitar o dejar caer la cámara superior, no era posible abrir más cámaras porque la longitud descubierta (40 m o más) provocaba caídos que afectaban el volumen de relleno y el relleno.

Por esto se propuso la siguiente secuencia de minado que no afectaba tiempos de fraguado y daba piso firme para subsecuentes minados, ver Tabla 5.

Tabla 5: Esquema propuesto de minado.

SECUENCIA DE PRODUCCIÓN (CAMARAS DE BL)

Número	ACCION	TURNOS
1	BARRENACION	2.00
2	CARGADO	0.50
3	VOLADURA	0.50
4	REZAGADO	1.00
SUMATURNOS		4.00

De esta forma no afectaba el relleno ya que siempre se contaría con piso firme pero no fue aprobada por instrucciones del corporativo ya que a ellos no les interesaba el ahorro de turnos, lo que les interesaba era defender el minado propuesto. Aun cuando esto motivaba mayores costos.

Las minas se plantearon con un solo acceso, pudiendo entrar a la derecha o a la izquierda de la frente (drift), lo único que había que hacer era dar vuelta a la manga de ventilación y el lugar quedaba listo para trabajarse, todos los servicios estaban ubicados en el

acceso; de este podíamos tomar agua, electricidad, ventilación para cada nivel. En el mismo acceso estaba la ventilación y el contrapozo de emergencia, por medio del cual se podía evacuar la mina a pie.

Resultó un buen plan de CAPEX ya que los cargaderos estaban intrínsecos en el acceso y no impedía el paso de equipo y materiales y también trabajaba como libradero.



Figura 13. Ejemplo de un nivel terminado. Acceso, rampa y drift terminados.

El equipo que se utilizó se especifica en la Tabla 6.

Tabla 6: Listado del equipo minero mecanizado que nos fue proporcionado.

CANTIDAD	DESCRIPCION
3	SIMBA ATLAS COPCO MC7 CON CARRUSEL PARA 5 BARRENAS
5	JUMBOS ATLAS COPCO BOOMER 16 PIES CABINA CERRADA Y AIRE AC
1	JUMBO ATLAS COPCO 14 PIES CABINA CERRADA Y ARIDE AC
4	SCOOPS ATLAS COPCO ST1030 DE 6 YARDAS CUBICAS
1	BOLTER
4	ANFO LOADER
3	SCALER (ESCARIFICADOR)
6	MATCO TELEHANDLER TL 948
8	18 Ton Truck KW T800. Camión de 18 toneladas cortas

El equipo era a todas luces sobrado de capacidad, por eso no se tuvo problema por disponibilidad y utilización de todo el tiempo de mi estadía en la empresa, sobre todo porque era nuevo.

Las secciones tipo que se han utilizado se especifican en las Figura 13 y 14.

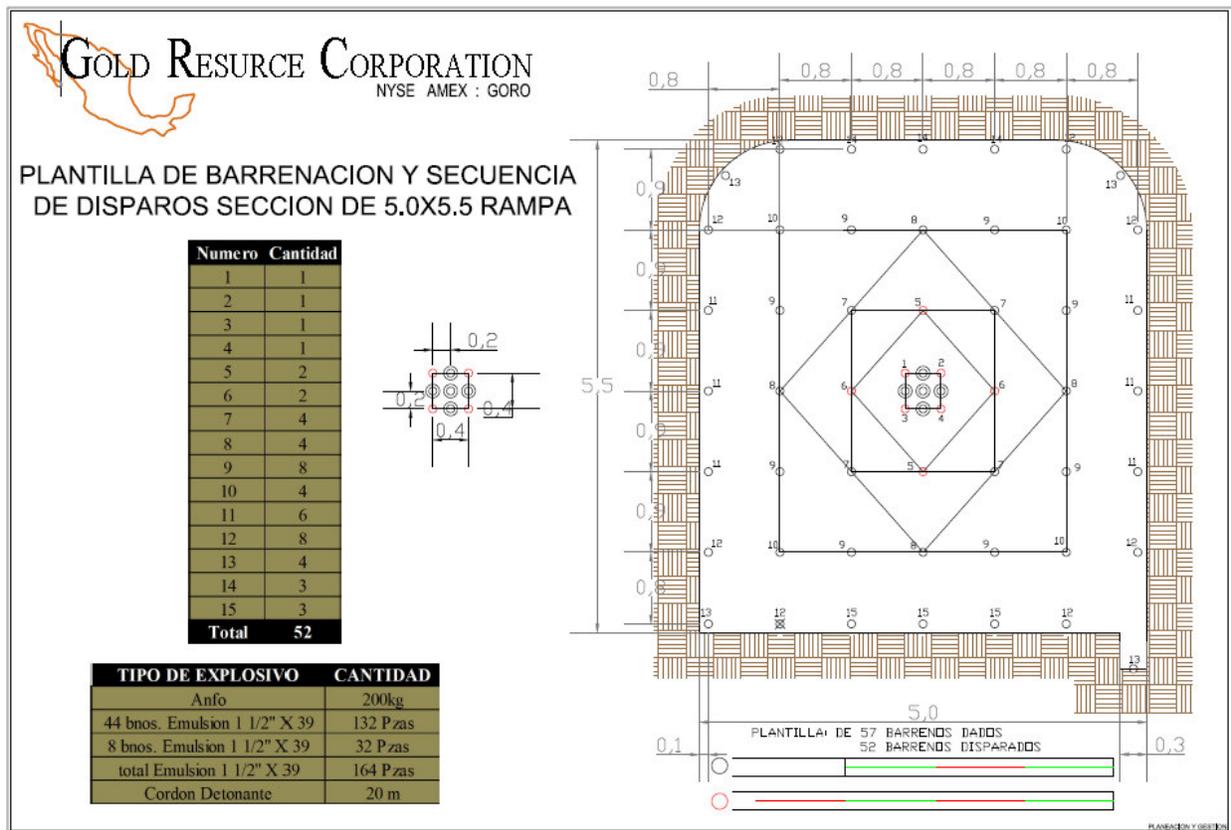


Figura 14. Ejemplo de plantilla diseñada para dar una sección de 5.0 x 5.5 m para la rampa

Así mismo, las plantillas de barrenación que se diseñaron para las secciones y por las cuales pudiera transitar el equipo de acarreo, se presenta en las Figuras 13 y 14.

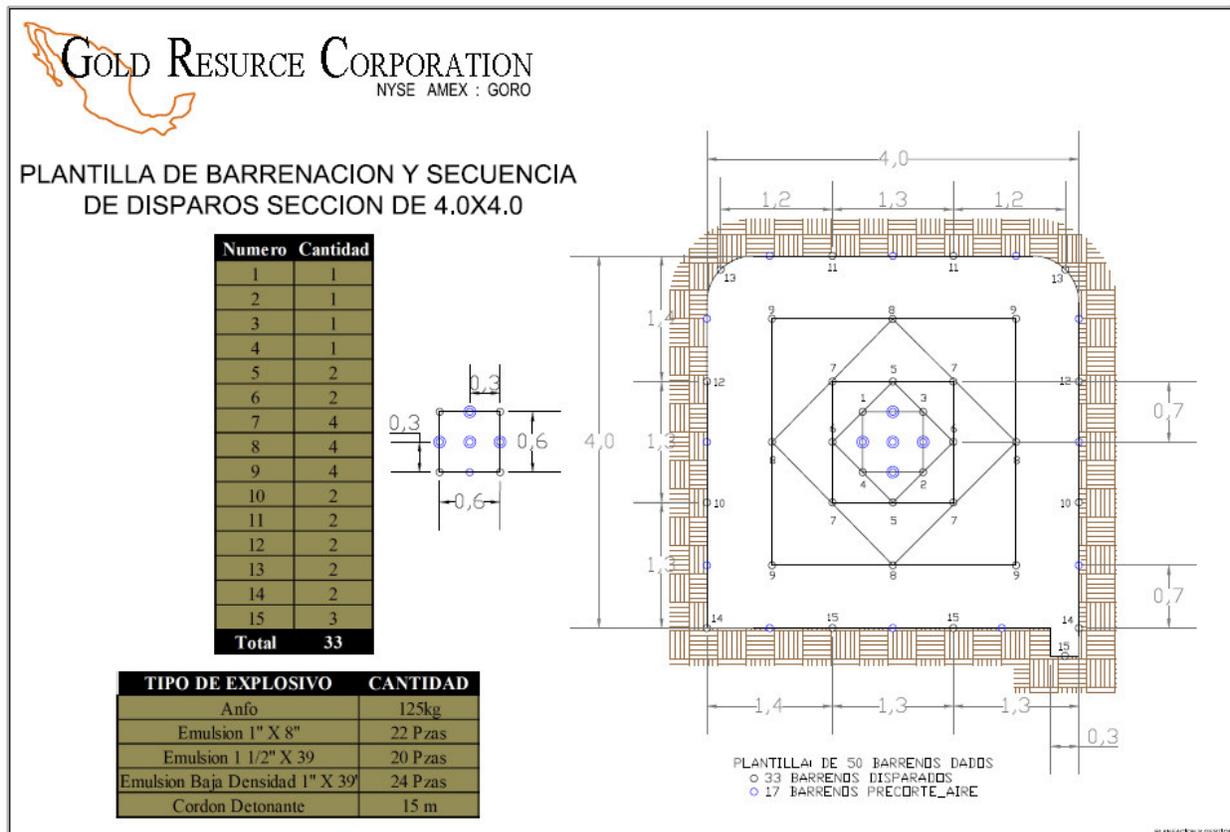


Figura 15. Ejemplo de plantilla diseñada para dar una sección de 4.0 x 4.0 m para tuneleo y frentes (drift).

La segunda plantilla básica (4.0 x4.0 m), fue diseñada para todo tipo de desarrollo en CAPEX y OPEX, su función básica es economizar en las excavaciones y tiene tamaño suficiente para que en ella pueda dar cabida a cualquier equipo como scooptrams y jumbos. Es para tuneleo (drift), frentes, accesos, cargaderos, áreas especiales, así como plantas de energía, alojamiento de contrapozos, entre otros.

3.9. Drenaje

El drenaje fue planeado para bajar hasta el fondo de la mina y en el fondo solo se colocó un equipo de bombeo (920), posteriormente cuando se incrementó la profundidad fue colocada una nueva estación de bombeo en el nivel 700. Comunicando el drenado del agua a través de los contrapozos y barrenos; el agua existente es mayoritariamente de la operación

minera; ya que debido a que el manto freático era abundante, se planeó crear un cono de abatimiento para evitar en el área de la mina la presencia de agua; para lo cual se planearon y perforaron 4 pozos de 4" alrededor de la mina con equipo de bombeo cada uno y se bombeo el agua al arroyo que pasaba a través de las inmediaciones de la mina, para que lo absorbiera el subsuelo, se calculó que por lo menos el 60% regresaba al subsuelo, y un 30% se evaporaba, esta agua no era usada para proceso de planta. Por lo anterior se logró el objetivo, de mantener la mina seca, al menos de agua del manto freatico. En la mina Klondike se tuvo un incidente; ocurrió un corte en el suministro de energía y se inundó la mina.

Cabe mencionar que cada mina tiene su propia zona de accesos y servicios, teniéndolos alineados para ahorrar costos, ya que de esta manera solo se requerirán 2 contrapozos por mina.

Capítulo 4. Responsabilidades del planeador

Una vez que se revisó el proceso de planeación en un proyecto minero, se comentará sobre las responsabilidades del planador; hacer un proyecto minero, implica trabajo tanto en planos, como en números (cálculos), se debe planear cada detalle técnico, costos, procedimientos, tiempos, agua, explosivos, acarreos, electricidad, bombeos, acero de barrenación, soporte, costos horarios, uso de maquinaria y personal, todo lo cual está plasmado en el archivo Excel adjunto y en el Anexo A), esto es para dar validez al proyecto y saber cuánto dinero se debe incluir en el desarrollo minero para llevarlo a cabo, estamos hablando principalmente de costos directos, los costos indirectos deberán ser realizados por la gerencia en conjunto con todos los departamentos de la mina como son: geología, mina, planta, capacitación, contabilidad, planeación, seguridad, cocina y dormitorios, así como la gerencia misma. Los costos indirectos, como ya sabemos no son costos directos de la producción sino costos adicionales a la misma.

Otra responsabilidad del planeador minero es plasmar todas éstas actividades en el tiempo y llevar control de los retrasos, generalmente son retrasos, no avance adicional; y la causa principal son los detalles técnicos encontrados a lo largo del desarrollo de mina.

Se hará un plan general de mina en base al LOM (vida de la mina), a través de este LOM se harán ajustes en planes anuales, sexenales, trimestrales, mensuales y semanales. El planeador de largo plazo se hace cargo de todos estos planes, excepto de los dos últimos, estos los efectuará un planeador de corto plazo en coordinación con el superintendente y el gerente de planeación. Se efectuarán cambios cuando se requiera y la finalidad es poder observar cuanto tiempo se alargará el proceso de minado con respecto al plan original, el superintendente será el responsable de hacer este reporte estimativo con las actualizaciones de topografía y planeación a corto plazo y reportará cuánto tiempo más es requerido y el costo estimado de dicha extensión en tiempo.

4.1. Planeación a largo plazo

En esta planeación se estimarán todos los conceptos posibles necesarios para el proyecto de minado, incluyendo aparte del minado los insumos necesarios como longitud de manguera, cable, aire, explosivo, combustible, soporte, en fin todos los insumos que se necesitarán y se reportarán al superintendente, quien los clasificará y reportará al gerente de planeación y a su vez al gerente general para que éste prevea las partidas del dinero necesario y de ningún modo se interrumpa la producción, manteniendo un resguardo básico mínimo y máximo (stock) para que contabilidad y compras se encargue de la adquisición de estos conceptos en tiempo y forma.

Tabla 7: Ejemplo de la planeación por año numéricamente.

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Copia de GRAL de Lom2011_Mercedes_Rev_3_Caso Budget_140_2012.xlsx - Excel'. The spreadsheet is a long-term planning table for 'CAF2' from 2011 to 2019. The table lists various items like Mercedes, CAF1, CAF2, CAF3, CAF4, CAF5, CAF6, CAF7, CAF8, CAF9, CAF10, CAF11, CAF12, CAF13, CAF14, CAF15, CAF16, CAF17, CAF18, CAF19, CAF20, CAF21, CAF22, CAF23, CAF24, CAF25, CAF26, CAF27, CAF28, CAF29, CAF30, CAF31, CAF32, CAF33, CAF34, CAF35, CAF36, CAF37, CAF38, CAF39, CAF40, CAF41, CAF42, CAF43, CAF44, CAF45, CAF46, CAF47, CAF48, CAF49, CAF50, CAF51, CAF52, CAF53, CAF54, CAF55, CAF56, CAF57, CAF58, CAF59, CAF60, CAF61, CAF62, CAF63, CAF64, CAF65, CAF66, CAF67, CAF68, CAF69, CAF70, CAF71, CAF72, CAF73, CAF74, CAF75, CAF76, CAF77, CAF78, CAF79, CAF80, CAF81, CAF82, CAF83, CAF84, CAF85, CAF86, CAF87, CAF88, CAF89, CAF90, CAF91, CAF92, CAF93, CAF94, CAF95, CAF96, CAF97, CAF98, CAF99, CAF100. The columns represent years from 2011 to 2019. The spreadsheet includes a ribbon with various tabs like ARCHIVO, INICIO, INSERTAR, DISEÑO DE PÁGINA, FÓRMULAS, DATOS, REVISAR, VISTA, and a task pane on the right with options like Cortar, Copiar, Pegar, etc.

Reservas Desarrolladas

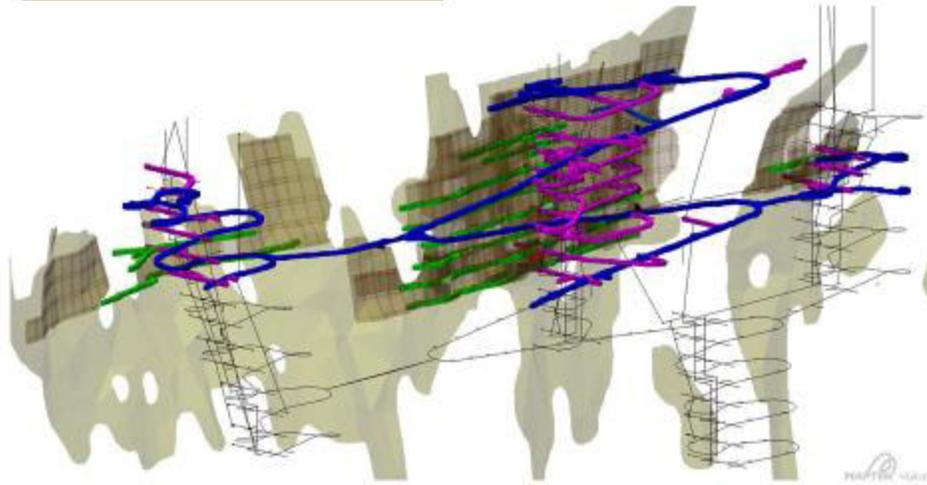


Figura 16. Ejemplo de la planeación por año gráficamente. Se muestra en verde las reservas preparadas y en gris las reservas sin preparar, aquí se aprecian en conjunto el CAPEX y el OPEX.

4.2. Planeación a corto plazo

El planeador a corto plazo, basándose en los requerimientos de producción a largo plazo y de la realidad de producción (generalmente atrasada), crea un plan de acción de corto plazo, el cual es modificado semana con semana y mes con mes para evitar en lo posible que la obra se retrase. Estos retrasos son normales ya que la producción está sujeta a muchos imponderables como caídos, disponibilidad del equipo, disponibilidad de personal, cambios en los estimados por la explotación contra lo real; como vetas más anchas o más delgadas (potencia) y se deberá detectar estos cambios e incluirlos en el plan de corto plazo. Por lo anterior, se deberá hacer constantes visitas a mina y verificar los procesos que se llevan, la carga, el acarreo y proponer en su caso cambios a los procesos más adecuados para mejorarlos. Como un ejemplo de cambio a corto plazo se propuso, que la carga de explosivo en los barrenos para avance en las frentes de desarrollo se usara únicamente alto explosivo, ya que el proceso normal de voladura con AN/FO, requería de mucho tiempo para ventilar y el alto explosivo, deja muy poco monóxido, evitando el tiempo requerido para ventilar, cuando dejé la mina aún estaba en proceso de autorización, es una técnica usada en otros países, pero en

nuestro país aún no se usa porque resulta más caro pero mejoran los tiempos de operación reduciendo costos y reduciendo el peligro de un envenenamiento por gases tóxicos, cuando en el tope de la frente la ventilación no es buena. Esto ocurre cuando la obra se aleja de la punta de ventilación y es necesario dejar mucho tiempo para que se ventile el lugar, esta situación se vio principalmente en la frente de la rampa.

Tabla 8: Ejemplo de la planeación a corto plazo de un año.

	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB
7 L&M	3355512	3355600	3355489	3355477	3355466	3355454	3355443	3355431	3355420	3355408	3355397	3355385	3355374	3355362	3355351	3355340	3355328	3355317	3355306	3355294	3355282	3355271	3355259
50	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC
51												65	66	67	68	69	70	71	72				
52												2	1	2			2	2					
53 1000BE												158	4,839	3,512	5,969	4,356	4,183	4,898	3,993				
54												637	2,455	1,996	3,024	2,377	2,284	2,487	2,009				
55												3.5	4.9	7.1	6.5	3.8	3.3	3.2	3.5				
56												49.8	52.4	68.7	51.8	71.2	100.2	81.3	68.8				
57												553	23,796	24,836	38,699	16,495	13,875	15,549	14,143				
58												7,875	253,457	241,420	308,980	310,256	419,241	398,222	274,660				
59												72	75	74	73	72	71	70	69				
60												1	2	2	2	1	1	2	2				
61 1040DR												1,394	1,103	1,318	1,348	1,395	1,344	1,120	868	805	417		
62												2.4	4.9	5.0	6.9	3.5	3.5	4.1	8.2	7.3	4.6		
63												47.0	59.5	53.4	49.3	58.8	80.3	75.3	83.5	74.4	38.3		
64												3,373	5,351	6,650	9,273	4,835	4,665	4,647	7,097	5,904	1,910		
65												64,975	65,684	70,386	66,459	82,015	107,935	84,392	72,523	59,893	15,951		
66												61	62	63	64	65	66	67	68	69	70		
67												1	2	1	2			2	2				
68 1040BE												178	2,492	3,091	4,303	4,427	4,109	3,335	4,284	4,309	2,217		
69												649	1,428	1,613	2,356	2,394	2,081	1,844	2,152	2,128	1,099		
70												4.5	4.1	6.1	6.1	4.9	5.1	4.9	8.1	6.0	2.5		
71												70.2	71.9	68.7	60.8	70.0	92.7	80.1	88.7	81.4	31.5		
72												793	10,139	18,753	26,382	21,709	20,791	16,220	34,604	25,792	5,479		
73												12,491	179,141	212,276	261,489	309,997	380,963	267,176	379,957	350,836	69,870		
74												70	69	68	67	66	65	64	63	62	61		
75												1	1	1	1	1	1	2	2	2	1		
76 1020DR												1,393	963	813	1,398	1,367	926	1,129	925	840	443		
77												3.6	2.7	4.9	4.9	5.6	7.0	3.7	5.8	4.6	2.4		
78												74.1	69.8	61.0	47.3	65.9	126.1	79.3	88.1	89.8	47.8		
79												5,010	2,561	4,024	6,810	7,970	6,468	4,140	5,368	3,980	1,041		



YAMANA GOLD

INGENIERIA Y PLANEACION
PLAN DESARROLLO Y PRODUCCION
SEMANA 4 MARZO 2012
(días 22 al 28)

Resultados 1 al 20 marzo CDO-CBA-BRH

Resultados Marzo 2012 CORONA DE ORO (Metros)			
AVANCE UNDERGROUND		UMA	%
Avances Operacionales			
Avance	m	52	75.0
Costo	m	245.9	261.3
Total Av. Operacionales (E)	m	345.9	334.8
Costo	m	12.1	10.2
Avances de Capital			
Desarrollo (E)	m	199.0	196.1
Costo	m	10.0	12.8
AVANCE TOTAL			
Total Avances (E)	m	544.9	530.9
Costo	m	22.1	23.0
US Mine Development			
		TOTAL RECONSTRUIDO AL DIA	Plan Operacional
Continuo	m	311.3	303.9
Temporal	m	233.0	191.9
Subteraneo	m	144.0	175.1
Master Drilling	m	35.2	50.1
TOTAL	m	423.5	320.0
Resultados UG CORONA DE ORO (CO, BM y CB)			
Produccion		UMA	%
UNDERGROUND			
Mineral (E)	ton	14,738	33,844
Mineral (C)	ton	1,218	2,318
Mineral (B)	ton	72	44.92
Total Mineral (E)	ton	16,028	36,610

Plan mantenimiento Yamana

Equipo	Modelo	Marca	Operador	Estado	Fecha de Inicio	Fecha de Fin	Horas de Trabajo	Observaciones
Excavadora	300	Case	...	...	...	...	...	...
Tractor	200	John Deere	...	...	...	...	...	...
Camion	100	Volvo	...	...	...	...	...	...

Produccion programada semana 4 marzo

CONTRATO	CONCRETO	ORIGEN	DES. PLAN	AGUÍ	AGUÍ	AGUÍ
Alcan 1000	U	2	102.40	1.47	18.8	3.85
Alcan 1000	U	2	102.40	1.47	18.8	3.85
Alcan 1000	U	3	300.00	1.47	41.3	8.49
Alcan 1000	U	3	300.00	1.47	41.3	8.49
Alcan 1000	U	3	400.00	2.37	56.3	11.61
Alcan 1000	U	3	400.00	2.37	56.3	11.61
Alcan 1000	E	2	204.72	8.48	121.1	25.23
Alcan 1000	E	2	204.72	8.48	121.1	25.23
Alcan 1000	E	3	339.17	2.33	33.8	7.08
Alcan 1000	E	3	339.17	2.33	33.8	7.08
Alcan 1000	E	3	240.00	4.30	58.2	12.21
Alcan 1000	E	3	240.00	4.30	58.2	12.21
Alcan 1000	E	3	340.00	8.79	109.9	23.07
Alcan 1000	E	3	340.00	8.79	109.9	23.07
TOTAL			1,900.00	13.07	187	40.0

Figura 17. Ejemplo 1 de plan mensual y semanal, corto plazo

CORONA DE ORO

- RIPA CORONA DE ORO
- RANCHA 920-880
- NIVEL 1060
- NIVEL 1020
- NIVEL 1000
- NIVEL 980
- NIVEL 960
- NIVEL 940
- NIVEL 920

■ Corrimiento
■ 1° avance desarrollo
■ 2° avance desarrollo
■ 3° avance desarrollo

En esta semana se iniciaron los trabajos de barrenacion de los bloques sur 940-920, la atencion a estos lugares es prioritaria.

RANCHA 920-910

CORONA DE ORO NIVEL 1060

CORONA DE ORO NIVEL 1040 N

CORONA DE ORO NIVEL 1040 S

CORONA DE ORO NIVELES 1020N

CORONA DE ORO NIVEL 1000

Plan semana 4 marzo 2012 Desarrollo recuperacion 4° fin

Plan semana 4 marzo 2012 Desarrollo

Plan semana 4 marzo 2012 Desbordes

Concreto	Letra	Origen	Des. Plan	AGUÍ	AGUÍ	AGUÍ
100000	U	2	102.40	1.47	18.8	3.85
100000	W	2	102.40	1.47	18.8	3.85
100000	U	3	300.00	1.47	41.3	8.49
100000	W	3	300.00	1.47	41.3	8.49
100000	U	3	400.00	2.37	56.3	11.61
100000	W	3	400.00	2.37	56.3	11.61
100000	E	2	204.72	8.48	121.1	25.23
100000	W	2	204.72	8.48	121.1	25.23
100000	E	3	339.17	2.33	33.8	7.08
100000	W	3	339.17	2.33	33.8	7.08
100000	E	3	240.00	4.30	58.2	12.21
100000	W	3	240.00	4.30	58.2	12.21
100000	E	3	340.00	8.79	109.9	23.07
100000	W	3	340.00	8.79	109.9	23.07

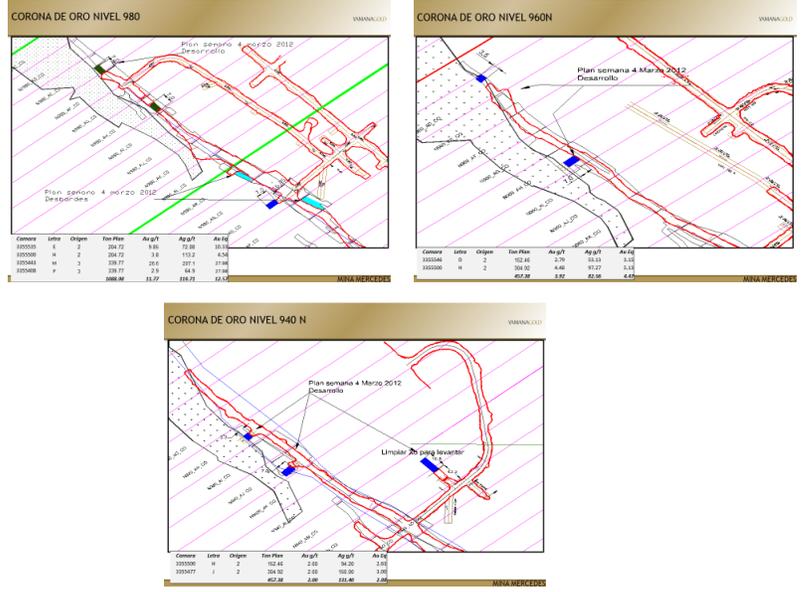


Figura 18. Ejemplo 2 de plan mensual y semanal, corto plazo

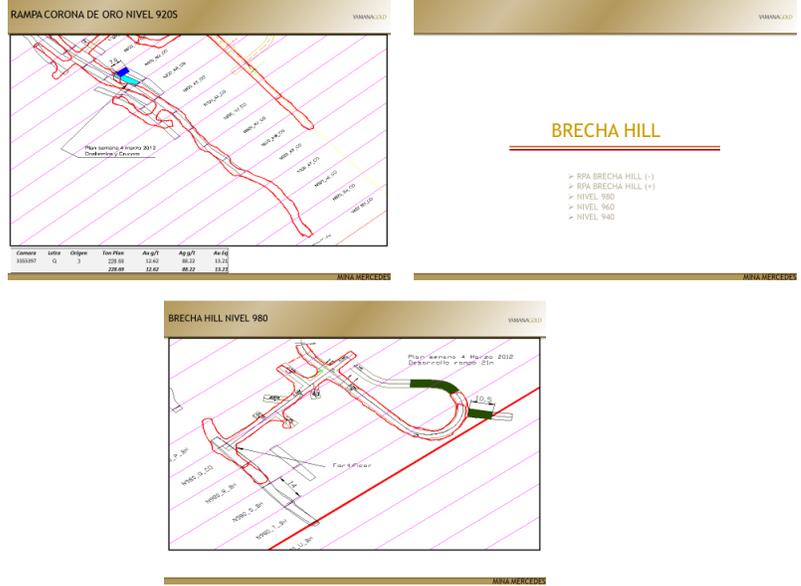
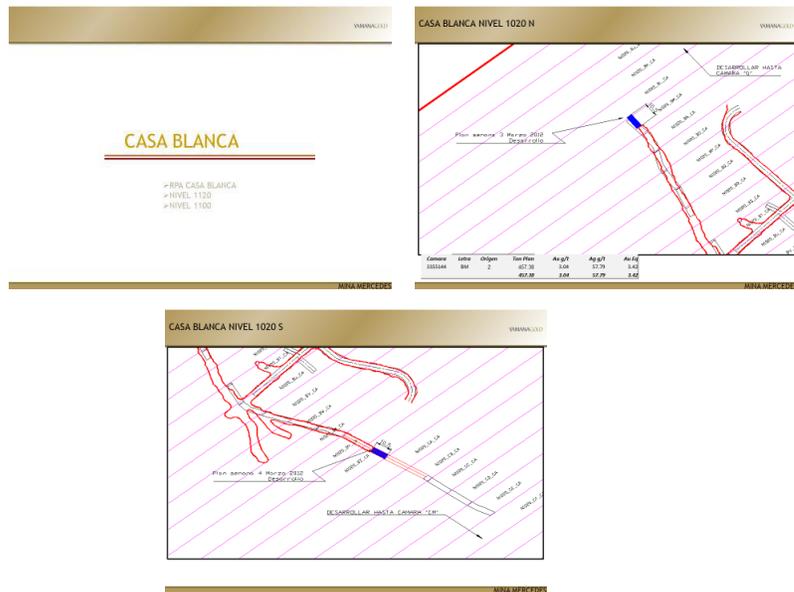




Figura 19. Ejemplo 3 de plan mensual y semanal, corto plazo



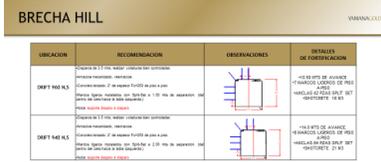
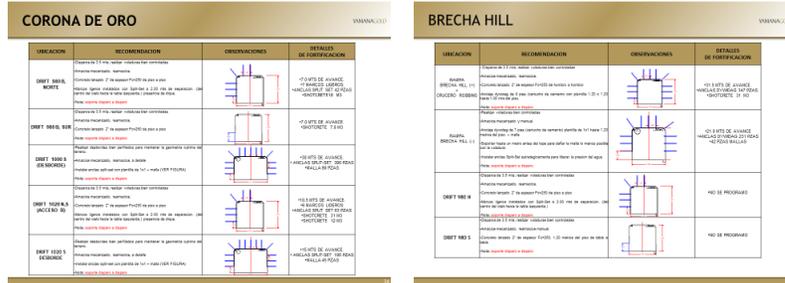


Figura 21. Ejemplo 5 de plan mensual y semanal, corto plazo

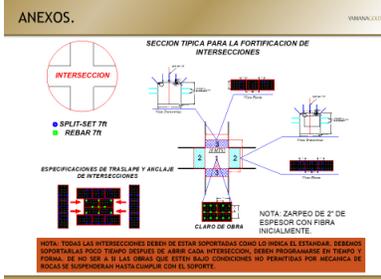
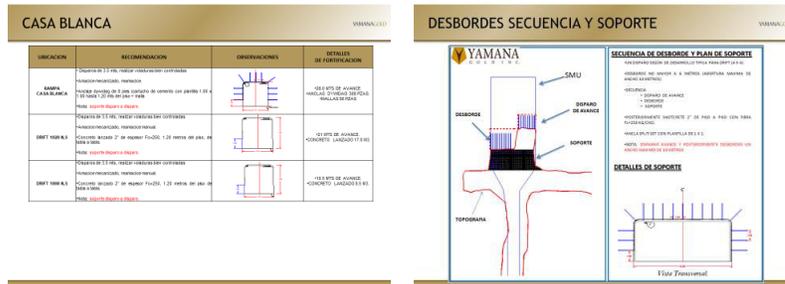


Figura 22. Ejemplo 6 de plan mensual y semanal, corto plazo

Otra función del planeador, tanto de corto plazo, como de largo plazo es proponer soluciones a los distintos problemas que se presentan. Como ejemplo, una experiencia en éste sentido que tuve, fue que cuando llegué al proyecto Mercedes en la frente de la Rampa Principal (CDO), se presentaron una serie de fallas paralelas, y al llegar a la primera se provocó un caído que indujo a un mes de retraso, no decidían solución, entonces propuse una

alternativa en coordinación con mi jefe, sugerí otra rampa desviando el curso de la inicial Rampa Principal (CDO) para no preocuparnos de las fallas que se seguirían encontrando más adelante.

Se autorizó la solución y fue llevada a cabo una nueva rampa de servicio alejada de la Rampa Principal de (CDO) que se llamó Rampa Central y que sirvió muchísimo ya que cuando por fin fue recuperada la Rampa Principal original CDO siguió su curso y se encontró con la Rampa Central en el nivel 700 y se usaban las dos rampas simultáneamente, mejorando el transporte al interior de la mina; la Rampa Central era usada de bajada y la Rampa Principal (CDO) era usada de subida. Fue una gran solución aceptada hasta en el corporativo en Chile.

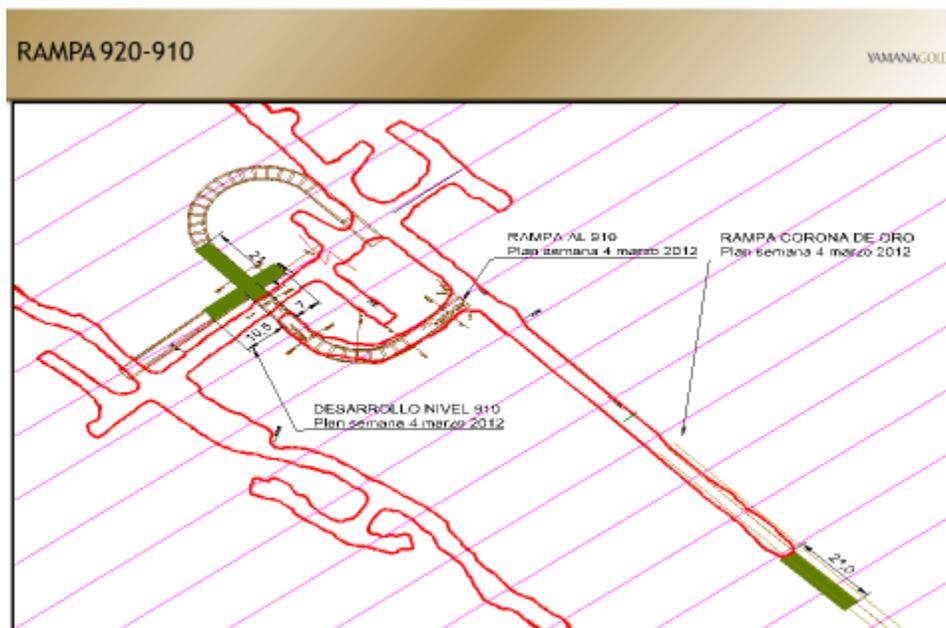


Figura 23. Mina Mercedes. Ejemplo de la Rampa Central, en sus inicios.

En opinión personal, el recuperar la rampa principal causó muchos inconvenientes y costo adicional; en la mina se propuso rellenar con concreto la falla y tapiarla, luego así se hizo pero el costo fue muy alto, cerca de 300 metros cúbicos de concreto de $F'c=100 \text{ kg/cm}^2$, esto además de que se puso en riesgo al personal que tuvo que acceder al hueco para colocar el acero de refuerzo requerido. Además de lo anterior, el resto de la Rampa Principal fue soportada en su totalidad con concreto lanzado (shotcrete), anclas y enmallado, mientras que en la Rampa Central solo se usaron anclas para mayor seguridad.

Una función más del planeador es el control de la topografía en general: rumbos, niveles, curvaturas de obras, control de la sobre-excavación y sub-excavación; es decir verificar que todo el laboreo de la mina se haga dentro de las especificaciones.

Los niveles siempre fueron un problema para la mina ya que no había personal idóneo o capacitado y ocurrió en distintas ocasiones que la rampa no tenía la pendiente adecuada y las frentes (drifts) tenían desniveles no deseados que provocaban grandes encharcamientos de agua. En ésta función como planeador, fue proponer un plan para que los pisos fuesen controlados día a día, resultando un éxito, habiéndose reducido los costos y teniendo mejor calidad las obras.

Las curvaturas de las obras son muy importantes, ya que los camiones requieren de un grado mínimo de curvatura para que puedan circular y si la curva es muy corta provocará que el operador del camión tenga que hacer maniobras adicionales para poder subir o bajar.

La sobre-excavación lamentablemente también fue otro problema ya que en la roca se producía intemperización y provocaba que la voladura excavara volumen adicional al requerido en la sección base proyectada; era necesario el control de los barrenos, cerrarlos un poco más y controlar la cantidad de explosivo. Finalmente, éste objetivo fue logrado mediante el control y supervisión cercana a la gente de operación.

4.3. Superintendente de planeación

Su principal función es coordinar todos los procesos, tanto de largo plazo como de corto plazo y hacer conciliación con esto generando reportes como el SOX que es el reporte de fin de mes, de producción y que la gerencia en base a este reporte sabe cuántas onzas se han producido y el cálculo de costo por metro cúbico o tonelada de excavación para saber si se está cumpliendo con el control de costos. En otro aspecto, es el encargado también de que exista comunicación dinámica entre los departamentos de mina, geología y planeación. Ayudando a que los planes sean certeros y existan en lo posible la menor cantidad de cambios posibles del plan a largo plazo. Es importante hacer notar que el superintendente es la autoridad principal de la operación en la mina; su función es para ejecutar y planear los trabajos de la mina y para decir que se debe hacer.



YAMANAGOLD

Gerencia Mina
22 - Feb - 2012

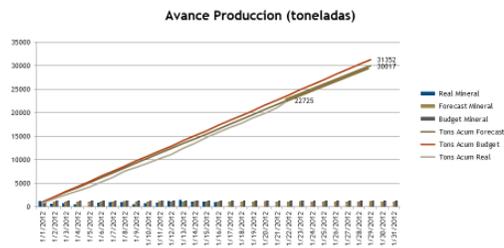
Movimiento Mina (al 22 de Febrero)

YMANAGOLD

Mina	Unit	TOTAL ACUMULADO AL DIA 22			
		Real	Budget	Forecast	% cumplim r/Budget
Mineral UG (1)	ton	22,725	22,290	22,771	102%
Ley Au (UG)	gpt	4.4	5.2	5.0	86%
Ley Ag (UG)	gpt	69.38	59.40	70.12	117%
tpd Mineral UG	tpd	1,033	1,011	1,018	102%
Est. Accesos	ton	100	100	3,115	100%
Est. Drift	ton	1,585	3,017	2,415	53%
Total Est. Operacional UG (2)	ton	1,181	-	5,730	
Marginal UG (1)	ton	2,770	3017.1	0	92%
REM Operacional UG (2)-(3) / (1)		0	0	0.2	0%
		0.1	0.1		90%
Est. Desarrollos Capital UG (4)	ton			10,126	
Total esteril UG (2)-(4)	ton	30,163	16,241	15,877	63%
MOVIMIENTO TOTAL UG (1)+(2)+(3)+(4)	ton	12,934	19,256	45,880	67%
tpd TOTAL	tpd	35,659	41,908	1582	86%
REM UG TOTAL (2)+(3)+(4) / (1)		1,621	1,887	0.5	86%

Gráfico Produccion Mineral

YMANAGOLD



Avances Horizontales Mina (al 22 de Febrero)

YMANAGOLD

AVANCE MINA	Unit	TOTAL ACUMULADO AL DIA			
		Real	Budget	Forecast	% cumplim r/Budget
Avances Operacionales					
Accesos	m	40.0	75.9	78	53%
Drift waste	m	28.0		50	
Drift	m	470.3	459.2	629	102%
Total Av. Operacionales (5)	m	538.3	535.1	757	101%
	m/día	24.5	24.3	26	101%
Avances de Capital					
Desarrollos Hz (6)	m	255.8	408.8	270	63%
	m/día	11.6	18.6	9	63%
AVANCES TOTALES					
Total Avances Hz (5)+(6)	m	794.1	943.9	1027	84%
	m/día	36.1	42.9	35	84%

Gráfico Avances Hz y VZ (al 22 de Febrero)

YMANAGOLD

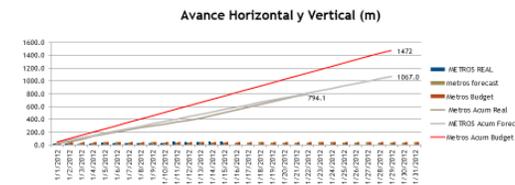
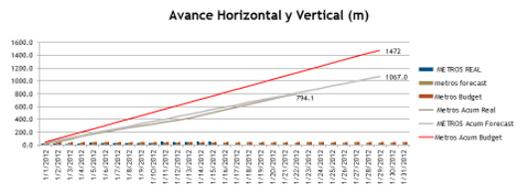


Gráfico Avances Hz y VZ (al 22 de Febrero)

YMANAGOLD



**

Grafico Avances Hz y VZ (al 22 de Febrero)

VMANA.COD

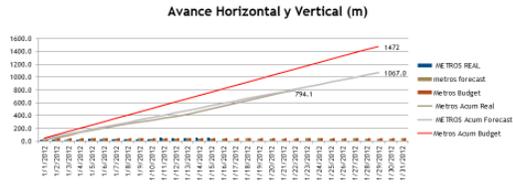
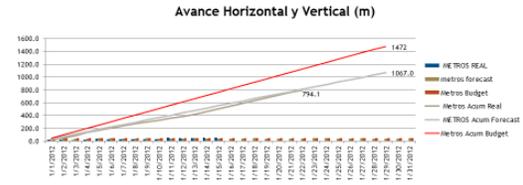


Grafico Avances Hz y VZ (al 22 de Febrero)

VMANA.COD

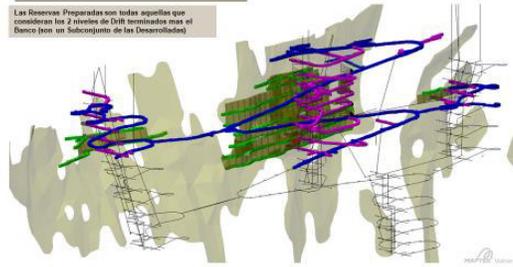


Periodo del 1 al 22 de Febrero de 2012

VMANA.COD

Reservas Preparadas

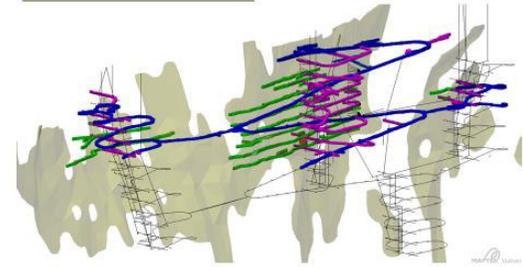
Las Reservas Preparadas son todas aquellas que consideran los 2 niveles de Drill terminados mas el Banco (son un Subconjunto de las Desarrolladas)



Periodo del 1 al 22 de Febrero de 2012

VMANA.COD

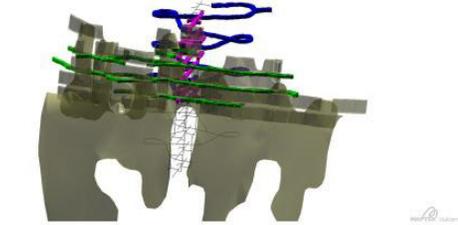
Reservas Barrenadas Disponibles 9100.0 Ton.



Periodo del 1 al 22 de Febrero de 2012

VMANA.COD

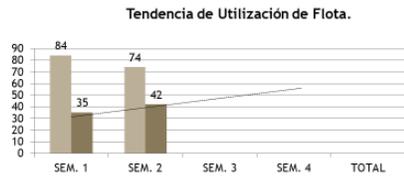
Reservas Desarrolladas



KPI'S Mantenimiento

VMANA.COD

DISPONIBILIDAD SEMANAL	Num. Equipos	DISPONIBILIDAD		UTILIZACION		TMEF (Hrs.)
		Real	Budget	Real	Budget	
CAMIONES	4	70	85	57	73	258
SCOOP-TRAM ST7 3.5 YD	2	93	78	33	81	32
SCOOP-TRAM ST1030 4 YD	3	90	78	43	81	63
JUMBOS L1C (HORIZONTAL DRILLS)	2	86	80	37	42	61
JUMBOS L2C (HORIZONTAL DRILLS)	1	56	80	12	42	96
SIMBAS M7C (VERTICAL DRILLS)	2	69	80	34	78	133
BOLTEC MC	2	40	80	37	78	123
TOTAL	16	74	80	42	68	767



94.5 % Complete.

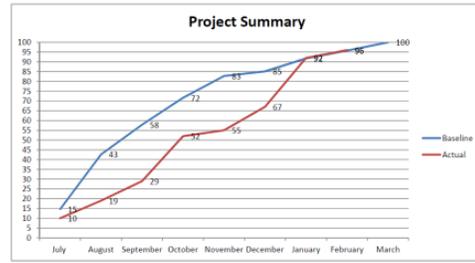


Figura 24. Ejemplo del reporte SOX mensual.

Capítulo 5.

Datos de entrada necesarios para el proceso de planeación

5.1. Largo plazo

En primer lugar tenemos que tener actualizado el LOM ya que este se va modificando según se incrementen las reservas o bien se recorten y necesitamos saber si el alcance de una frente (drift) se modificó o bien un rebaje (cámara) se elimina o adiciona. No se debe olvidar que el LOM es el primer parámetro de la planeación, generalmente sufre pocos cambios, pero es necesario estar enterados de sus movimientos para ajustar las metas a largo plazo; cuando sufre cambios grandes es porque se desfasó demasiado tiempo a todas o algunas de las partes y será necesario replantear el proyecto. Se revisa y recalcula integralmente todo el proyecto y se determina si es adecuado proceder o bien modificar por alguna necesidad. Es para plazos mayores a un año.

5.2. Mediano Plazo.

También se va a tener en cuenta el LOM pero en este caso se verán de forma más cercana los desfases en el desarrollo o producción y se modifican las metas hasta plazos desde un mes hasta un año, tomando en cuenta las metas, trimestrales y semestrales y anuales. Recordemos que el LOM está planteado en anualidades pero también está planteado en metas menores de un año. Las metas se establecen en el LOM anual de las cuales debemos estar pendientes y verificar que se cumplan, si no se cumplen debemos dar una amplia explicación por escrito y ver cuáles fueron las causas para no cumplir. Para este fin fue diseñado el reporte SOX, que nos indica las metas claramente y el avance que se lleva de estas.

Movimiento Mina (al 22 de Febrero)

YAMANA GOLD

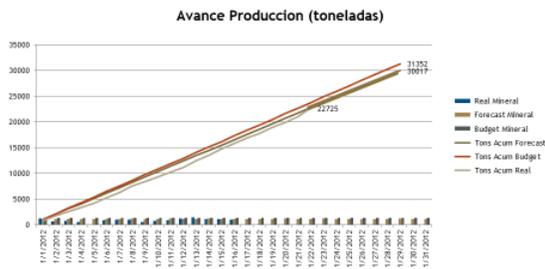
Mina	Unit	TOTAL ACUMULADO AL DIA 22			
		Real	Budget	Forecast	% cumplim r/Budget
Mineral UG (1)	ton	22,725	22,250	22,771	102%
Ley Au (UG)	gpt	4.4	5.2	5.0	86%
Ley Ag (UG)	gpt	69.38	59.40	70.12	117%
tpd Mineral UG	tpd	1,038	1,011	1,035	102%
Est. Accesos	ton	100	100	3,115	100%
Est. Drift	ton	1,589	3,017	2,615	53%
Total Est. Operacional UG (2)	ton	1,593	-	5,730	-
Marginal UG (3)	ton	2,770	3017.1	0	92%
REM Operacional UG (2)-(3) / (1)		-	0	0.2	0%
		0.1	0.1	-	50%
Est. Desarrollos- Capital UG (4)	ton	-	-	10,126	-
Total esteri UG (2)-(4)	ton	10,163	16,241	15,877	63%
MOVIMIENTO TOTAL UG(1)-(2)-(3)+(4)	ton	12,934	19,258	45,880	67%
tpd TOTAL	tpd	35,659	41,508	1502	86%
REM UG TOTAL (2)-(3)+(4) / (1)		1,621	1,887	0.3	86%

Gráfico Produccion Mineral

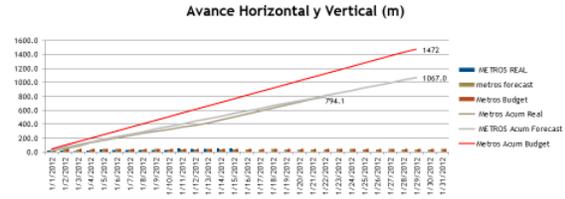
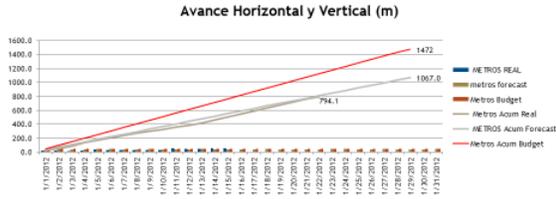
YAMANA GOLD

Avances Horizontales Mina (al 22 de Febrero)

YAMANA GOLD



AVANCE MINA	Unit	TOTAL ACUMULADO AL DIA			
		Real	Budget	Forecast	% cumplim r/Budget
Avances Operacionales					
Accesos	m	40.0	75.9	78	53%
Drift waste	m	28.0	-	50	-
Drift	m	470.3	459.2	629	102%
Total Av. Operacionales (5)	m	538.3	535.1	757	101%
mt/día	m/d	24.5	24.3	26	101%
Avances de Capital					
Desarrollos Hz (6)	m	255.8	408.8	270	63%
mt/día	m/d	11.6	18.6	9	63%
AVANCES TOTALES					
Total Avances Hz (5)+(6)	m	794.1	943.9	1027	84%
mt/día	m/d	36.1	42.9	35	84%



Analisis Desarrollos.

- Producción de Drift y desarrollos
 - Impacto en producción parte inferior de CDO por retraso de rampa principal producto de evento geotécnico.
 - Niveles 900, 880 y 860 tienen asociada producción en 2012, la cual será desfasada en 3 meses respecto al budget:
- Alternativas y contingencias: Casa Blanca y Breccia Hill (mejor ley) y nivel 910 en desarrollo
- Los desvíos se relacionan principalmente con la deficiente operación y mantenimiento de la flota propia y la falta de experiencia de los operadores contratados. También contribuyó una gestión reactiva de la adquisición de refacciones.

Figura 25 Figura que muestra la producción en el reporte SOX.

En este reporte del SOX se decidieron e hicieron las modificaciones respectivas al plan general de minado por contingencia de la rampa general principal (CDO) y cómo se resolverá para que no se vean desfasadas la cantidad de onzas que nos requieren los inversionistas, aunque en los desarrollos y producción se aprecia que vamos bien, no es el plan original y se proponen cambios a este plan para cumplir con las metas o indicadores clave del desempeño (KPIs).

5.3. Corto Plazo.

Esta es la parte en que más se trabaja, el planeador a corto plazo debe estar enterado de las metas planteadas por la gerencia en base al (LOM) y teniendo ésto siempre presente las contrastará con la medición topográfica y propondrá los ajustes necesarios para acercarnos al plan general, claro cuando esto sea posible ya que hay diferencias que son muy difícil de ajustar y deberá modificarse en el largo plazo.

Tal fue el caso de la rampa general o principal (CDO) que en términos reales se retrasó 6 meses, demasiado tiempo y fue necesario hacer modificaciones al LOM e incluir los trabajos de la nueva Rampa Central.

5.4. Topografía

La medición topográfica como se comentó anteriormente es básica, son los ojos de los planeadores, es crítico el que se cuente con una buena medición y buenos planos, para esto se tiene contratado un servicio topográfico externo, para que cheque los puntos base en la superficie y los traslade hasta el fondo de la rampa general, para evitar errores de medición y que la mina se encuentre exactamente ubicada en los planos. Se hace una triangulación entre los puntos de superficie, se verifican con la mojonera oficial de gobierno y posteriormente se va midiendo hasta el fondo de la mina. También estos trabajos son para verificar si hubo algún desplazamiento de alguno de los túneles de la mina y de la presa de jales, esto era debido a que es una zona de mucha actividad tectónica.

De día a día se debe tener actualizada la topografía, es vital, para ello se requiere del personal adecuado y del equipo apropiado, a mi llegada a la mina en 2011, se contaba con dos equipos para levantamientos topográficos marca Trimble S3 (ver Figura 25), los cuales no eran apropiados para este objetivo; eran muy lentos en su operación, así que propuse reemplazarlos por dos estaciones totales Trimble S6 (ver Figura 26).



Figura 26. Vista del equipo Trimble S3.

La diferencia consistía en que el S3 levantaba un punto cada 4 o 5 segundos, muy lento y el S6 levantaba un punto por segundo o menos, lo que permitía levantar cada hueco con detalle y muy rápidamente, teníamos muchos frentes y el tiempo era vital. Con el equipo tradicional S3 solo se levantaban pisos y tablas, lo que ocasionaba que se plasmara el levantamiento muy cuadrado (ver Figura 27). Y no se apreciaban los detalles. El equipo S3 era una estación manual con opción a robótica pero el equipo S6 incluye adelantos como mayor rapidez de proceso y auto nivelación, esto además de ser robótica; el hecho de que sea robótica hace que requiera de menos personal para operarla, así que con dos personas podían operar el equipo.

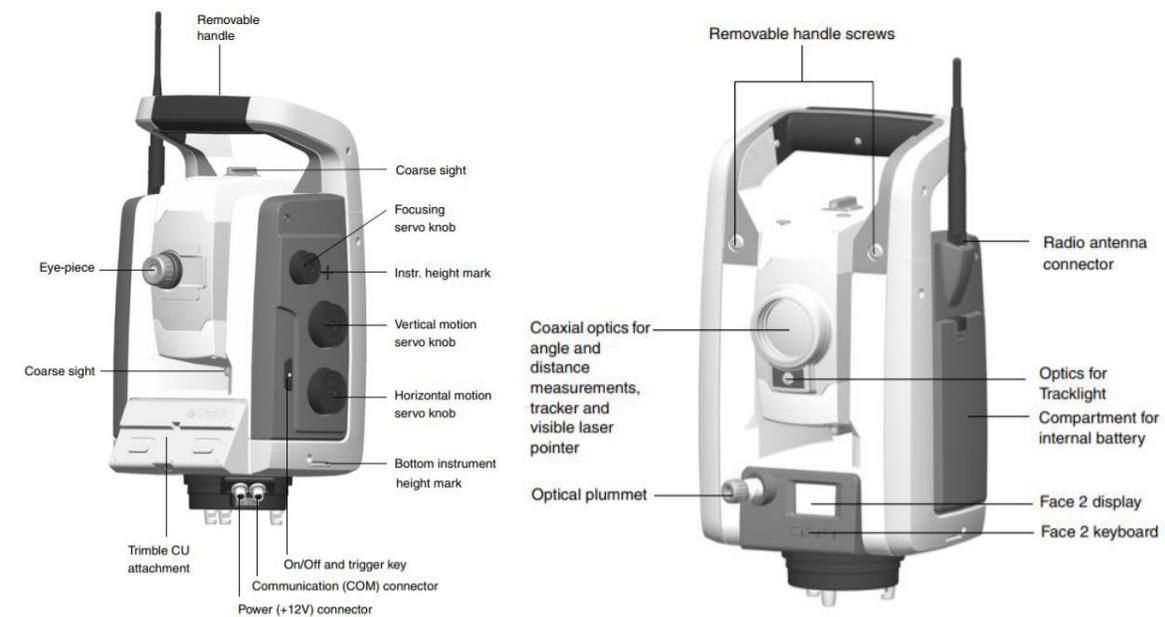


Figura 27. Vista del equipo Trimble S6.

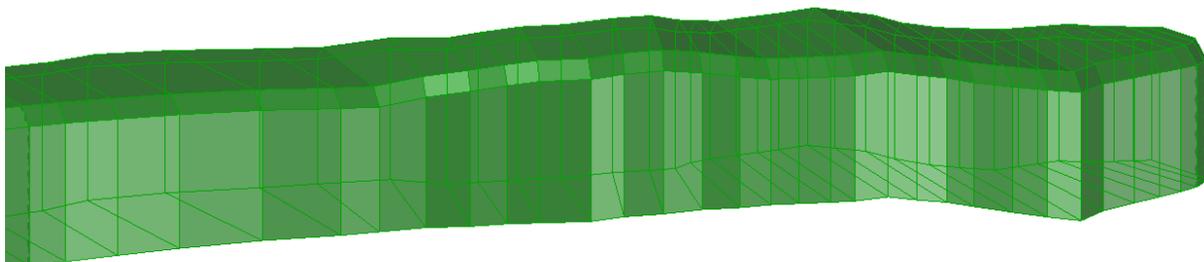


Figura 28. Frente (drift) levantada en forma tradicional y dibujada en computadora con estación Trimble S3.

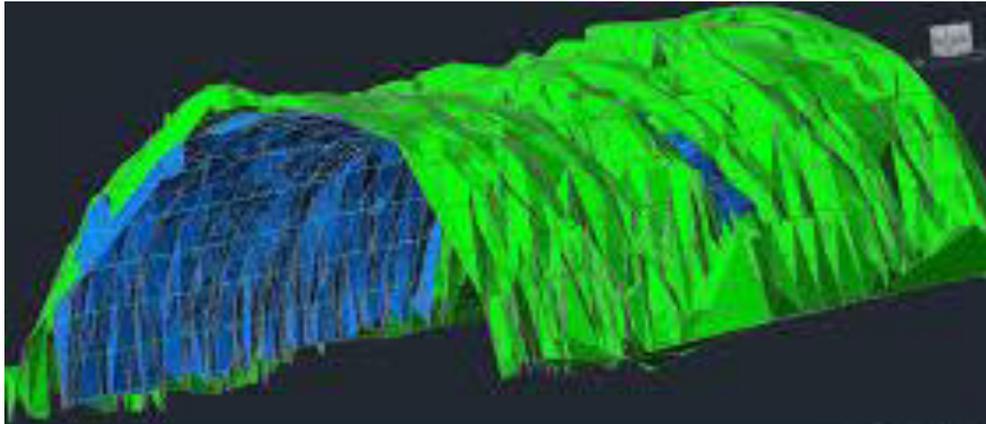


Figura 29. Frente (drift) levantada con la estación total Trimble S6.

Lamentablemente extravié la información del equipo Trimble S6 para poder contrastar la diferencia. Comenzamos a levantar toda la mina con el equipo S6 y la información de la mina estuvo más pronto y mejor detallada (ver Figura 28). Otra ventaja del equipo S6 era que bajaba directamente los levantamientos a computadora, trabajábamos todo en el programa especializado Vulcan, pero también podíamos ver el levantamiento en AutoCAD. Fue para la mina un gran avance modernizar los equipos de levantamiento topográfico.

Ya recopilada y levantada topográficamente toda la información se procedía a su captura en computadora y plasmarla en papel. Se proporcionaba a los planeadores toda la información numérica de los trabajos de mina, aparte de los planos respectivos generados por esa información así como los reportes pertinentes (ver Tabla 9).

Tabla 9: Imagen del control topográfico del mes de septiembre 2013.

 YAMANA GOLD Minera Meridian Minerale S. de RL. de CV.	REPORTE MES DE SEPTIEMBRE DEL 2013												
	PLAN MENSUAL	SEMANA #1 01 AL 07		SEMANA #2 DEL 08 AL 15		SEMANA #3 DEL 16 AL 21		SEMANA #4 DEL 22 AL 28		CIERRE DE MES DEL 29 AL 31		TOTALES	
		PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	TOTAL PLAN	TOTAL REAL
DRIFT SUR													
SILL WASTE													
TOTAL NIVEL				23.9		17.7		16.7					58.2
NIVEL 990													
CARGADEROS													
CARCAMOS													
BAHIAS ELECT.													
CRUCERO ROBINS													
CRUCEROS VARIOS													
DRIFT NORTE													
DRIFT SUR													
SILL WASTE													
TOTAL NIVEL								2.0					2.0
RAMPA BARRANCAS			6.1	4.3		5.8		5.5					21.6
CARCAMO			2.1	4.4									6.5
CRUCEROS VARIOS			13	2.1									3.4
CARGADERO RAMP BARRANCAS													
TOTAL NIVEL			9.5	10.8		5.8		5.5					31.5
TOTAL			9.5	81.4		81.0		99.4		9.1			280.2
TOTAL METROS COMINVI			18.8	15.0		17.8		34.9		4.6			73.6
TOTAL METROS YAMANA			52.8	42.5		45.6		47.9		4.5			193.2
TOTALES	PLAN	SEMANA #1		SEMANA #2		SEMANA #3		SEMANA #4		CIERRE DE MES		TOTALES	
DESARROLLO RAMPAS	MENSUAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL	PLAN	REAL
DESARROLLO EN NIVELES													
CARGADEROS			2.1		4.4				2.0		2.0		6.5
CARCAMOS													
ESCAPES			2.0										2.0
BAHIAS ELECT					1.4		1.6						
CRUCEROS VARIOS			1.3		2.1								3.4
DRIFT NORTE													

De los reportes proporcionados se sacaba la cantidad de metros desarrollados en el mes considerado y de los planos se obtenían los avances en metros y los volúmenes de obra en metros cúbicos para el contratista que era COMINVI. Los trabajos eran de puras obras en estéril (tepetate) y la empresa YAMANA era quien minaba el mineral. El mineral se media para saber cuánto era la producción y el estéril o tepetate se cuantificaba para saber la cantidad que se ponía de desperdicio en las tepetateras.

5.5. Equipos de monitoreo de cavidades (Cavity Monitoring System CMS)

Un primer aparato Teledyne Optech CMS, (ver Figura 29), se adquirió para medir las oquedades, ya que resultaba muy difícil medirlas con las estaciones totales Trimble y generaba inseguridad y riesgo para el operador del equipo ya que tenía que acercarse a la orilla para hacer el levantamiento lo cual estaba incluso prohibido por políticas de seguridad de la empresa. Se les proveía de equipo para evitar caídas (arnés), pero seguía siendo peligroso, así que cuando llegó a la empresa el equipo CMS de Optech fue un gran avance ya que tenía un

mástil de fibra de carbono que hacía al equipo ligero y solamente se deslizaba al hueco, sin acercarse nadie y de forma giratoria levantaba el hueco con miles de puntos, era posible definir la densidad de puntos, así que para uso cotidiano se decidió hacer los levantamientos con densidad media, para hacer más rápidos los levantamientos. Contaba con unas ruedas para hacerlo rodar lo más cerca posible al hueco (ver Figura 30).



Figura 30. Imagen del equipo Optech CMS que se usa para medir cavidades sin riesgo.



Figura 31. Operación del equipo Optech CMS. Observe que los mineros no se acercan al hueco.



Figura 32. Vista de un levantamiento con CMS y dibujado en computadora.



Figura 33. Vista de una frente (drift) recién hecha la voladura.

Era posible visualizar los resultados tanto en Vulcan como en Autocad. En Vulcan se visualizaba mejor ya que es un software especial para minas y es mucho más rápido para desplegar.

Con posterioridad fue adquirido otro equipo porque no era suficiente solo con el equipo Optech CMS pero ya no era de la empresa Optech; ahora era marca Geosight CMS (ver Figura 33). En la mina se tenían muchos huecos para levantar, el Optech CMS se usaba para las tres minas juntas Brecha Hill, Corona de Oro y Casa Blanca y el Geosight CMS era para levantar exclusivamente Klondike. Con estas adquisiciones se fue capaz de obtener rápidamente las mediciones de los metros cúbicos de los huecos con facilidad y seguridad (ver Figuras 34 y 35). El software Vulcan nos daba y mostraba su volumen; así esa medición era la que se reportaba; por supuesto primero se hacía una verificación del hueco haciendo que coincidiera con la topografía de las frentes (drifts).



Figura 34. Equipo Geosight CMS uno de los equipos para levantar en campo.

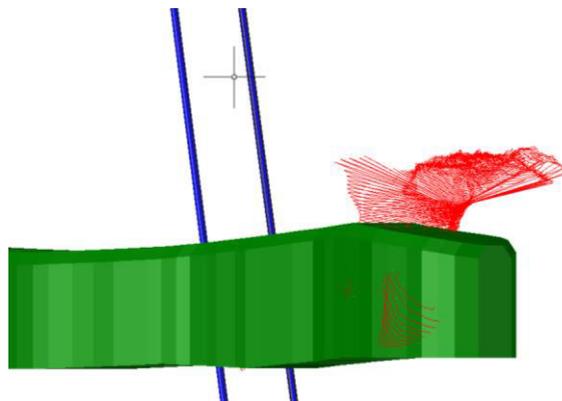


Figura 35. Vista de un caído levantado con Geosight CMS.

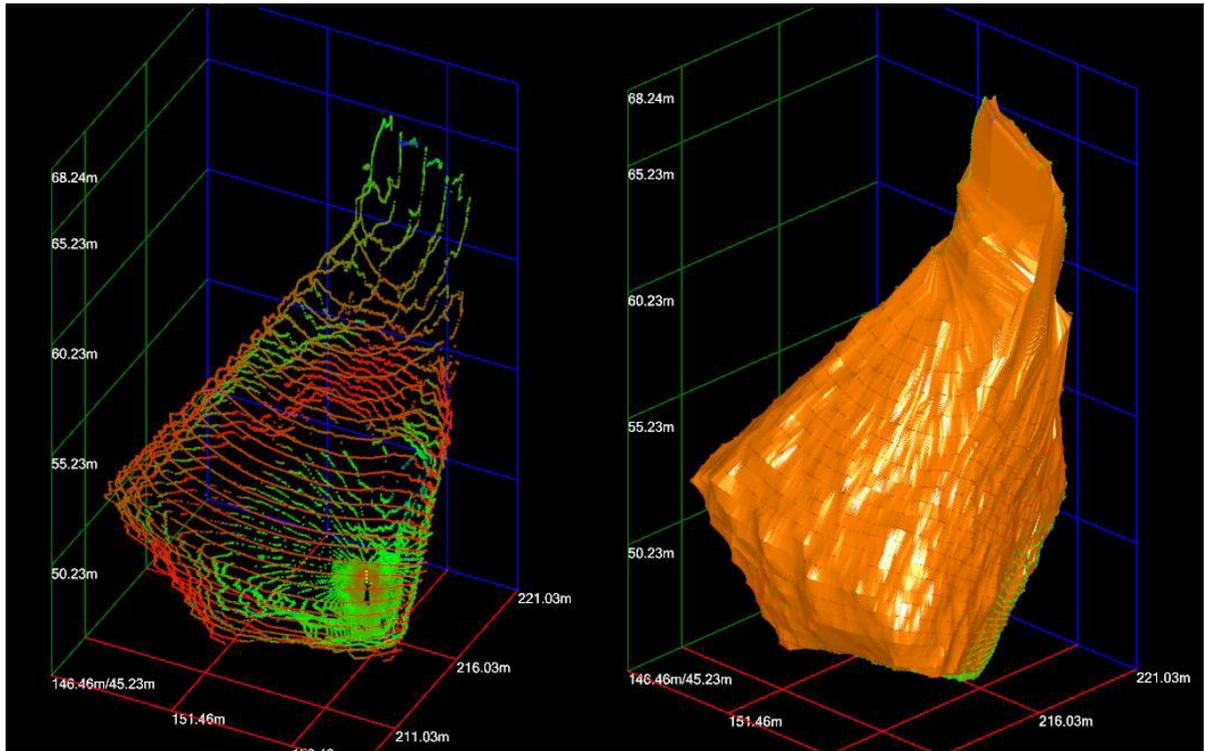


Figura 36. Ejemplo de un levantamiento con el CMS modelado por computadora.

Con éstos aparatos también era muy fácil medir la dilución ya que se comparaba el sólido esperado, medido por los contactos de la veta del alto al bajo, los cuales ya estaban capturados en la computadora contrastados con el hueco real generado por la voladura; la dilución esperada que se proyectó era del orden del 6%; sin embargo debido a los encharcamientos que se describieron con anterioridad, la dilución real u obtenida subía hasta el 20%, fue impracticable bajar esta tasa en ese tiempo.

5.6. Equipo para medición de perforación de barrenos REFLEX

Un equipo adicional que se usaba para medir cualquier tipo de perforación con barrenos tales como: exploración, producción o de servicio es el REFLEX; este equipo era muy útil para medir la dirección, inclinación y profundidad de los barrenos perforados y contrastarlo contra lo planeado; es decir detectar desviaciones.



Figura 37. Equipo de medición de perforación de barrenos REFLEX.

Para usarlo se introduce una barra que contiene el aparato orientador y un transmisor que llega hasta un controlador con software, aparato como una calculadora, que registra, profundidad y dirección, no es muy preciso ya que depende del magnetismo de la tierra y entre más profundidad varia la medición, pero nos acercaba al valor real y nos dábamos cuenta de la situación real del barreno, es especialmente útil para medir la barrenación larga; había barrenos que se desviaban al chocar con algún espejo de falla y era necesario analizar cómo se haría la voladura para que no resulte fallida.

Un caso que nos ocurrió fue el barreno desde la planta de pasta (Paste Plant), se alineó topográficamente con precisión, el objetivo era que llegara a un crucero a un lado de la rampa principal, desde la superficie, eran 180.27 metros. Resulto que fue saliendo al centro de la rampa principal o general (CDO) a pesar del control que llevamos, se usó en superficie el Trimble S6 y para controlar el rumbo y la inclinación del barreno se usó el Reflex, pero a pesar de las medidas de control hubo cerca de 4 metros de error a la salida, fue una fortuna que no hubiera nadie en la rampa en el momento de la salida del barreno (ver Figuras 37 y 38). Si se detectó desviación pero no se esperaba tan grande.

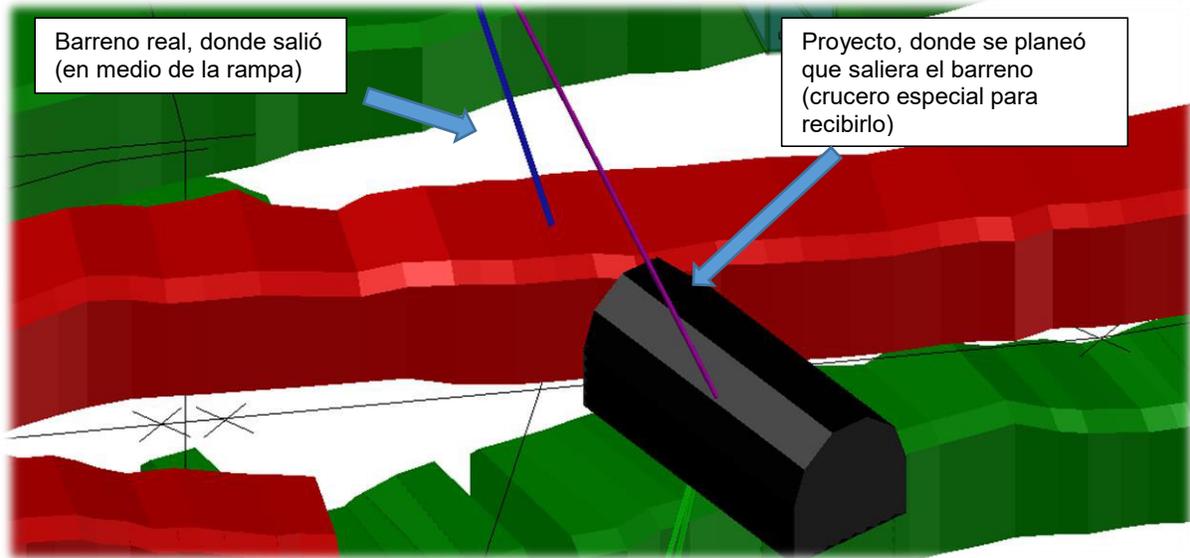


Figura 38. Desviación de barreno por tipos de roca. En morado se observa el barreno de proyecto y en azul el barreno real con desviación.

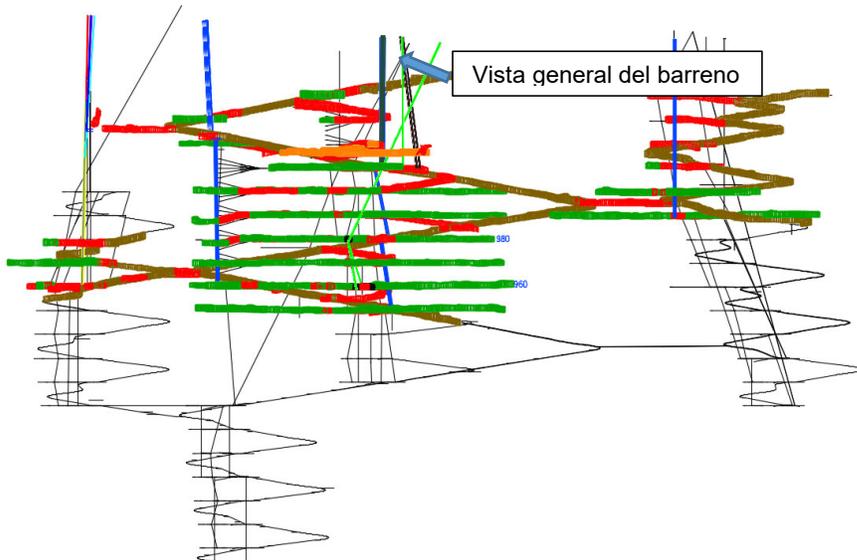


Figura 39. Vista general del barreno erróneo por desviación.

Capítulo 6. Procesamiento de la información

Una vez que se tiene la información que nos proporciona la topografía, se procede a actualizar los planos, verificando el cumplimiento. En caso de retraso es necesario saber cual fue la causa y si es reiterativa u ocasional se procede a programar o reprogramar el nuevo avance de acuerdo a los requerimientos del plan mensual y actualización de LOM.

Para clarifica lo anterior, pongamos el caso de la rampa Corona de Oro (CDO), para el mes de marzo de 2012, estabamos en nivel 910 y según la LOM o bien en base al presupuesto asociado (Budget) en enero del mismo año deberiamos estar en el nivel 1190, entonces tenemos un retraso de 285 metros, aunque debimos haber programado 35 metros de avance, propusimos un avance para marzo de 56 metros, 19 disparos, son los 35 metros del presupuesto (budget) mas un tanto de reposición en metros, sin exceder la capacidad de los jumbos, suponiendo 1 turno para perforar, cargar y disparar (eran dos turnos) y otro turno para carga, acarreo del tepetate y soporte y otro turno para consolidar el shotcrete (cemento lanzado por recomendación del deparmenento de geomecánica, tenemos un disparo cada 3 turnos, entonces podremos dar un total de 20 disparos en el mes por 3 metros de avance por disparo, entonces tendremos un total de avance posible de 60 metros si todo sale bien, pero para dejar un colchon para operación, se le exigirá con un margen minimo de errores, un retraso de un disparo, entonces serán 57 metros, programe un metro menos porque sabia que no cumplirian entonces pedí 56 metros. El detallese puede ver en la Tabla 10.

Tabla 10: Parte del LOM.

Caseron	Stope	Type	Code	Largo	Total	2012													
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
						Rampa N 1000-N1080	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3										
Nivel 1000 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4																
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4																
Rampa N 1080-N1060	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 1060 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4																
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4																
Rampa N 1060-N1040	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 1040 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4	32	32														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4																
Rampa N 1040-N1020	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 1020 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4	56	56														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	51	51														
Rampa N 1020-N1000	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 1000 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4	57	57														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	24	24														
Rampa N 1000-N980	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 980 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4	60	60														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	52	52														
Rampa N 980-N960	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 960 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4			40	40	10											
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4	59	59				25	34									
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	65	65				25	40									
Rampa N 960-N940	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 940 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4	56	56							25	20	11					
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	65	66							35	20	11					
Rampa N 940-N920	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 920 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4															40	40
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4op	8	8													8	8
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	60	60													60	60
Rampa N 920-N 900	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 900 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4op	56	56														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	67	67														
Rampa N 890 - N 900	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 890 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4op	56	56														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	129	129														
Rampa N 880-N860	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 860 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4op	56	56														
Cro. Varios	CSB	4x4	CSB4x4	65	65														
Rampa N 860-N840	CSB	4.5x4.3	CSB4.5x4.3																
Nivel 840 (Capex)	CSB	4x4	CSB4x4																
OpeX	CSB	4X4op	CSB4x4op	56	56														

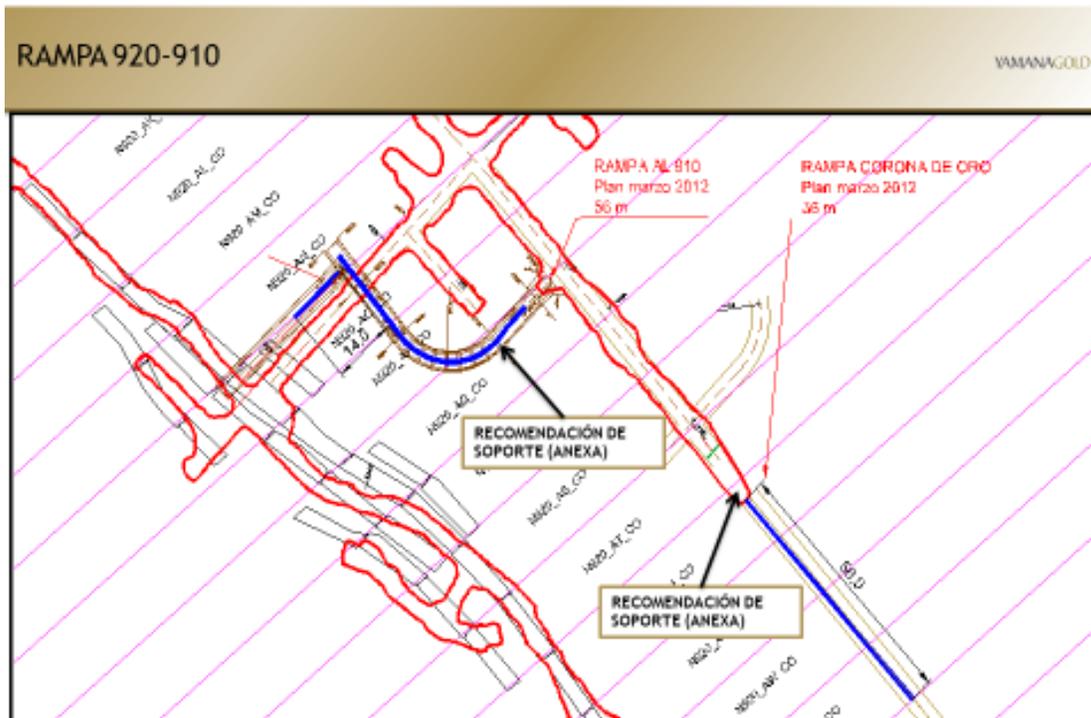


Figura 401. Mina Mercedes. Vista de la rampa central, emergente que fue necesario construir.

Que son los que se proponen en la gráfica anterior, así cada frente o nivel se debe razonar para no pedir imposibles, de hecho, no lo hubiera programado, porque siguió esta situación por otros 5 meses, pero la Gerencia, con el fin de exigir a la operación cumplimiento, lo reprogramo una y otra vez.

Otro factor que determinará los metros a programar es la maquinaria en este caso el jumbo boomer No. 2, si estará disponible todo el periodo o saldrá para mantenimiento preventivo o correctivo (reparación), en ese tiempo no dispondremos de la máquina y en consecuencia serán menos disparos posibles, en todo caso ver si dispondremos de otra máquina que la reemplace de las otras minas, ya sea Casa Blanca o Brecha Hill, en caso que no existan disparos en ese momento. Para eso atenderemos el reporte del departamento de mantenimiento y nos dará la disponibilidad de ese equipo, recordemos que cada 200 horas es aconsejable retirar el equipo y someterlo a mantenimiento y revisiones correspondientes.

Así vemos según en el reporte que nos proporciona mantenimiento mes con mes que para ese mes no se tiene programado mantenimiento para esa máquina, que es la encargada de perforar los barrenos para avanzar los siguientes 56 metros especificados en el plan mensual.

También necesitamos saber si los otros dos equipos estarán disponibles, el scoop No3, encargado de esa área, vemos que no estará disponible para el día sábado 24, lo cual refrenda un disparo menos y el jumbo anclador (Boltec No. 1), que es un jumbo especialmente equipado con un carrusel donde se ponen las anclas y sirve para soportar de manera más eficiente el tope en el que se trabaja. Vemos que no está programado para mantenimiento.

Es equipo nuevo, y se procuró que el equipo fuera operado por personas capacitadas en Yamana, por lo que presentaban poca incidencia en mantenimiento correctivo.

Así pues, a continuación en la Tabla 11 se muestra el reporte de mantenimiento.

Tabla 11: Reporte de mantenimiento de equipo. Usada para conocer la disponibilidad mecánica.

Plan mantenimiento Yamana													YAMANA GOLD	
MINERA MERIDIAN MINERALES S de R.L. de C.V. MINA MERCEDES, YAMANA GOLD														
YAMANA GOLD Minera Meridian Minerales S. de R.L. de C.V.														
PROGRAMA MANTENIMIENTO EQUIPO DE SEL. MINA CORONA DE ORO SEMANAL 22 MARZO AL 28 MARZO 2012														
EQUIPO	ULTIMO SERV.	PROX. SERV.	HORAS FINAL	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	LERES	MARTES	MÉRCOLES	ORDEN DE TRABAJO	OBSERVACIONES		
				22	23	24	25	26	27	28				
SCOOP TRAM No. 31	839	1109	1135			500								
SCOOP TRAM No. 33	1617	1267	1100											
SCOOP TRAM No. 34	1094	1314	1284		250									
SCOOP TRAM No. 35	968	818	797					200						
JURBO BOOMER L1C No. 31	456	735	611											
JURBO BOOMER L1C No. 32	508	818	999											
JURBO BOOMER L2C No. 33	907	357	154											
SMBA 87C No. 32	0	80	76											
BOLTEC 81C No. 01	242	492	380											
BOLTEC 81C No. 02	59	308	175											
CAM ACARREO No. 02	712	962	884							1000				
CAM ACARREO No. 03	1316	1566	1525			500								
RETROEXCAVADORA No. 01	3316	3566	3316											
RETROEXCAVADORA No. 03	1210	1460	1210											
TELEHANDLER No. 01	1540	1790	1555											
COMPRESOR 0-168 No. 01	8521	8521	7473											
GENERADOR 2.8kw No. 01	0	258	157											
GENERADOR 500 kw No. 02	10,070	10,320	10,280				200							
PLANTA DE LUZ 6 Kw No. 01	2034	2304	2388											
PLANTA DE LUZ 6 Kw No. 02	1263	1513	1263											
FRECUENCIA			50	200	500	1000	2000	3000	4000	5000				
PARO EQUIPO			8	8	12	24	8	12	4					
INSPECCION Y SOPLETO														



Figura 41. Equipo Simba, se usaba para hacer barrenos de hasta 50 metros.

Otro factor que afecta positivamente la planeación es el conocimiento del lugar. Es muy importante que el planeador recorra cada tope y baje a mina para conocer cada lugar de trabajo, para conocer de primera mano que es lo que ocurre en el lugar de laboreo y en caso de que existan condiciones especiales, en conjunto con mina y geología debe proponer soluciones a las situaciones que se presenten. Entre las condiciones que el planeador puede encontrar están:

- a. **Mala ventilación** , para lo cual debe verificar que existan condiciones para entrar al lugar y considerará proponer instalar ventilación o adelantarla. Esta deberá ser suficiente de acuerdo a las regla NOM-023-STPS-2003 y NOM-033-STPS-2015 esta segunda norma algunas veces aplica, es para espacios confinados pero a veces aplica.
- b. **Malas condiciones de los servicios de energía**, debe proponer adelantar los cables y cuanto cable necesitaremos y que esté en buen servicio y colocado adecuadamente, con el fin de evitar que esté un tramo suelto y pudiese ocurrir un accidente por electrocución.

En su caso, debe proponer la instalación de una nueva subestación, preguntando al departamento de Servicios Eléctricos si se puede surtir el voltaje para la subestación.

- c. **Proponer soporte**. Si se requiere, puede proponer el soporte de un lugar y el tipo de soporte necesario, este es trabajo del ingeniero de geotecnia, pero también debe estar capacitado para hacer trabajos especiales, recordemos que en el soporte hay muchas variantes a considerar como: calidad de roca, que tan deleznable es, tipo de macizo rocoso, si tiene agua residual o si el lugar tiene agua, que grado de abertura de la malla de soporte requiere para las anclas o pernos, si se requerirá malla entre las anclas o requerirá shotcrete, este factor es muy delicado, ya que de ello depende la seguridad de los mineros y operadores. En Yamana se utilizaba el full support, eso quiere decir que toda la mina estaba soportada, preferentemente con los tres tipos de soporte y cuando ocurría un disparo, era necesario rezagar y soportar de inmediato, no existía la posibilidad de que trabajador alguno accediese al tope si no estaba soportado adecuadamente, hasta los ingenieros tenían prohibido pasar más delante del último

metro soportado solo el operador del Boltec tenía permiso de entrar para colocar los pernos y la malla. Esta situación se dio porque existían muchos caídos de roca y se pretendía evitar que tuviesen un accidente. Al hacer una voladura, siempre se dañaban los últimos 3 metros o más de soporte y tenía que reponerse antes de entrar de nuevo al lugar.

- d. **Agua**, debe verificar que el agua llegue adecuadamente al frente y que no sea motivo de retraso de la obra, recordemos la importancia de que el agua sea limpia, se puede reutilizar el agua si la hemos limpiado lo suficiente en superficie en tanques espesadores o en las piletas de asentamiento y tratar de aprovecharla en ciclos, para no hacer desperdicio de agua, recordemos que el agua cuesta mucho y debemos usar poca agua por protección al ambiente. Más agua provocaría que se nos suba el costo por metro y no nos podemos dar ese lujo, generalmente hay una pérdida en el agua por filtraciones al subsuelo (el frente se debe regar por seguridad en la operación) o por evaporación en su ciclo y esa es el agua contemplada para renovar, generalmente este factor estaba considerado en el costo de avance por metro.
- e. **Aire**. Generalmente no se requería el uso de aire en el tope, los jumbos eran de avance electrohidráulico pero por norma se adelantaba, alguna vez se utilizaron Jack legs y un stope-mate de la marca Boart Longyear que se adquirió para barrenación larga en lugares reducidos donde no entraban los equipos Simba y si fue necesario el aire, así que se distribuyó por toda la mina y se adquirió un compresor de aceite para su operación colocado en superficie.



Figura 42. Stope-mate. Para barrenación larga pero usando aire.

- f. **Fallas**, para analizarlas en conjunto con el departamento de geología y determinar cómo tratarlas.
- g. **Abrir o cerrar plantillas de barrenación**. Según fuese necesario para ahorrar explosivo. Cuando resultaba demasiada sobre excavación o quedaba alguna sub-excavación, se reducía la plantilla o se ajustaba. Planeación era el encargado de proponer la plantilla, pero operación era quien decidía finalmente que plantilla usaría.
- h. **Explosivo**. También se verificaban los resultados del cargado para tratar de mejorarlo.

Finalmente debemos consultar con gerencia si tiene algún cambio de planes para incluirlo en el plan.

Ya revisados todos los factores, sabremos como planeadores que disponemos de todos los recursos necesarios para sacar adelante este tope y se puede programar en situaciones normales. En condiciones especiales como los caídos, se hacía un equipo formado por todos los departamentos de la mina para proponer el mejor proceso para resolver el problema.

El plan semanal, mensual o trimestral, semestral, anual o multianual es el principal trabajo del planeador y dedica la mayor parte de su tiempo.

Capítulo 7. Controles necesarios

7.1. Aspectos topográficos

La primera obligación del planeador es verificar que las labores de la mina se lleven adecuadamente en sus rumbos e inclinaciones, para no generar costos adicionales o problemas de operación. Este factor fue muy importante ya que debido a la inexperiencia de los operadores era necesario corregir sobre todo las pendientes. Hubo el caso de un operador que entendía la pendiente como grados y no como debe ser, cantidad de descenso o ascenso cada 100 metros, entonces llevaba la pendiente prácticamente horizontal y estando distraído con la pendiente, también distrajo su centro de obra y también equivocó el rumbo, esto sucedió a mi llegada y sucedió en la mina Casa Blanca. Fue necesario explicarle cómo funcionan los pisos y los rumbos. Los corrigió pero quedó un hueco grande, yo propuse acondicionar ese espacio como libradero y la gerencia lo acepto, se acondicionó como tal. Esto muestra la importancia de que en lo sucesivo tenía que estar el planeador fijándose de cerca, diariamente si era posible para evitar la incidencia de este tipo de errores.

7.2. Dilución

En el área de producción era necesario que el planeador tomara cartas en el asunto porque la dilución programada era del 6% y se estaban dando diluciones del 15% al 20%, esto fue ocasionado principalmente por los encharcamientos que encontré a mi llegada, se humedecieron las tablas y en general la roca encajonante. Otra causa del problema era la premura para tener la barrenación larga, le ponían demasiado avance al Simba y los barrenos se desviaban, el planeador a través de los topógrafos verificábamos la inclinación de los barrenos y si estaban desviados, teníamos que proponer cambios en la carga de explosivo para evitar en lo posible la dilución, o bien proponer nuevos barrenos para corregir la situación. Recordemos que la dilución equivale a decir mas acarreo innecesario a superficie, aumenta el costo del acarreo.

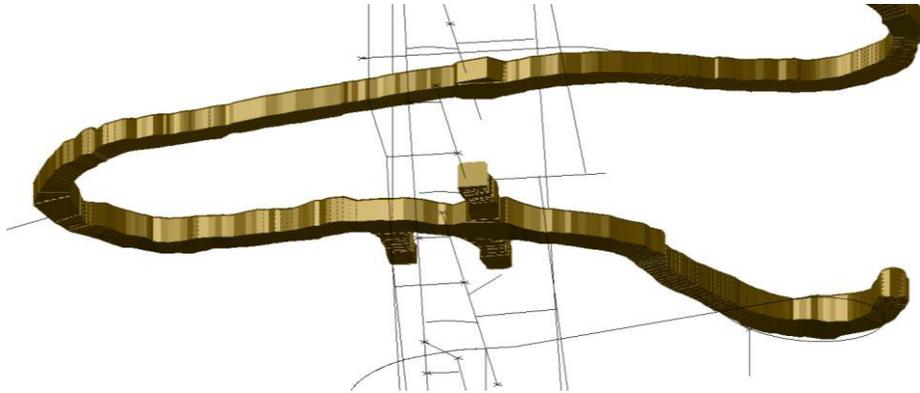


Figura 43. Cambio de rumbo por planeación. También se aprecian la sobre-excavación.

7.3. Reconciliación

Es cuando se compara lo que se esperaba sacar de mineral con lo que se sacó realmente, es verificar si realmente había en el lugar lo que se planeó con el modelo de bloques y lo que se extrajo de la mina en realidad, en este factor debemos tomar en cuenta la dilución, tenemos que restársela y comparar el bloque extraído y el bloque planeado, se sacan los dos volúmenes y se comparan y así tendremos la reconciliación, se genera un reporte y se entrega a Gerencia para tomar decisiones sobre la producción, si la tendencia es a sacar menos mineral de lo que se esperaba, será necesario incrementar la producción, si por el contrario se saca de más, tendremos mayor producción, lo cual es benéfico en si para la empresa.

7.4. Control de reservas

Es un control para saber semana con semana el estado de las reservas, lo que se extrae se resta de las reservas y lo que se va comprobando en reservas se van sumando a las reservas, pero esto es cada entrega de reservas por parte de exploración y es con periodicidad anual su actualización. Dentro de las reservas hay 3 clasificaciones:

7.4.1 Reservas minerales

Son las que sabemos que disponemos pero aún no hay desarrollo que permita llegar hasta ellas. Este desarrollo es en CAPEX.

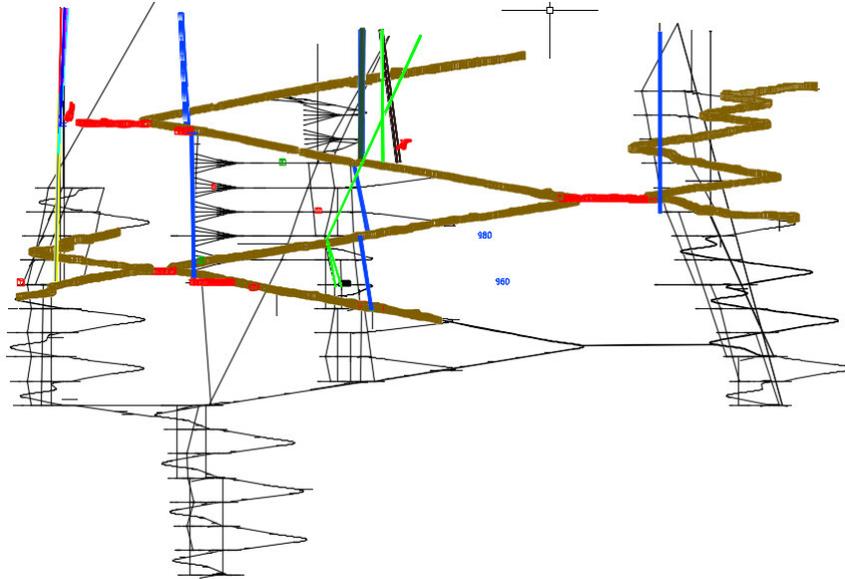


Figura 44. Ejemplo desarrollo CAPEX, únicamente están desarrolladas las rampas y contrapozos, hasta este punto solo tenemos reservas minerales.

7.4.2 Reservas desarrolladas

Son las que el CAPEX ya está terminado pero falta el OPEX en uno o dos niveles, el sistema de minado requiere que estén listos el nivel superior para hacer la voladura y en nivel inferior, para recibir la carga de mineral y su rezagado.

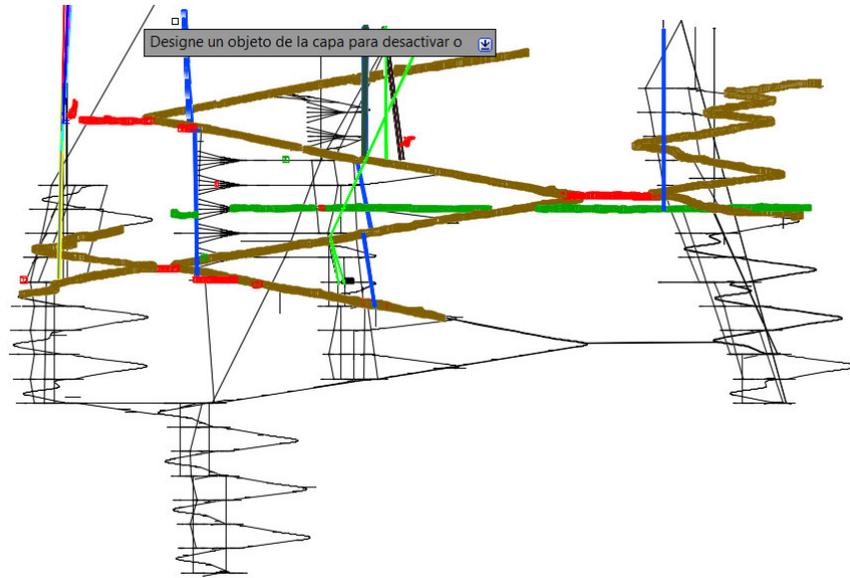


Figura 45. En esta grafica se aprecia ya desarrollado el nivel 1000 en Corona de Oro y en Casa blanca, es desarrollo OPEX y son reservas desarrolladas, también se aprecia desarrollo en una de las rampas CAF.

7.4.3 Reservas disponibles

Son las que se encuentra totalmente terminado el CAPEX y el OPEX, y puede disponerse del mineral de forma inmediata mediante la planeación, es necesario reportar mes con mes el estado de las reservas para poder saber de que disponemos, de que dispondremos o bien cuáles son las reservas no desarrolladas. Mediante el archivo Excel del LOM era posible llevar ese control.

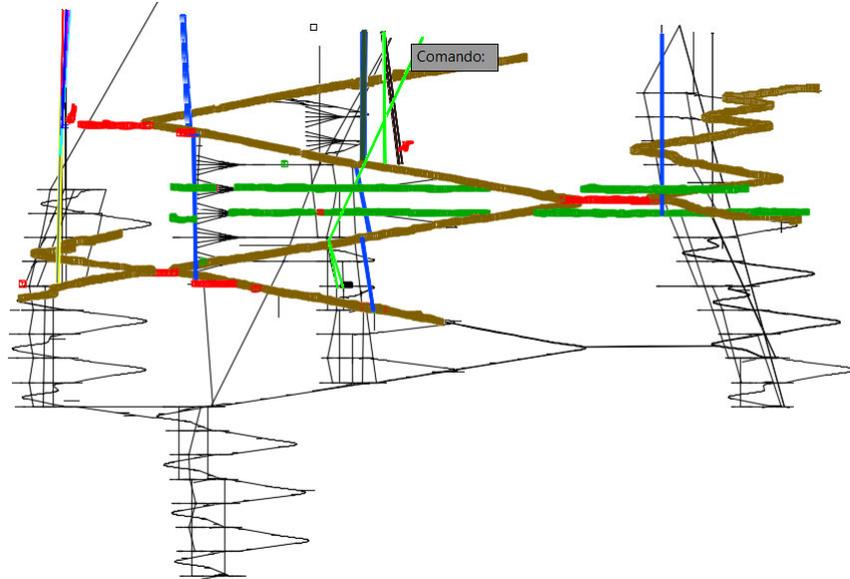


Figura 46. Se aprecian ya desarrollados el nivel 1000 y 1020, son reservas disponibles ya que tendremos disponible para minar el Bench (barrenación larga).

Supongamos que este mes van a producción las cámaras y la producción ya fue planeada al largo plazo, fue analizada la mina paso a paso hasta terminar la mina, la producción anual de oro es de 115,000 onzas y está desarrollado hasta el nivel 920, existe retraso porque la el retraso de la rampa solo permitió llegar hasta el "sill pillar" entonces solo podemos minar hasta ese nivel y que el mes a producir es el 15 desde que inició el proceso de minado, buscamos en el LOM todos los 15 que aparezcan arriba del sill pillar y tendremos que para la producción de un mes serán las siguientes cámaras:

$$\text{Producción} = \frac{1150000 \text{ Oz anuales}}{12 \text{ meses}} = 9583 \text{ Oz/mes}$$

En enero se produjeron 10125 oz y en febrero 7835:

7.4.4 Producido real

Enero+Febrero	Producido
5527 + 7835 =	13362 Oz, y debimos producir:

Producción programada:

Enero+Febrero

$$9583 + 9583 = 19166 \text{ Oz.}$$

Entonces debemos para enero y febrero:

$$19166 - 13362 = 5804 \text{ Oz}$$

La diferencia es una suma aritmética simple de lo que debemos producir el mes siguiente:

Marzo + (Lo que se debe) = Lo que se debe producir en Marzo

$$9583 + 5804 = 15387 \text{ Oz}$$

La meta del mes serán 15397 Oz Au y como planeadores deberemos programar esa cantidad de onzas para el mes de marzo y procedemos a escoger las cámaras que cumplan esta cuota siendo:

Tabla 112: Tabla usada en el corto plazo para completar las onzas necesarias

CORONA DE ORO					MARZO		2012
	Cámara	Letra	Origen	Ton Plan	Au g/t	Ag g/t	Au Zg
Nivel 1060	3355466	K	2	302.04	4.1	57.3	4.48
Nivel 1040	3355340	V	2	152.46	3.47	58.8	3.86
	3355328	W	2	152.46	3.47	80.3	4.00
Nivel 1020W	3355046	D	2	304.92	1.90	83.3	2.46
Nivel 1020S	3355351	U	3	152.46	4.87	47.3	5.10
	3355328	X	3	485.88	3.70	79.3	4.23
Nivel 1000	3355351	U	3	490.05	2.37	36.3	2.61
	3355340	V	3	522.72	2.37	36.3	2.61
Nivel 980	3355035	E	2	204.72	9.85	72.1	10.33
	3355500	H	2	204.72	3.78	113.2	4.54
	3355443	M	3	330.77	2.53	331.6	27.98
Nivel 960 S	3355408	P	3	114.35	2.63	86.6	3.21
	3355397	Q	3	245.03	2.63	86.6	3.21
	3355500	H	2	152.46	4.30	94.2	4.93
	3355477	J	2	304.92	8.70	99.0	9.37
Nivel 920	3355397	Q	3	228.69	11.64	164.8	12.74
SUB-TOTAL				5,255.68	3.57	80.0	3.87
BRECHA HILL							
Nivel 940	3355707	P	2	304.92	2.23	98.6	2.89
	3355684	R	2	304.92	13.03	95.5	14.27
SUB-TOTAL				609.84	7.93	97.0	8.58
SUB-TOTAL				304.92	15.86	194.0	8.58
CASA BLANCA							
Nivel 1020W	3355144	BM	2	457.38	3.04	57.8	3.42
Nivel 1000	3354983	CA	2	0.00	0.00	0.0	0.00
SUB-TOTAL				457.38	3.04	57.8	3.42
TOTAL PLAN				6,017.98	4.15	84.0	4.71

Capítulo 8. Conclusiones

A lo largo de este trabajo observamos que tan importante es la planeación en la minería. Muchas veces en el ámbito laboral me encontré con frases como “la planeación es pérdida de tiempo”. Encontramos que es de capital importancia ya que se programan los trabajos en función del tiempo, tomando los criterios de construcción en la minería y así, acumulando todos los criterios, sabremos cuándo y cuánto cuesta una obra y así la compararemos con la realidad y sabremos nuestros retrasos o adelantos y que los causa, en donde está fallando el proceso constructivo de la mina y estaremos en capacidad de proponer soluciones.

Otro punto de vista de la planeación es la información que se provee a todos los departamentos y así, prevenir con tiempo dinero e insumos que serán necesarios y que deberán adquirirse con tiempo suficiente para tenerlos en la unidad minera a tiempo, ya que los insumos mineros por lo general son tardados.

Pongamos un ejemplo, los explosivos, no solo es cuestión de comprarlos y ya, se requiere saber cuántos metros avanzaremos y cuantas cámaras explotaremos para saber cuánto explosivo necesitaremos, una vez conociendo la cantidad de explosivos, se hace oficio a la SEDENA para pedirlos y una vez que esta secretaría los autorice por medio de un oficio. Cuando ya se tiene el oficio, se acude con él al proveedor de explosivo, se hace el pedido, el cual también hace una solicitud de transporte ante SEDENA, espera la autorización y se programa el envío según su capacidad, todo este proceso lleva al menos un mes y en la mina no podemos esperar ese tiempo, el explosivo debe estar en cantidad suficiente para nunca parar los trabajos.

Parece un trámite redundante pero debido a que ha existido el robo de explosivos, el viaje de esos explosivos generalmente es supervisado por el ejército, sobre todo cuando es zona con riesgos de problemas sociales

Y la información requerida sale de la planeación, no solo para este ámbito, sino que para todos los departamentos de la mina. Insumos como tubería, cable, barrenas, etc., se programan de forma semejante.

Observaciones del resultado de la planeación.

Lo indicado en este trabajo es de realización obligatoria, no solo por manejos de la administración de la mina, sino por influencia de los inversores, quienes realizan auditorias para que la planeación sea ejecutada tal cual, las únicas variantes fueron la rampa central, que diseñé por necesidad ya que la rampa CDO tuvo un caído (y tuvo que ser autorizada a nivel inversionistas para justificar el tiempo-costos) que fue muy difícil de solucionar, y mientras esto pasaba, se desarrolló la rampa alternativa, pero finalmente si fue desarrollada la rampa CDO en su totalidad, también se observó que se calculó en el modelo de bloques aproximadamente 20% menos de mineral porque a final de cuentas extraímos de la veta 20% mas de mineral en promedio. El autor de este trabajo tiene experiencia con 3 LOM'S distintos siempre se presentó lo mismo, 20% a 30% mas de lo presupuestado, preguntando a los geólogos que hacen el análisis de la veta, respondieron que es porque se realiza de forma conservadora, ya que al momento de entregar lo estudiado en la veta, aumenta el margen de confianza de los inversores y se realiza con más seguridad la inversión en la mina, es un proceso de rutina.

En mi opinión el Análisis de Viabilidad es una gran herramienta que fue usada y cumplida a cabalidad porque tiempos, leyes y volumen de mineral fueron ampliamente cotejados con este diseño de mina y salvo algunos ajustes, fue realizado en su totalidad.

Como comentario cabe hacer notar que no hay opciones, este trabajo debe ser efectuado en una mina moderna, la precisión de la ejecución de los trabajos es obligatoria y debe ser cuidada por la administración debido a la vigilancia continua de los inversionistas.

Referencias Bibliográficas

- Anderson, T.H.; Bajek, D.T.; Chepega, J.R.; Ichikawa, K.M.; Rodríguez-Castañeda, J.L.; Stevens, W.E.; y Silver, L.T., 1984, Crystalline thrust sheet near the Mojave-Sonora megashear, Sonora, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 16, p. 430 (resumen).
- Anderson, T.H., y Campbell, P.A., 1994, The role of the Quitobaquito thrust in Mesozoic deformation Cordillera-Chihuahua corridor: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 26, no. 2, p. 35 (resumen).
- Anderson, T.H.; Jones, J.W.; y McKee, J.W., 2005, The Taray Formation—Jurassic(?) mélange in northern Mexico, *in* Anderson, T.H.; McKee, J.W.; y Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis—development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, p. 427–455.
- Anderson, T.H., y Nourse, J.A., 2005, Pull-apart basins at releasing bends of the sinistral Late Jurassic Mojave-Sonora fault system, *in* Anderson, T.H.; McKee, J.W.; y Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis—development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, p. 97–122.
- Anderson, T.H.; Rodríguez-Castañeda, J.L.; y Silver, L.T. 2005, Jurassic rocks in Sonora, Mexico—relations to the Mojave-Sonora megashear and its inferred northwestward extension, *in* Anderson, T.H.; McKee, J.W.; y Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis—development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, p. 51–95.
- Anderson, T.H., y Schmidt, V.A., 1983, A model of the evolution of Middle America and the Gulf of Mexico-Caribbean Sea Region during Mesozoic time: Geological Society of America Bulletin, v. 94, p. 941–966.
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1977, U-Pb isotope ages of granitic plutons near Cananea Sonora: Economic Geology, v. 72, p. 827–836.
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1978, Jurassic magmatism in Sonora, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 10, p. 359 (resumen).
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1979, The role of the Mojave-Sonora megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, *in* Anderson T.H. y Roldán-Q., J., eds., Geology of northern Sonora: Annual Meeting of the Geological Society of America, Guidebook-Field Trip No. 27, p. 59–68.

- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 1981, An overview of Precambrian rocks in Sonora. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 5, núm. 2, p. 131–139.
- Anderson, T.H., y Silver, L.T., 2005, The Sonora-Mojave megashear—field and analytical studies leading to the conception and evolution of the hypothesis, *in* Anderson, T.H.; McKee, J.W.; y Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis—development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, p. 97–122.
- Arriaga-Meléndez, Hilario; López-Escalona, Juan; López-Reyes, J.E.; Terán-Ortega, L.A.; Castro-Escarrega, J.J.; Díaz-Salgado, Ciro; Espinoza-Beltrán, C.C.; y Vázquez-Mendoza, Rigoberto, 2008, Carta geológico-minera estado de Sonora: Pachuca, Hgo., Servicio Geológico Mexicano, mapa de escala 1:500,000 (http://portaljsgm.gob.mx/cartas_impresas/productos/cartas/estados/geologia/pdf/sonora.pdf).
- Asmeron, Y.; Zartman, R.E.; Damon, P.E.; y Shafiqullah, M., 1990, Zircon U-Th-Pb and whole-rock Rb-Sr age patterns of lower Mesozoic igneous rocks in the Santa Rita Mountains, southeast Arizona—implications for Mesozoic magmatism and tectonics in the southern Cordillera: Geological Society of America Bulletin, v. 102, p. 961–968.
- Ayala-Fontes, R., 1992, Geology of the Cananea Mining District, *in* Clark, K.F.; Roldán, J.; y Schmidt, R.H., eds., Geology and mineral resources of northern Sierra Madre Occidental: El Paso Geological Society, 1992 Field Conference Guidebook, p. 407–412.
- Bassett, K.N., y Busby, C.J., 2005, Tectonic setting of the Glance Conglomerate along the Sawmill Canyon fault zone, southern Arizona—a sequence analysis of intra-arc strike-slip basin, *in* Anderson T.H.; Nourse, J.A.; McKee, J.W.; y Steiner, M.B., eds., The Mojave-Sonora megashear hypothesis— development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393, p. 377–400.
- Beauvais, L., y Stump, T.E., 1976, Corals, molluscs and paleogeography of Late Jurassic strata of the Cerro Pozo Serna, Sonora, Mexico: Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 19, p. 275-301.
- Bilodeau, W.L., y Keith, S.B., 1986, Lower Jurassic Navajo Aztecequivalent sandstones in southern Arizona and their paleogeographic significance: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 70, p. 690–701.
- Bilodeau, W.L.; Kluth, C.F.; y Vedder, L.K., 1987, Regional stratigraphic, sedimentologic, and tectonic relationships of the Glance Conglomerate in southeastern Arizona, *in* Dickinson, W.R., y Klute, M.A., eds., Mesozoic rocks of southern Arizona and adjacent areas: Arizona Geological Society Digest, v. 18, p. 229–256.

- Briskey, J.A.; Haxel, G.B.; Peterson, J.A.; y Theodore, T.G., 1978, Reconnaissance geologic map of the Gu Achi 15' Quadrangle, Arizona: U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-965, escala 1:62,500.
- Burckhardt, C., 1930, Étude synthétique sur le Mesozoïque mexican: Mémoire de la Société Paléontologique Suisse, v. 49– 50, 280 p.
- Busby-Spera, C.J., 1988, Speculative tectonic model for the early Mesozoic arc of the south-west Cordilleran United States: *Geology*, v. 16, p. 1121–1125.
- Busby-Spera, C.J.; Mattinson, J.M.; Riggs, N.R.; y Schermer, E.R., 1990, The Triassic-Jurassic magmatic arc in the Mojave-Sonoran deserts and the Sierra Klamath region—similarities and differences in paleogeographic evolution, *in* Harwood, D., y Miller, M., eds., Late Paleozoic and Mesozoic paleogeographic relations, Klamath-Sierra and adjacent regions: Geological Society of America Special Paper 225, p. 325–337.
- Calmus, T.; Pérez-Segura, E.; y Stinnesbeck, W., 1997, La structuration de la marge pacifique nord-américaine et du “terrane” Caborca—apports de la découverte d’une faune du Jurassique Inférieur et Moyen dans la série de Pozos de Serna (Sonora, Mexique): Comptes rendus de l’Académie des sciences (Paris), Sciences de la terre et des planètes, v. 325, p. 257–263.
- Calmus T., y Sosson, M., 1995, Southwestern extension of the Papago terrane into the Altar Desert region, northwestern Sonora, and its implications, *in* Jacques-Ayala, César; GonzálezLeón, C.M., y Roldán-Quintana, Jaime, eds., Studies of the Mesozoic of Sonora and adjacent areas: Geological Society of America Special Paper 301, p. 99–109.
- Campbell, P.A., y Anderson, T.H., 1998, Structure and kinematics along a Jurassic plate boundary transform, the Mojave-Sonora megashear, northwestern Sonora, Mexico, *in* Clark, K.F., ed., Gold deposits of Northern Sonora, Mexico: Society of Economic Geologists Guidebook Series, núm. 30, p. 177–186.
- Campbell, P.A., y Anderson, T.H., 2003, Structure and kinematics along a segment of the Mojave-Sonora megashear—a strikeslip fault that truncates the Jurassic continental magmatic arc of southwestern North America: *Tectonics*, v. 22, núm. 6, p. 1077.
- Campa, M.F., y Coney, P.J., 1983, Tectono-stratigraphic terranes and mineral resource distributions in Mexico: *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 20, p. 1040–1051.
- Caudillo-Sosa, Gerardo, y Oviedo-Lucero, L.F., 1990, Geología del área Quitovac, Mpio. de Puerto Peñasco, Sonora: Hermosillo, Sonora, Universidad de Sonora, Tesis de Licenciatura, 120 p. (inédita)
- Caudillo-Sosa, Gerardo; Oviedo-Lucero, L.F.; y Rodríguez-Castañeda, J.L., 1996, Falla Quitovac—Resultado de un evento de transpresión del “Mojave-Sonora Megashear”,

- noroeste de Sonora, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 13, núm. 2, p. 140–151.
- Chepega, J.R., 1987, Reconnaissance geology of Tuape, northcentral Sonora, Mexico: Pittsburgh, PA, University of Pittsburgh, tesis de maestría en ciencias, 139 p. (inédita).
- Connors, C.D., 1990, Geology of the Quitovac-Sierra La Toñita area: Pittsburgh, PA, University of Pittsburgh, tesis de maestría en ciencias, 75 p. (inédita).
- Connors, C.D.; Anderson, T.H.; y Silver, L.T., 1989, Expression and structural analysis of the Mojave-Sonora megashear in northwestern Sonora, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 21, p. A91.
- Cooper, J.R., y Silver, L.T., 1964, Geology and ore deposits of the Dragoon quadrangle, Cochise County, Arizona: U.S. Geological Survey Professional Paper 416, 196 p.
- Corona, F.V., 1979, Preliminary reconnaissance geology of Sierra La Gloria and Cerro Basura, northwestern Sonora, Mexico, *in* Anderson T.H., y Roldán-Q., J., eds., Geology of northern Sonora: Annual Meeting of the Geological Society of America, Guidebook-Field Trip núm. 27, p. 32–48.
- Corona, F.V., 1980, Reconnaissance geology of Sierra La Gloria and Cerro Basura, northwestern Sonora, Mexico: Pittsburgh, PA, University of Pittsburgh, tesis de maestría en ciencias, 232 p. (inédita)
- Corona, F.V., y Anderson, T.H., 1981, Stratigraphy and structure of a Jurassic (?) sequence at Sierra La Gloria and Cerro Basura, northwestern Sonora, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 13, p. 50 (resumen).
- Davis, G.H.; Phillips, M.P.; Reynolds, S.J.; y Varga, R.J., 1979, Origin and provenance of some exotic blocks in lower Mesozoic red beds basin deposits, southern Arizona: Geological Society of America Bulletin, v. 90, p. 376–384.
- Dilek, Yildirum, 1989, Structure and tectonics of an early Mesozoic oceanic basement in the northern Sierra Nevada metamorphic belt, California—evidence for transform faulting and enzymatic arc evolution: Tectonics, v. 8, p. 999–1014.
- Dowlen, R.J., y Gastil, R.G., 1981, Reconnaissance geology of Cerro Pozo Serna, western Sonora, Mexico, *in* Ortlieb, L., y Roldán-Q., J., eds., Geology of northwestern Mexico and southern Arizona: Geological Society of America, Cordilleran Section, Annual Meeting, Guidebook and Papers, p. 431–435.
- Drewes, Harald, 1968, New and revised stratigraphic names in the Mount Wrihston Formation of southeastern Arizona: U.S. Geological Survey Open-File Report, 6 p. (inédito).

- Drewes, Harald, 1971a, Mesozoic stratigraphy of the Santa Rita Mountains, southeast of Tucson, Arizona: U.S. Geological Survey Professional Paper 658, 81 p.
- Drewes, Harald, 1971b, Geologic map of the Sahuarita quadrangle, southeast of Tucson, Pima County, Arizona: U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Map I-613, escala 1:48,000.
- Drewes, Harald, 1971c, Geologic map of the Mount Wrihston quadrangle, southeast of Tucson, Santa Cruz and Pima Counties, Arizona: U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Map I-164, escala 1:48,000.
- Edelman, S.H.; Day, H.W.; y Bickford, M.E., 1989, Implications of U-Pb zircon ages for the tectonic settings of the Smartville and Slate creek complexes, northern Sierra Nevada, California: *Geology*, v. 17, p. 1032–1035.
- Erben, H.K., 1956, El Jurásico temprano de México: Congreso Geológico Internacional 20, México, D.F., Monografía, 393 p.
- Fackler-Adams, B.N.; Busby, C.J.; y Mattinson, J.M., 1997, Jurassic magmatism and sedimentation in the Palen Mountains, southeastern California—implications for regional tectonic controls on the Mesozoic continental arc: *Geological Society of America Bulletin*, v. 109, p. 1464–1484.
- Flores, Teodoro, 1929, Reconocimientos geológicos en la región central del estado de Sonora: Instituto de Geológico de México, Boletín 49, 253 p.
- Gastil, R.G.; Krummenacher, Daniel; y estudiantes, 1976, Reconnaissance geologic map of coastal Sonora between puerto Lobos and Bahía Kino: *Geological Society of America Map and Chart Series MC-16*, escala 1:150,000.
- Gilluly, James, 1956, General geology of central Cochise County, Arizona, with sections on age and correlation by A.R. Palmer, J.S. Williams, y J.B. Reeside, Jr.: U.S. Geological Survey Professional Paper 281, 169 p.
- Grijalva-Noriega, F.J., 1995, El Alto Cananea—un elemento paleogeográfico del Jurásico Tardío: Universidad de Sonora, Boletín del Departamento de Geología, v. 12, núm. 2, p. 1–16.
- Guiza, Reinaldo, Jr., y White, D.E., 1949, Los yacimientos antimoniales de la región de El Antimonio, estado de Sonora: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, Boletín 23, 48 p. (también publicado en inglés como White, D.E., y Guiza, Reinaldo, Jr., 1950, Antimony deposits of El Antimonio district, Sonora, Mexico: U.S. Geological Survey Bulletin 962-B, p. 81–119).

- Hacker, B.R.; Donato, M.M.; Barnes, C.G.; McWilliams, M.O.; y Ernst, W.G., 1995, Time scales of orogeny—Jurassic construction of the Klamath Mountains: *Tectonics*, v. 14, p. 677–703.
- Harper, G.D., 1980, The Josephine ophiolite—remains of a Late Jurassic marginal basin in northwestern California: *Geology*, v. 8, p. 333–337.
- Harper, G.D., y Wright, J.E., 1984, Middle to Late Jurassic tectonic evolution of the Klamath Mountains, California-Oregon: *Tectonics*, v. 3, p. 759–772.
- Harper, G.D.; Grady, K.; y Wakabayashi, A., 1990, A structural study of a metamorphic sole beneath the Josephine ophiolite, western Klamath terrane, California-Oregon, *in* Harwood, D.S., y Miller, M.M., eds., *Paleozoic and early Mesozoic paleogeographic relations; Sierra Nevada, Klamath Mountains and related terranes: Geological Society of America Special Paper 255*, p. 379–396.
- Harper, G.D.; Saleeby, J.B.; y Heizler, M., 1994, Formation and emplacement of the Josephine ophiolite and the Nevada orogeny in the Klamath Mountains, California-Oregon—U/ Pb and 40Ar/39Ar geochronology: *Journal of Geophysical Research*, v. 99, núm. B3, p. 4293–4221.
- Haxel, G.B.; Tosdal, R.M.; May, D.J.; y Wright, J.E., 1984, Latest Cretaceous and early Tertiary orogenesis in south-central Arizona—thrust faulting, regional metamorphism, and granitic plutonism: *Geological Society of America Bulletin*, v. 95, p. 631-653.
- Haxel, G.B.; Anderson, T.H.; Riggs, N.R.; y Goodwin, L.B., 1988, The Papago terrane—a crustal anomaly in south-central Arizona and north-central Sonora: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 20, p. 168 (resumen).
- Haxel, G.B.; Wright, J.E.; Riggs, N.R.; Tosdal, R.M.; y May, D.J., 2005, Middle Jurassic Topawa Group, Baboquivari Mountains, south-central Arizona: Volcanic and sedimentary record of deep basins within the Jurassic magmatic arc, *in* Anderson, T.H.; McKee, J.W.; y Steiner, M.B., eds., *The Mojave-Sonora megashear hypothesis—development, assessment, and alternatives: Geological Society of America Special Paper 393*, p. 329–357.
- Herrera-López, P., en progreso, Estudio estructural de la porción norte de la Sierra de Los Ajos, noreste de Sonora: Hermosillo, Son., Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de maestría en ciencias.
- Herrera-López, P.; Rodríguez-Castañeda, J.L.; e Iriando, Alexander, 2005, Preliminary time constraints and geochemistry of the Proterozoic basement from Sierra Los Ajos and Cerro Mestañas, NE Sonora, Mexico: *GEOS, Unión Geofísica Mexicana*, v. 25, núm. 1, p. 17 (resumen).

- Herrera-López, P., y Rodríguez-Castañeda, J.L., 2002, La zona de falla Cananea—un ejemplo de inversión tectónica y contrafuerte granítico: GEOS, Unión Geofísica Mexicana, v. 22, núm. 2, p. 167 (resumen).
- Hill, L.B., 1985, Metamorphic, deformational and temporal constraints on terrane assembly, northern Klamath Mountains, California, *in* Howell, D.G., ed., Tectonostratigraphic terranes of the Circum-Pacific region: Houston, Texas, Earth Science Series, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, p. 173–186.
- Howard, K.A.; McCaffrey, K.J.W.; Wooden, J.L.; Foster, D.A.; y Shaw, S.E., 1995, Jurassic thrusting of Precambrian basement over Paleozoic cover in the Clipper Mountains, southwestern California, *in* Miller, D.M., y Busby, C., eds., Jurassic magmatism and tectonics of the North American Cordillera: Geological Society of America Special Paper 299, p. 375–392.
- Imlay, R.W., 1943, Jurassic formations of the Gulf region: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 27, p. 1407–1533.
- International Commission on Stratigraphy, 2009, International Stratigraphic Chart: Trondheim, Noruega, International Union of Geological Sciences (<http://www.stratigraphy.org/upload/ISChart2009.pdf>).
- Iriondo, Alexander, 2001. Proterozoic basement and their Laramide juxtaposition in NW Sonora, Mexico—tectonic constrains on the SW margin of Laurentia: Boulder, CO, University of Colorado, disertación doctoral, 239 p. (inérita).
- Jaworski, E., 1929, Eine Lias-faune aus Nordwest-Mexiko: Abhandlungen Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft, Basel, v. 48, 121 p.
- Jones, N.W.; McKee, J.W.; Anderson, T.H.; y Silver L.T., 1995, Jurassic volcanic rocks in northeastern Mexico—a possible remnant of a Cordilleran magmatic arc, *in* Jacques-Ayala, César; González-León, C.M.; y Roldán-Quintana, Jaime, eds., Studies on the Mesozoic of Sonora and adjacent areas: Geological Society of America Special Paper 301, p. 179–190.
- Keller, W.T., 1928, Stratigraphische Beobachtungen in Sonora, nordwest Mexico: Eclogae Geologicae Helvetiae, v. 21, p. 327–335.
- Keller, W.T.; y Wellings, F.E., 1922, Sonora: Compañía Petrolera El Águila, informe geológico núm. 80, 38 p. (inérito).
- Kluth, C.F., 1983, Geology of northern Canelo Hills and implications for the Mesozoic tectonics of southeastern Arizona, *in* Reynolds, M.W., y Dolly, E.D., eds., Mesozoic paleogeography of the west-central United States: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, p. 159–171.

- Kluth, C.F.; Butler, R.F.; Harding, L.E.; Shafiqullah, M.; y Damon, P.E., 1982, Paleomagnetism of Late Jurassic rocks in the northern Canelo Hills, southeastern Arizona: *Journal of Geophysical Research*, v. 87, p. 7079–7086.
- Knight, L.H., 1970, Structure and mineralization of the Oro Blanco mining district, Santa Cruz County, Arizona: Tucson, AZ, University of Arizona, disertación doctoral, 172 p.
- Lawton, T.F., y Olmstead, G.A., 1995, Stratigraphy and structure of the lower part of the Bisbee Group, northeastern Chiricahua Mountains, Arizona, *in* Jacques-Ayala, César; GonzálezLeón, C.M., y Roldán-Quintana, Jaime, eds., *Studies of the Mesozoic of Sonora and adjacent areas*: Geological Society of America, Special Paper 301, 21–39.
- Leveille, G.P., 1984, Geology of El Capitán, Sonora, Mexico: San Diego, Calif., San Diego State University, tesis de maestría en ciencias, 122 p.
- Lipman, P.W., y Hagstrum, J.T., 1992, Jurassic ash-flow sheets, calderas, and related intrusions of the Cordilleran volcanic arc in southeastern Arizona—implications for regional tectonics and ore deposits: *Geological Society of America Bulletin*, v. 104, p. 32–39.
- Longoria, J.F., y Pérez-Venzor, J.A., 1979, Bosquejo geológico de los cerros Chino y Rajón, cuadrángulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora): Universidad de Sonora, *Boletín del Departamento de Geología*, v. 1, p. 119–144.
- Marvin, R.F.; Naeser, C.W.; y Mehnert, H.H., 1978, Tabulation of radiometric ages—including unpublished K-Ar and fission track ages—for rocks in southeastern Arizona and southwestern New Mexico, *in* Callender, J.F.; Wilt, J.C.; y Clemons, R.E., eds., *Land of Cochise—Southeastern Arizona*: New Mexico Geological Society, Guidebook Twenty-ninth Field Conference, p. 285–290.
- Marzolf, J.E., 1980, The Aztec sandstone and stratigraphically related rocks in the Mojave desert, *in* Fife, D.L., y Brown, G.R., eds., *Geology and mineral wealth of the California desert*: Santa Ana, California, South Coast Geological Society, p. 215–220.
- Marzolf, J.E., 1982, Paleogeographic implications of Early Jurassic (?) Navajo and Aztec sandstones, *in* Frost, E., y Martin, D., eds., *Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution of the Colorado River region, California, Arizona, and Nevada*: San Diego, Cordilleran Publishers, p. 493–501.
- Marzolf, J.E., 1983, Early Mesozoic eolian transition from cratonal margin to orogenic volcanic arc: *Utah Geological Society and Mineral Survey Special Studies* 60, p. 39–46.
- May, D.J., 1989, Late Cretaceous intra-arc thrusting in southern California: *Tectonics*, v. 8, núm. 6, p. 1159–1173.

- McAnulty, W.N., 1970, Geology of the northern Nacozari District, Sonora, Mexico: Albuquerque, NM, University of New Mexico, disertación doctoral, 103 p.
- McKee, M.B., 1991, Deformation and stratigraphic relationships of mid-Cretaceous to early Tertiary mass gravity slides in a marine basin in Sonora, Mexico: Pittsburgh, PA, University of Pittsburgh, disertación doctoral, 286 p.
- McKee, M.B., y Anderson, T.H., 1999, Mass-gravity deposits and structures in the Lower Cretaceous of Sonora, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 110, núm. 12, p. 1516–1529.
- Medina-Salazar, J.O., 2006, Geología de La Arizona, municipio de Nogales, Sonora: Hermosillo, Sonora, Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, tesis de licenciatura, 69 p.
- Meinert, L.D., 1980, Skarn, manto, and breccia pipe formation in sedimentary rocks in the Cananea District, Sonora, Mexico: Stanford, CA, Stanford University, disertación doctoral, 232 p.
- Mendoza-Córdoba, Abraham, y Minjarez-Rivera, V.A., 1989, Cartografía geológica del área Las Peñitas, Sierra Caracahui: Hermosillo, Sonora, Universidad de Sonora, tesis de licenciatura, 65 p.
- Nourse, J.A., 1990, Tectonostratigraphic development and strain history of the Magdalena metamorphic core complex, northern Sonora, *in* Gehrels, G.E., y Spencer, J.E., eds., Geologic excursions through the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora: Arizona Geological Survey Special Paper 7, p. 155–164.
- Nourse, J.A., 1995, Jurassic-Cretaceous paleogeography of the Magdalena region, northern Sonora, and its influence on the positioning of metamorphic core complexes, *in* JacquesAyala, César; González-León, C.M., y Roldán-Quintana, Jaime, eds., Studies of the Mesozoic of Sonora and adjacent areas: Geological Society of America Special Paper 301, p. 59–78.
- Nourse, J.A.; Anderson, T.H.; y Silver, L.T., 1994, Tertiary metamorphic core complexes in Sonora, northwestern Mexico: Tectonics, v. 13, núm. 5, p. 1162–1184.
- Premo, W.R.; Iriondo, A.; y Nourse, J.A, 2003, U-Pb zircon geochronology of Paleoproterozoic basement in northwestern Sonora, Mexico—evidence for affinity to SW US provinces: Geological Society of America Abstracts with Programs, v. 35, núm. 5, p. 67 (resumen).
- Pubellier, M.; Rangin, C.; Rascon, B.; Chorowicz, J.; y Bellon, H., 1995, Cenomanian thrust tectonics in the Sahuaripa region, Sonora—implications about northwestern Mexico megashears, *in* Jacques-Ayala, César; González-León, C.M., y Roldán-Quintana, Jaime,

- eds., Studies on the Mesozoic of Sonora and adjacent areas: Geological Society of America Special Paper 301, p. 111–120.
- Ramírez, J., y Acevedo, F., 1957, Notas sobre la geología de Chihuahua: Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, v. 9, p.583–777.
- Rangin, Claude, 1977, Sobre la presencia del Jurásico Superior con amonitas en Sonora septentrional: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 1, p. 44–47.
- Rangin, Claude, 1982, Contributions à l'étude géologique du Système Cordillerain du nordouest du Mexique: Paris, Université Pierre et Marie Curie, tesis de doctorado de estado, 588 p.
- Renne, P.R., y Scott, G.R., 1988, Structural chronology, oroclinal deformation, and tectonic evolution of the southeastern Klamath Mountains, California: Tectonics, v. 7, 1223– 1242.
- Reynolds, S.J.; Spencer, J.E.; Richard, S.M.; y Laubach, S.E., 1986, Mesozoic structures in west-central Arizona, *in* Beatty, Barbara, y Wilkinson, P.S.K., eds., Frontiers in geology and ore deposits of Arizona and the Southwest: Arizona Geological Society Digest, v. 16, p. 35–51.
- Riggs, N.R., 1987, Stratigraphy, structure and geochemistry of Mesozoic rocks in the Pajarito Mountains, Santa Cruz County, Arizona, *in* Dickinson, W.R., y Klute, M.A., eds., Mesozoic geology of southern Arizona and adjacent areas: Arizona Geological Society Digest, v. 18, p. 165–175.
- Riggs, N.R., y Busby-Spera, C.J., 1989, Controls of intra-arc subsidence on volcanic and sedimentary facies—example from the early Mesozoic arc of Arizona and California: 28th International Geologic Congress, Abstracts, 2, p. 699 (resumen).
- Riggs, N.R., y Busby-Spera, C.J., 1990, Evolution of a multi-vent volcanic complex within a subsiding arc graben depression, Mount Wrightson Formation, Arizona: Geological Society of America Bulletin, v. 102, p. 1114–1135.
- Riggs, N.R., y Busby-Spera, C.J., 1991, Facies analysis of an ancient, dismembered large caldera complex and implications for intra-arc subsidence—Middle Jurassic strata of Cobre Rigde, southern Arizona, U.S., *in* Cas, R.A.F., y BusbySpera, C.J., eds., Volcaniclastic sedimentation: Sedimentary Geology, v. 74, 39–67.
- Riggs, N.R., y Haxel, G.B., 1990, The Early to Middle Jurassic magmatic arc in southern Arizona: Plutons to sand dunes, *in* Gehrels, G.E. y Spencer, J.E., eds., Geologic excursions through the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora: Arizona Geological Survey Special Paper 7, p. 90–103.

- Riggs, N.R.; Mattinson, J.M.; y Busby-Spera, C.J., 1993, Correlation of Jurassic eolian strata between the magmatic arc and the Colorado Plateau: New U-Pb geochronologic data from southern Arizona: *Geological Society of America Bulletin*, v. 105, p. 1231–1246.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1984, Geology of Tuape region, northcentral Sonora, Mexico: Pittsburgh, PA, University of Pittsburgh, tesis de maestría en ciencias, 157 p.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1986, Interpretación del contacto Jurásico-Cretácico en Sonora este-central, *in* Rodríguez-Castañeda, J.L.; Roldán-Quintana, Jaime; y Jacques-Ayala, César, eds., *Nuevas Aportaciones a la Geología de Sonora*: Hermosillo, Sonora, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, p. 37–48.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1988, Estratigrafía de la región de Tuape, Sonora, Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 7, p. 52–66.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1990, Relaciones estructurales en la parte centro-septentrional del estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, *Revista*, v. 9, p. 51–61.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1991, Mesozoic stratigraphy in northcentral Sonora: Universidad de Sonora, *Boletín del Departamento de Geología*, v. 8, núm. 1, p. 13–27.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1994, Geología de la región del Teguachi, estado de Sonora, México: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 11, núm. 1, p. 11–28.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 1997, Gravity sliding structures in Cretaceous-early Tertiary rocks in north central Sonora, Mexico—regional significance: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 14, núm. 1, p. 1–12.
- Rodríguez-Castañeda, J.L., 2002, Tectónica cretácica y terciaria en la margen suroeste del Alto de Cananea, Sonora nortecentral: México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, disertación doctoral, 217 p. (inédita).
- Rodríguez-Castañeda, J.L., y García y Barragán, J.C., 1994, Late Jurassic-Early Cretaceous thrusting in the Altar region: *Geological Society of America, Cordilleran Section, Abstracts with Programs*, v. 26, núm. 2, p. 85 (resumen).
- Saleeby, J.B.; Busby-Spera, C.; Oldow, J.S.; Dunne, G.C.; Wright, J.E.; Cowan, D.S.; Walker, N.W.; y Allmendinger, R.W., 1991, Early Mesozoic tectonic evolution of the western U.S. cordillera, *in* Burchfiel, B.C.; Lipman, P.; y Zoback, M.L., eds., *The Cordilleran orogen—conterminous U.S.*: Boulder, Colorado, Geological Society of America, *Geology of North America*, G-3., 107 p.

- Saleeby, J.B.; Harper, G.D.; Sharp, W.D.; y Snoke, A.W., 1982, Time relations and structural-stratigraphic patterns in ophiolite accretion, west-central Klamath Mountains, California: *Journal of Geophysical Research*, v. 87, p. 3831–3848.
- Saleeby, J.B.; Shaw, H.F.; Niemeyer, S.; Moores, E.M.; y Edelman, S.H., 1989, U-Pb, Sm/Nd and Rb/Sr geochronological and isotopic study of northern Sierra Nevada ophiolitic assemblages, California: *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 102, p. 205–220.
- Schmidt, K.L., y Paterson, S.R., 2002, A doubly vergent fan structure in the Peninsular Ranges batholith—transpression or local complex flow around a continental margin buttress: *Tectonics*, v. 21, núm. 5, 14-1–14-17.
- Segerstrom, Lawrence, 1986, Geologic setting and silver mineralization in the Planchas de Plata area, northern Sonora, Mexico: Tucson, AZ, University of Arizona, tesis de maestría en ciencias, 167 p.
- Segerstrom, Lawrence, 1987, Geology of the Planchas de Plata ore, northern Sonora, Mexico, *in* Dickinson, W.R., y Klute, M.A., eds., *Mesozoic geology of southern Arizona and adjacent areas*: Arizona Geological Society Digest, v. 18, p. 153–164.
- Sharp, R.V., 1967, San Jacinto fault zone in the Peninsular Ranges of southern California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 78, p. 705–730.
- Sharp, R.V., 1979, Some characteristics of the eastern Peninsular Ranges mylonite zone, *in* Speed, R.; Sharp, R.; y Everden, J., eds., *Proceedings of Conference VIII—Analysis of actual fault zones in bedrock*: U.S. Geological Survey Open File Report 79-1239, p. 258–269.
- Silver, L.T., 1982, Evidence and a model for west-directed early to Middle Cenozoic basement overthrusting in southern California: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 15, p. 483 (resumen).
- Silver, L.T., 1983, Paleogene overthrusting in the tectonic evolution of the Transverse Ranges, Mojave and Salinian regions, California: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 14, p. 617 (resumen).
- Silver, L.T., y Anderson, T.H., 1974, Possible left-lateral early to middle Mesozoic disruption of the southwestern North American craton margin: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 6, p. 955–956 (resumen).
- Silver, L.T., y Anderson, T.H., 1983, Further evidence and analysis of the role of the Mojave-Sonora megashear(s) in Mesozoic Cordillera tectonics: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 15, núm. 5, p. 273 (resumen).

- Simpson, Carol, 1984, Borrego-Santa Rosa mylonite zone—a Late Cretaceous west directed thrust in southern California: *Geology*, v. 12, p. 8–11.
- Snoke, A.W., 1977, A thrust plate of ophiolitic rocks in the Preston Peak area, Klamath Mountains, California: *Geological Society of America Bulletin*, v. 88, p. 1641–1659.
- Solano-Moreno, O., 1989, Estudio geológico de las sierras La Ceniza, El Caloso y Santa Rosa, municipio de Agua Prieta, Sonora: Hermosillo, Sonora, Universidad de Sonora, tesis de licenciatura, 73 p.
- Sosson, M., y Calmus, T., 1990, Early Late Cretaceous overthrusting in northern Sonora (Mexico) responsible for a large scale displacement of the Nevadan belt, *in* Aubouin, J., y Bourgois, J., eds., *Tectonics of Circum-Pacific Continental Margins: 28th International Geological Congress, Utrecht, the Netherlands, Proceedings, VSP*, p. 37–50.
- Stephens, W.E., 1988, Reconnaissance geology of the Cucurpe region, north-central Sonora, Mexico: Pittsburgh, PA, University of Pittsburgh, tesis de maestría en ciencias, 317 p.
- Stewart, J.H.; McMenamin, M.A.S.; y Morales-Ramírez, J.M., 1984, Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico: Physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies, and regional relations: U.S. Geological Survey Professional Paper 1309, 36 p.
- Stewart, J.H.; Poole, F.G.; Keith, K.B.; Madrid, R.J.; Roldán-Quintana, Jaime; y Amaya-Martínez, Ricardo, 1990, Tectonics and stratigraphy of the Paleozoic and Triassic southern margin of North America, Sonora, Mexico, *in* Gehrels, G.E., y Spencer, J.E., eds., *Geologic excursions through the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora: Arizona Geological Society Special Paper 7*, p. 183–202.
- Thomson, C.N.; y Girty, G.H., 1994, Early-Cretaceous intra-arc ductile strain in Triassic-Jurassic and Cretaceous continental margin arc rocks, Peninsular Ranges, California: *Tectonics*, v. 13, p. 1108–1119.
- Tosdal, R.M., y Miller, R.J., 1988, Thermo-tectonic terranes of the Ajo and Lukeville 10 by 20 quadrangle: K-Ar geochronology of early Tertiary and older rocks: U.S. Geological Survey Open File Report 88-217, p. 5–8.
- Tosdal, R.M.; Haxel, G.B.; y Wright, J.E., 1989, Jurassic geology of the Sonoran Desert region, southern Arizona, southeastern California, and northernmost Sonora—construction of a continental-margin magmatic arc, *in* Jenny, J.P., y Reynolds, S.J., eds., *Geologic evolution of Arizona: Arizona Geological Society Digest*, v. 17, p. 397–434.
- Tosdal, R.M.; Haxel, G.B.; Anderson, T.H.; Connors, C.D.; May, D.J.; y Wright, J.E., 1990, Highlights of Jurassic, Late Cretaceous to early Tertiary tectonics, southcentral Arizona and north-central Sonora, *in* Gehrels, G.E., y Spencer, J.E., eds., *Geologic excursions*

through the Sonoran Desert region , Arizona and Sonora: Arizona Geological Survey Special Paper 7, p. 76–88.

Valentine, W.G., 1936, Geology of the Cananea Mountains, Sonora, Mexico: Geological Society of America Bulletin, v. 47, p. 53–86.

Vega-Granillo, R.; Pérez-Soto, F.; y Chaparro-Meza, M., 1991, Mantos de corrimiento y cabalgaduras imbricadas en Sonora central: Universidad de Sonora, Boletín del Departamento de Geología, v. 8, p. 37–46.

Walker, J.D.; Martin, M.W.; Bartley, J.M.; y Coleman, D.S., 1990, Timing and kinematics of deformation in the Cronese hills, California, and implications for Mesozoic structure of the southern Cordillera: Geology, v. 18, p. 554–557.

Wolf, M.B., y Saleeby, J.B., 1992, Jurassic Cordilleran dike swarm/shear zones—implications for the Nevadan orogeny and North American plate motion: Geology, v. 20, p. 745–748.

Wright, J.E., y Fahan, M.R., 1988, An expanded view of Jurassic orogenesis in the western US Cordillera—Middle Jurassic (pre-Nevadan) regional metamorphism and thrust faulting within an active arc environment: Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 859–876.

Wyld, S.J., y Wright, J.E., 1988, The Devils Elbow ophiolite remnant and overlying Galice Formation—new constraints of the Middle to Late Jurassic evolution of the Klamath Mountains, California: Geological Society of America Bulletin, v. 100, p. 29–44.