

M
622
A284
2004

UNIVERSIDAD DE ATACAMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO INGENIERIA DE MINAS



“ CHUQUICAMATA, UNA MINA DE ALTO DESEMPEÑO “



“TRABAJO DE TITULACIÓN PRESENTADO EN
CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS PARA OBTENER
EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN MINAS”

U. DE ATACAMA
BIBLIOTECA CENTRAL



PROFESOR GUIA: JORGE NAVEA CASTRO

MYRNA LUZ AGUIRRE RODRÍGUEZ

2004

bub 18.449

1587

DEDICADO A:

A mi madre, mi hermana Ynes y a
Mijail, por su apoyo y preocupación

AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad de Atacama, por la formación profesional e integral, además a los académicos del Departamento de Mina, Facultad de Ingeniería y a mi profesor guía.

En forma especial agradecer a Don Jorge Nilsson por la oportunidad de desarrollar el presente trabajo que me permite obtener mi Título de Ingeniero Civil en Minas

También quiero destacar y agradecer al Señor Mijail Flores Vergara por su disposición , ayuda y apoyo.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	10
Objetivo General	11
Objetivos Específicos.....	11
Metodología	11
Alcances.....	13
Restricciones.....	13
CAPITULO 1: <u>GENERALIDADES</u>	14
1.1 Reseña Histórica Mina Chuquicamata	14
1.2 Ubicación y acceso al complejo Chuquicamata	15
1.3 Clima, Fauna, Vegetación e Hidrografía	17
1.4 Modelo geológico de Chuquicamata	18
1.4.1 Geología.....	18
1.4.2 Litología.....	18
1.4.3 Alteración	19
1.4.4 Mineralogía y Mineralización	20
1.5 Caracterización Geotécnica Mina Chuquicamata	20
1.5.1 Caracterización Geotecnica.....	23
1.5.1.1 Caracterización geotecnica talud Oeste.....	23
1.5.1.2 Caracterización geotecnica talud este.....	24
1.5.1.3 Caracterización Estructural	25
1.5.2 Mecanismos de Inestabilidad	28
CAPITULO 2: <u>ANTECEDENTES DE CODELCO, DEL NEGOCIO MINERO Y EL LUGAR DE ESTUDIO</u>	31
2.1 La Corporación	31
2.2 El Negocio.....	31
2.3 La Propiedad de la Empresa.....	33
2.4 Objetivos Estratégicos en el Ambito Corporativo	34
2.5 La Gestión en Chuquicamata.....	35
2.5.1 Caracterización del Problema de Gestión en Chuquicamata.....	35
2.5.2 Razones de la Perdida de Competitividad.....	36

2.6	Visión de Futuro	41
2.7	Misión	41
2.8	Modelo de Gestión	42
2.9	Organización Administrativa División Chuquicamata	42
2.10	Unidades de Operación Mina Chuquicamata	43
2.10.1	Unidad de Perforación	43
2.10.2	Unidad de Tronadura	44
2.10.3	Unidad Carguío Palas	46
2.10.4	Unidad de Transporte Camiones	47
2.10.5	Unidad Movimiento de Tierras	50
2.10.6	Chancado Mina	52
2.11	Plantas de Procesamiento de Minerales	53
2.11.1	Planta Concentradora.....	53
2.11.2	Fundición de Concentrado	54
2.11.3	Refinerías.....	54
2.12	Análisis Situación Actual Mina Chuquicamata	56
CAPITULO 3: <u>MARCO TEORICO</u>		58
3.1	El Concepto de Unidad Estratégica de Negocios	58
3.2	Metodología Para Definir la Misión del Negocio	58
3.3	Examen del Medio Externo a Nivel del Negocio	62
3.3.1	Las Cinco Fuerzas de Porter	62
3.3.2	Intensidad de la Rivalidad Entre los Competidores de la Industria	64
3.3.3	Amenaza de Nuevos Entrantes.....	65
3.3.4	Amenaza de los Sustitutos	65
3.3.5	Poder de Negociación de los Proveedores y Compradores	66
3.3.6	No Todas las Fuerzas son Igualmente Importantes	68
3.3.7	Proceso Para Trazar un Perfil Atractivo de la Industria con el Modelo de las Cinco Fuerzas.....	68
3.3.8	Proceso Para Trazar un Perfil del Atractivo de la Industria con el Modelo de los Factores Externos.....	70
3.4	Evaluación Interna a Nivel del Negocio	71
3.4.1	La Cadena de Valor	71
3.4.2	Descripción de la Cadena de Valor	73
3.4.3	Identificación de las Actividades de Valor.....	74
3.4.3.1	Actividades Primarias	74
3.4.3.2	Actividades de Apoyo	75
3.4.4	Proceso para Delinear el Perfil del Posicionamiento Competitivo de un Negocio	78
3.5	La Formulación de la Estrategia del Negocio	81
3.5.1	Proceso para Formular la Estrategia de Negocios.....	82

CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO.....	90
4.1 Descripción del Lugar de Trabajo	90
4.1.1 Gerencia Mina Chuquicamata	90
4.1.1.1 Visión.....	90
4.1.1.2 Misión	91
4.1.2 Organigrama Unidad Carguío Palas	91
4.1.2.1 Visión.....	92
4.1.2.2 Misión	92
4.1.2.3 Objetivos Estratégicos.....	92
4.1.2.4 Descripción de Cada Cargo	93
4.1.3 Análisis Foda Unidad Carguío Palas	94
4.2 Sistema Operativo Unidad Carguío Palas Mina Chuquicamata.....	96
4.2.1 Descripción General Equipo de Carguío Palas.....	96
4.2.1.1 Componentes Principales de la Pala de Cable	96
4.2.1.2 Alimentación de la Pala	98
4.2.2 Proceso de Carguío en Mina Chuquicamata	98
4.2.2.1 Excavación	99
4.2.2.2 Excavación en Banco.....	100
4.2.2.3 Fuerza de Ataque	101
4.2.2.4 Movimiento de Giro de la Pala	101
4.2.2.5 Descarga de Material	102
4.2.3 Selección por Tipo de Material	104
4.2.4 Línea de Programa.....	105
4.2.5 Función de los Equipos de Apoyo en la Operación de Carguío	106
4.2.5.1 Arreglo de Cancha	107
4.2.5.2 Limpieza de Cancha.....	108
4.3 Descripción del Sistema GPS y Sistema de Monitoreo y Administración Minera Actual en Mina Chuquicamata	109
4.3.1 Base Conceptual Sistema GPS	109
4.3.1.1 Funcionamiento de GPS.....	110
4.3.2 Sistema de Monitoreo y Administración Minera Actual en Mina Chuquicamata	116
4.3.2.1 Sistema GPS Actual de Mina Chuquicamata en Palas y Camiones	117
4.3.3 Sistema de Monitoreo y Administración Operacional Actual de Mina Chuquicamata en Palas y Camiones	124
4.3.3.1 Introducción	124
4.3.3.2 Dispatch	124
4.3.3.3 Dispositivos de Dispatch y de GPS de Baja Precisión	125
4.3.3.3.1 Unidad Base de Control (despacho)	125
4.3.3.3.2 Unidad Móvil o de Campo.....	126
4.3.3.3.3 Unidad Repetidora.....	127
4.3.3.3.4 Datos de Entrada al Sistema.....	128
4.3.3.4 Interacciones con el Sistema.....	131
4.3.3.4.1 Interacción Operador de Camión y de Pala con el Sistema Dispatch	131
4.3.3.5 Funcionamiento del Sistema Dispatch	142
4.3.3.5.1 Base de Datos del Sistema Dispatch	142
4.3.3.5.2 Algoritmos del Sistema.....	143
4.3.3.5.3 Algoritmo Mejor Ruta (Best Path)	144
4.3.3.5.4 Algoritmo de la Programación Lineal (PL).....	145
4.3.3.5.5 Algoritmo de Programación Dinámica (PD).....	145
4.3.3.5.6 Reportes que Entrega el Sistema	146

4.3.3.5.7	Beneficios de la Herramienta Dispatch y GPS de Baja Precisión en Mina Chuquicamata.....	152
-----------	---	-----

CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE RED INALÁMBRICA DE 2.4 GHZ Y DEL SISTEMA GPS DE ALTA PRECISIÓN EN PALAS..... 153

5.1	Introducción	153
5.2	Unidades Principales del Sistema.....	153
5.3	Dispositivos Principales de las Unidades.....	154
5.3.1	Unidad Base de Control	154
5.3.1.1	Componentes Principales Unidad Base de Control.....	155
5.3.2	Unidad Repetidora Móvil o Fija.....	156
5.3.2.1	Componentes Principales Unidad Repetidora Móvil	157
5.3.2.2	Componentes Principales Unidad Repetidora Fija.....	158
5.3.3	Unidad Móvil Computarizada (pala)	159
5.3.3.1	Componentes Principales Unidad Móvil Computarizada.....	159
5.4	Componentes Red Inalambrica de Espectro Disperso de 2.4 ghz.....	161
5.4.1	Unidad Base de Control	162
5.4.2	Unidad Repetidora Móvil.....	168
5.4.3	Unidad Móvil Computarizada	172
5.5	Componentes Principales del Sistema GPS de Alta Precisión de la Unidad Carguío Palas.....	177
5.5.1	Unidad Base de Control	178
5.5.2	Unidad Repetidora Móvil.....	181
5.5.3	Unidad Repetidora Fija.....	182
5.5.4	Unidad Móvil Computarizada (pala)	182

CAPITULO 6: MONTAJE DE EQUIPOS Y OPERATIZACIÓN DEL SISTEMA GPS Y RED INALÁMBRICA 184

6.1	Introducción	184
6.2	Montaje de los Dispositivos de las Unidades Principales del Sistema	184
6.2.1	Montaje en la Unidad Móvil Computarizada o Equipo de Campo	185
6.2.1.1	Requerimientos Para la Unidad Móvil Computarizada	185
6.2.1.2	Montaje Consola Gráfica a Color en Palas.....	186
6.2.1.3	Montaje Antenas Receptoras GPS de Alta Precisión con Choke Ring	189
6.2.1.4	Montaje Antenas de Radio de 2.4 ghz.....	192
6.2.1.5	Montaje Dispositivo Hub en Palas.....	195
6.2.2	Montaje Unidad Repetidora: Móvil y Fija	197
6.2.2.1	Consideraciones Tomadas para el Montaje Operacional de las Antenas Móviles y Fijas.....	197
6.2.2.2	Consideraciones para el Montaje Preventivo de las Antenas Móviles y Fijas	198
6.2.2.3	Montaje Operativo de las Antenas Móviles y Fijas.....	199
6.2.2.4	Ubicación de los Repetidores	202
6.2.3	Montaje de Dispositivos en la Unidad Base de Control (despacho)	204

6.2.3.1	Montaje Preventivo.....	204
6.2.3.2	Montaje Operativo	207
6.3	Operatización Sistema GPS de Alta Precisión y Red Inalámbrica de 2.4 ghz en Palas	209
6.3.1	Sistema GPS de Alta Precisión en Equipo de Campo: Palas.....	210
6.3.2	Sistema GPS en Unidad Repetidora Móvil y Fija.....	215
6.3.3	Sistema GPS en Unidad Base de Control.....	216
6.4	Operatización de la Red Inalámbrica de 2.4 ghz en las Unidades Componentes del Sistema	216
6.4.1	Sistema de red inalámbrica en equipos de campo: palas.....	217
6.4.2	Sistema de Red Inalámbrica en Unidades Repetidoras: Fijas o Móviles.....	218
6.4.3	Sistema de Red Inalámbrica en Unidad Base de Control: Despacho.....	219
6.4.3.1	Entrada de Datos a Despacho	220
6.5	Interacciones y Utilización del Sistema GPS.....	222
6.5.1	Operador de Palas.....	223
6.5.2	Despachador.....	227
6.5.3	Utilización del Sistema GPS: Usuarios del Sistema	228

CAPITULO 7: BENEFICIOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA GPS Y RED INALÁMBRICA DE MODULAR MINING SYSTEMS INC..... 230

7.1	Introducción	230
7.2	Beneficios del Sistema GPS Alta Precisión Para la Unidad Carguío Palas.....	230
7.2.1	Control del Nivel de Piso (np).....	231
7.2.1.1	Generación de los Niveles de Piso	231
7.2.1.2	Perdidas que se Obtienen al no Llevar un Nivel de Piso	232
7.2.1.3	Ventajas que se Obtienen al Cumplir con el Nivel de Piso.....	234
7.2.2	Control de la Línea de Programa (lp)	236
7.2.2.1	Desventajas al no Llevar una Línea de Programa	237
7.2.2.2	Ventajas al Cumplir la Línea de Programa (LP).....	239
7.2.3	Control por Tipo de Material: Dilución	242
7.2.3.1	Desventajas por Mezcla de Material: Dilución.....	243
7.2.3.2	Ventajas del Control por Tipo de Material: Dilución.....	244
7.3	Factores que Inciden en el Cumplimiento del Beneficio: Nivel de Piso, Línea de Programa y Control Dilución.....	245
7.3.1	Responsabilidades Asociadas al Cumplimiento de los Beneficios	246
7.3.1.1	Responsabilidades Internas	246
7.3.1.2	Responsabilidades Externas	246
7.4	Cuantificación de los Beneficios que se Obtendrán con la Implementación del Sistema GPS de Alta Precisión en la Unidad Carguío Palas.	248
7.4.1	Esquema Global de la Norma Asarco	249
7.4.1.2	Indicadores de Gestión	251
7.4.2	Situación Actual Mina Chuquicamata Según Caso Base: Indicadores de Gestión	252
7.4.3	Cuantificación de los Beneficios Operacionales con el Sistema GPS de Alta Precisión en Palas.....	254
7.4.3.1	Nivel de Piso: Arreglos de Cancha por no Llevar el Nivel de Piso	254

7.4.3.2	Linea de Programa (LP).....	258
7.4.3.3	Control Dilución.....	262
7.4.3.4	Reducción de los Metros Perforados: Unidad de Perforación.....	265
7.4.3.5	Análisis de Gestión para la Unidad Movimiento de Tierras con Relación al Beneficio Arreglo de Cancha por Cumplimiento del Nivel de Piso en Palas.....	268
7.4.4	Cuantificación de los Beneficios Económicos con el Sistema GPS de Alta Precisión en Palas.....	270
7.4.4.1	Gastos y Costos Totales Según Caso Base para Producir una Tonelada de Cobre Fino Contenido en Concentrado y de Molibdeno.....	271
7.4.4.2	Gastos y Costos Totales para Producir una Tonelada de Cobre Fino Contenido en Concentrado y de Trióxido de Molibdeno de Tonelaje Beneficio.....	272
7.4.4.3	Gastos Asociados A Producción.....	273
7.4.4.4	Ingresos Totales Minco por Concepto: Nivel de Piso, Línea de Programa y Control Dilución.....	275
7.4.5	Análisis de Gestión Teórico con la Implementación del Sistema GPS de Alta Precisión en la Unidad Carguío Palas.....	275
7.4.5.1	Análisis Comparativo de Productividad y de Gestión entre el Escenario Caso Base y el Teórico con el Sistema GPS.....	278
7.4.6	Evaluación Económica del Sistema GPS de Alta Precisión para la Unidad Carguío Palas.....	280
7.4.6.1	Inversión Inicial Asociada.....	280
7.4.6.2	Depreciación.....	281
7.4.6.3	Gastos Asociados a Mantenimiento y Soporte del Sistema.....	281
7.4.6.4	Gastos Asociados a la Producción Tonelaje Beneficio Minco.....	282
7.4.6.5	Ingresos Asociados a la Comercialización de Producto Final Minco.....	282
7.4.6.6	Tasa de Descuento.....	283
7.4.6.7	Impuesto Tributario.....	283
7.4.6.8	Indicadores Económicos del Proyecto.....	285
CAPITULO 8. <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>		286
8.1	Conclusiones.....	286
8.2	Recomendaciones	290

INTRODUCCIÓN

Dentro de las fases de operación de la Mina Chuquicamata, la operación de carguío tiene una serie de eventos no programados los cuales generan pérdidas en la productividad al disminuir el tiempo efectivo de la pala.

Estos eventos son básicamente cuatro, en los cuales el sistema GPS establecerá un beneficio; dos de ellos son el traslado de pala y posterior acomodo, los cuales se realizan cada vez que la pala no cargó la frente de carguío hasta los límites deseados, razón por la cual el equipo debe volver a la frente de carguío a excavar el material no removido, estos tiempos corresponden a un **0.052%** y **0.1143%** del tiempo total disponible del equipo.

El tercer evento corresponde a los arreglos de cancha que realizan los tractores en la zona de carguío, cuando la pala no está cumpliendo con la cota deseada para dicho banco, este evento o pérdida corresponde a un **0.19%** del tiempo total disponible.

El cuarto evento es la mezcla de material de baja ley en material de alta ley, formando con esto una ley media de menor valor de la ley a la establecida para un determinado sector de excavación de la mina y con ello una falta en el cumplimiento de las leyes enviadas a planta, la cantidad de material de menor ley es de un **1.27%** del total material a proceso.

Todos estos eventos son pérdidas que se generan al no reducir o eliminar dichos eventos.

El GPS de alta precisión reduciría dentro de un marco teórico un 100% de los eventos antes mencionados

Objetivo General

- Evaluación y Operatización del sistema GPS de alta precisión en Palas de Mina Chuquicamata

Objetivos Específicos

- Reducir el tiempo por concepto de detenciones no programadas al reducirse los tiempos de los eventos tales como: arreglos de cancha, traslado de pala y acomodo de pala.
- Cumplir con los niveles de piso y Líneas de Programas planificadas.
- Cumplir con las leyes establecidas por planificación para proceso.
- Aumento de la Productividad y utilización efectiva de los equipos de carguío.
- Aumento de los rendimientos efectivos de los equipos de carguío.
- Disminuir el costo unitario de Cobre Fino contenido en concentrado y de Trióxido de Molibdeno por proceso Mina Concentradora.
- Evaluar la rentabilidad de la inversión del sistema GPS para los equipos de carguío.

Metodología

Para la confección del siguiente estudio se realizó un esquema cronológico de trabajo abarcando cada uno de los temas tratados de acuerdo a una carta Gantt.

En él capítulo uno se comenzó por hacer una reseña histórica de la Mina Chuquicamata, describiendo a su vez el clima, la fauna, la geología y las características geomecánicas propias del lugar.

Posteriormente en el capítulo dos se realizó una descripción del negocio Codelco y sus divisiones.

En el capítulo tres se realiza la presentación de un marco teórico a enfocar desde el punto de vista del negocio las oportunidades que se generan por no tener controlado los sistemas.

En el capítulo cuarto se hace una presentación del lugar de trabajo destacando en este caso el proceso de carguío abarcando el funcionamiento del GPS y de DISPATCH para este proceso del nuevo sistema GPS y de Red Inalámbrica, describiendo todos los dispositivos y equipos desde un punto de vista técnico.

El capítulo quinto describe el montaje de cada uno de los dispositivos del sistema desde un punto de vista preventivo y operativo. A su vez se realizó la descripción operativa del nuevo sistema GPS y de Red Inalámbrica.

En el capítulo sexto y basándose en la operatización del sistema se establecieron los beneficios operativos que se obtienen con el nuevo sistema y con esto se realizó una evaluación económica basándose en los gastos de inversión, gastos por proceso productivo y ingresos esperados desde el año 2004 al 2007.

Finalmente en el capítulo siete se hicieron las conclusiones finales y las recomendaciones correspondientes del nuevo sistema GPS de alta precisión y de Red Inalámbrica de 2.4 Ghz.

Alcances

El alcance de este estudio corresponde a la descripción del funcionamiento de la tecnología GPS de alta precisión y de red inalámbrica de 2.4 Ghz realizada dentro de un marco teórico, a su vez se confeccionó un modelo para realizar la evaluación económica del sistema basándose en los beneficios que ofrece el nuevo sistema.

Restricciones

En el estudio realizado no se considera como parte de éste, lo siguiente:

- Los gastos utilizados como modelo para proyectar los gastos y costos unitarios por proceso según caso base para los beneficios GPS fueron calculados por ingenieros de gestión de Codelco Norte en un plan de negocios a largo plazo llamado Caso Base.
- La Inversión inicial del proyecto y sus pagos anuales referidos a mantención y soporte del Software y Hardware del nuevo sistema GPS Alta Precisión, es manejada mediante contrato entre Codelco y Modular Mining Systems Inc.
- El diseño y elección de dispositivos de las redes de comunicación y GPS fueron desarrollados por ingenieros de Modular en EE.UU., por lo que la participación en este marco se desarrollo solamente mediante visitas a terreno del montaje y puesta en marcha del sistema.

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 Reseña Histórica Mina Chuquicamata

La división Codelco Norte Mina Chuquicamata, pertenece a la Corporación Nacional del Cobre de Chile (CODELCO-CHILE), y opera el rajo abierto más grande del mundo.

Los arqueólogos e historiadores piensan que aborígenes de ascendencia Quechua y Aymará fueron los primeros en usar el cobre de esta región en la elaboración de utensilios domésticos y armas.

A fines del siglo pasado, ya se explotaban los yacimientos vetiformes que existían en la periferia de Chuquicamata, destacándose las vetas Zaragoza, Balmaceda, Angélica, Poderosa, Lérida, San Antonio en Chuquicamata y Ojo de Gallo.

En 1910 el geólogo Norteamericano Albert Burrage conoce Chuquicamata y recomienda se hagan estudios e inversiones en este yacimiento y es así como en 1912, Waldemar Lindgren realiza un estudio geológico, que permite en Marzo de 1915 a la Chile Exploration Company, perteneciente a Meyer Guggenheim Sons, de Nueva York, iniciar la explotación a gran escala de Chuquicamata, basándose en la extracción de mineral oxidado, principalmente Atacamita, Antlerita, Brochantita y Kroenkita con leyes de alrededor de 1.75 % de Cobre.

En 1923, la compañía Norteamericana Anaconda, adquirió a los Guggenheim el 51 % de Chile Cooper y en 1929 pasó a controlar el 99.5 % de esta empresa.

A medida que la producción de la mina va creciendo, se desarrollan algunos sectores de la zona de transición a mineral sulfurado, lo que determina la construcción de una planta de tratamiento de este mineral por el método de flotación y refinación a fuego, la que es puesta en servicio en 1952.

Paralelamente a la evolución que existía en el proceso productivo, a partir de 1965 se inició también una etapa de cambios en la administración del yacimiento, iniciada con el planteamiento de la "Chilenización", que culminará en 1969 con la firma de los convenios del cobre, destinados a realizar un gran esfuerzo de inversiones en toda la gran minería del cobre, continuó luego, en 1971, con la nacionalización de esta riqueza, para culminar en 1976 con la creación de la Corporación nacional del Cobre, Codelco Chile, de la cual Chuquicamata forma parte en calidad de División.

1.2 Ubicación y acceso al complejo Chuquicamata

La Mina Chuquicamata perteneciente a la Corporación Nacional del Cobre de Chile, administrada a través de su División Chuquicamata se encuentra ubicada en la provincia del Loa, II Región, zona Norte de Chile. (Ver Figura 1.1)

Sus coordenadas geográficas son: 22° 20' Latitud Sur y 68° 55' Longitud Oeste; encontrándose a una altura de 2830 m.s.n.m.

Se ubica en el centro del Desierto de Atacama, a 1600 Km. de distancia al Norte de Santiago de Chile, a 240 Km. al Noreste del puerto de Antofagasta, capital de la II Región y a 16 Km. al Norte de Calama, capital de la provincia del Loa.

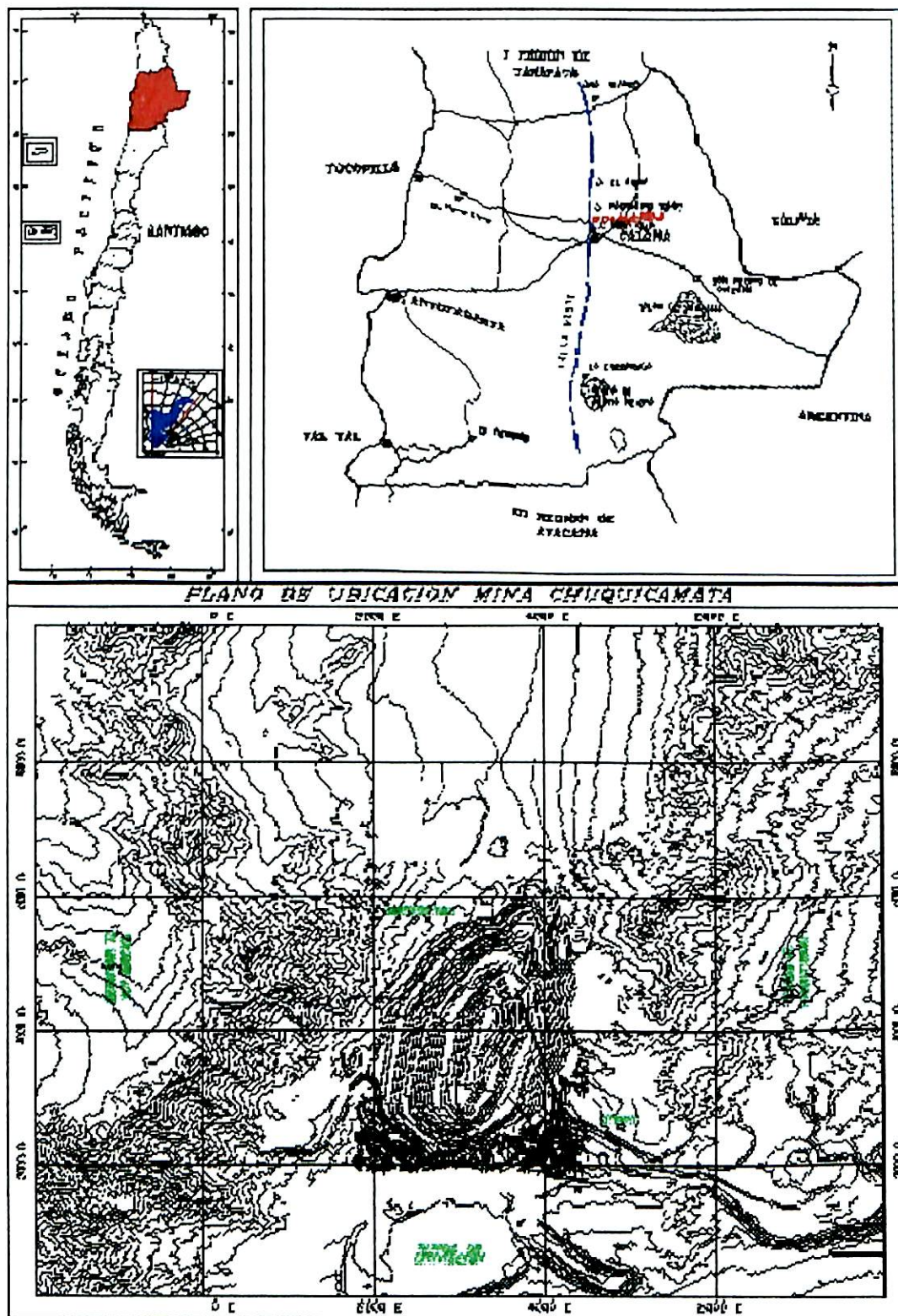


Fig. 1.1 Ubicación Mina Chuquicamata

1.3 Clima, Fauna, Vegetación e Hidrografía

El clima de la región corresponde a un clima Desértico Marginal de Altura (Fuenzalida, 1950) extremadamente seco y carente de lluvias, salvo cuando es afectado por el llamado Invierno Boliviano, entre Diciembre y Marzo, provocando lluvias torrenciales. La temperatura media de esta región es de 22.8°, con temperaturas que oscilan entre 0° a 22° C en invierno, pudiendo descender a varios grados bajo 0° C durante las noches de invierno y entre 6° a 29° C en verano.

El viento es uno de los aspectos más característico de esta parte del país, registrándose ráfagas de hasta 140 km/hr en algunas temporadas, aunque la mayor parte del tiempo alcanzan un promedio de 30 km/hr.

La fauna en la región es muy escasa y en contadas ocasiones se observan ejemplares de Guanacos (*Lama Guanicoe*), Vizcachas (*Viscacia Cuviere*), Chinchillas (*Chinchilla Bolivianus*) y Culpeos (*P.Culpaeus*), entre las aves, la más común, sin ser abundante, es la Perdiz (*Nothoprocta Ornata*).

La vegetación en esta zona es muy pobre y solo se observan algunas Cactáceas tales como *Cereus Candelaris* (Quisco Candelabro), *Cereus Atacamensis* (Cardón), *Opuntia* y *Pilocereus*. Asociados a ellas se encuentran arbustos y yerbas perennes, entre los que destacan *Prolyachyrus Tarapacanus*, *Flouencia Gayana*, *Trixis Cocalioides*, *Heterothalamus Bolivianus*, *Mentzelia Ignea*, etc. En los centros poblados se observan cultivos especialmente de alfalfa y maíz.

El recurso agua es muy escaso en la región, siendo el principal elemento hidrográfico de la zona el Río Loa, él más largo del país, y Salado, que contiene altos niveles de minerales, ambos causes se unen en un solo caudal a unos 37 kilómetros antes de llegar a Calama.

mineralizada cuprífera intrusiva se conoce con el nombre de Pórfido Chuqui, en el cual se pueden apreciar variaciones estructurales dentro de él. Las unidades litológicas del yacimiento de Chuquicamata se pueden resumir de la siguiente manera:

a. ROCAS INTRUSIVAS

- ROCA CUARZO-SERICITA
- GRANODIORITA

b. ROCAS SEDIMENTARIAS

- LUTITAS
- ARENISCAS
- CALIZAS

1.4.3 Alteración

Las alteraciones desarrolladas en las unidades litológicas del yacimiento Chuquicamata, son producto de procesos magmáticos, hidrotermales y regionales, que se han desarrollado en el interior y hacia el entorno del yacimiento.

- ALTERACION SERICITICA
- ALTERACION SERICÍTICA POTASICA
- ALTERACION POTASICA
- ALTERACION CLORITICA

1.4 Modelo geológico de Chuquicamata

1.4.1 Geología

Chuquicamata es uno de los depósitos tipo pórfido cuprífero más grande del mundo y a la vez el más atípico. Es único no sólo por su tamaño, sino por el extremo dinamismo de su patrón estructural, activo a través de su larga y compleja historia de desarrollo, y por diversas características de su alteración y mineralización, en vetas, vetillas y diseminada que lo hace particularmente más rico que otros de este tipo.

La mineralización de Chuquicamata tiene forma de un gran cuerpo tabular vertical, con 4500 m. de longitud, 800 m. de ancho y al menos 1500 m. de profundidad. Su esqueleto, conformado por las estructuras de alta ley de cobre, tiene la forma de un árbol caído con el tronco al sur y las ramas hacia el norte y noreste. Por encontrarse en un ambiente precordillerano, se caracteriza por tener estructuras regionales de tipo anticlinal las cuales se les asocian a fallas inversas y de rumbo.

Las principales unidades litológicas del yacimiento corresponden a la Roca Cuarzo-sericita, Pórfido Chuqui, Rocas Sedimentarias, Granodiorita Elena, Granodiorita Este, Granodiorita Fortuna y Unidades de Gravas.

Dentro del grupo de alteraciones se puede encontrar: Alt. Sericítica, Alt. Sericítica - Potásica, Alt. Potásica, Alt. Clorítica y el Lixiviado.

La mineralogía cuenta con cuatro zonas: Zonas Lixiviada, Zona de Óxidos, Zonas de Sulfuros Supérgenos y Sulfuros Primarios.

1.4.2 Litología

Las unidades litológicas aflorantes en el yacimiento Chuquicamata corresponden a unidades intrusivas, sedimentarias y metamórficas. El área

1.4.4 Mineralogía y Mineralización

La mineralogía está distribuida en cuatro zonas: Zona Lixiviada, Zona de Óxidos, Zona de Sulfuros Supérgenos, y de Sulfuros Primarios.

Los Sulfuros Primarios son producto de una alteración y mineralización Hipógena que comprende Alteración Potásica, Alteración Propilítica y una Alteración Hidrotermal. El proceso de oxidación y enriquecimiento supérgeno, controlado por factores como la cantidad de pirita disponible, actitud de la roca encajante y naturaleza del sulfuro, junto a una erosión que permite que condiciones oxidantes alcancen a los minerales primarios de cobre en el yacimiento, desarrollaron procesos de oxidación, lixiviación y cementación de sulfuros, dando origen a sus respectivas zonas. La mineralogía y características principales de estas zonas son:

- ZONA LIXIVIADA
- ZONA DE OXIDOS
- ZONA DE SULFUROS SUPERGENOS
- ZONA DE SULFUROS PRIMARIOS

1.5 Caracterización Geotécnica Mina Chuquicamata

En la mina Chuquicamata se conocen dos ambientes geotécnicos mayores separados por la Falla Oeste. En el talud oeste y adosado a la traza de esta mega estructura se presenta una zona de cizalle de mala calidad geotécnica desarrollada en la unidad Granodiorita Fortuna. En superficie predomina una condición de mala a moderada calidad geotécnica del macizo, condición que mejora con profundidad. El mecanismo de inestabilidad reconocido corresponde al deslizamiento global del talud con presencia de volcamientos.

En el talud este, en cambio, las zonas de mala calidad se relacionan a la presencia de las unidades litológicas Roca Cuarzo-Sericita, Pórfido Este con alteración sericítica moderada y metasedimentos. Predomina en superficie la calidad geotécnica mala a moderada, la cual se desarrolla principalmente en la unidad Pórfido Este, principal portador de la mineralización. Los sistemas estructurales presentes y la geometría del talud tienden a la formación de inestabilidades tipo cuñas y en menor proporción a deslizamientos planares (Ver Tabla 1.1.

Unidad Geotécnica	Resistencia Compresión Mpa	Resistencia Tracción Mpa	Módulo de Young Gpa	Frecuencia Fracturas ff/m	Densidad Ton/m ³
Granodiorita Elena	67	10	40	4 – 14	2.62
Granodiorita Fortuna	105	11	33	5 - 10	2.66
Zona de Cizalle Interno	17	1.05	7	16 – 40	2.3
Pórfido Este Potásico	133	6	28	4 – 8	2.58
Pórfido Este Sericítico	44	4	24	3 – 7	2.52
Metasedimentos Calcáreos	74	12	25	6 – 20	2.67
Granodiorita Este	97	10	34	3 – 7	2.62
Zona de Cizalle Moderado	66	3	30	9 – 24	2.51
Pórfido Este Clorítico	78	7	47	3 – 9	2.62
Roca Cuarzo Sericítica	21	1.8	22	3 - 8	2.49

Tabla 1.1 Características de las Unidades Geotérmicas.

1.5.1 Caracterización geotécnica

La caracterización geotécnica para la Mina Chuquicamata, se realizó según la proposición de Bieniawski (1976) la cual para la Mina, ha sido sensibilizada y categorizada de acuerdo a la Figura 1.2. De manera general, se reconocen para la mina, dos sectores geotécnicos mayores, separados por la Falla Oeste y desarrollados en ambientes litológicos distintos.

1.5.1.1 Caracterización geotécnica talud Oeste

El talud oeste presenta condiciones geotécnicas distintivas relacionadas al desarrollo de una zona de cizalle, producto de la actividad tectónica de la Falla Oeste. En este se han reconocidos tres grados de cizalle definidos como: zona de cizalle intenso, zona de cizalle moderado y zona de cizalle débil.

La *Zona de Cizalle Intensa* está adosada al flanco occidental de la Falla Oeste y presenta la textura original de la roca total o parcialmente obliterada, con un alto contenido de material arcilloso y asociado a numerosos planos de cizalle con reorientación de minerales ferromagnesianos. Para esta zona se ha definido una calidad geotécnica de la categoría IV.

La *Zona de cizalle Moderado* se caracteriza por presentar un daño moderado a la matriz de la roca, en donde la textura original se encuentra parcialmente obliterada, con numerosos planos de cizalle macroscópicos. Se le asigna una categoría geotécnica de categoría IV.

En la *Zona de Cizalle Débil* se reconocen planos de cizalle con textura de la roca levemente alterada, un macizo menos fracturado y evidentemente más competente. Se asigna una clasificación de la categoría III b, o mala a moderada calidad geotécnica.

Rocas de calidad geotécnica IV se reconocen, además en la parte central superior del talud Oeste, asociadas a estructuras mayores de dirección NNW. Con una gran distribución areal se reconoce una unidad en el rango geotécnico de *Mala a Moderada Calidad* (III b), alcanzando en superficie aproximadamente el 60 % del área total del talud Oeste.

Rocas de *Moderada Calidad Geotécnica* (III a), tienen una expresión superficial restringida, aunque la información de sondajes evidencia que su importancia en profundidad es mayor, fundamentalmente por una mejor condición de fracturamiento in-situ del macizo rocoso.

La presencia de unidades geotécnicas de *Moderada a Buena Calidad* (II b) se ha reconocido solo a partir de la descripción de sondajes.

1.5.1.2 Caracterización geotécnica talud este

Tres unidades geotécnicas principales de calidad IV se reconocen en el talud Este y corresponden a las zonas denominadas IV - E1, IV - E2 y IV - E3.

La zona geotécnica IV - E1 se dispone con una orientación Norte - Sur, asociada a la roca Cuarzo-Sericita, mientras que la zona geotécnica IV - E2, se reconoce en la parte Noreste del pit, desarrollada en el Pórfido Este, con alteración sericítica moderada y cizalle relacionado a la Falla Oeste. Asociada a la unidad litológica de metasedimentos se define la zona geotécnica IV - E3.

Las unidades geotécnicas de la categoría geotécnica III b son las que presentan una mayor distribución areal en superficie y se desarrollan principalmente en un ambiente litológico dominado por el Pórfido Este.

En el talud Este, la unidad geotécnica III a, se reconoce en superficie como unas discontinuas y de distribución restringida, sin embargo a partir de sondajes se infiere un mayor desarrollo en profundidad.

La unidad geotécnica II b se reconoce fundamentalmente en profundidad, este comportamiento se interpreta como el de un macizo rocoso fresco con escasas perturbaciones estructurales. Especialmente se relaciona con las unidades litológicas Granodiorita Este y Pórfido Este con alteración potásica.

1.5.1.3 Caracterización Estructural

La Falla Oeste es el rasgo estructural más relevante que se conoce en el rajo Chuquicamata, imponiendo lineamientos estructurales, geotécnico y geológicos de disposición general Norte - Sur. De acuerdo a los arreglos estructurales se han definido 8 dominios estructurales mayores y un subdominio relacionado a un sistema de fracturamiento hacia el talud reconocido en el sector Oeste, Figura 1.1, en la tabla 1.1 se indican direcciones preferenciales y unidades litológicas - alteración asociadas para cada dominio.

DOMINIO	DIP / DIP DIR	U. LITOLOGICA ASOCIADA	U. ALTERACION ASOCIADA
Fortuna Norte	70°/269°, 75°/351°, 36°/277°	Granodiorita Fortuna	Supérgena débil
Fortuna Sur	74°/007°, 65°/293°, 74°/241°	Granodiorita Fortuna	Supérgena débil
Sub. Fracturamiento	46°/110°	Granodiorita Fortuna	Supérgena débil
Americana	81°/297°,73°/0 05°, 77°/235°	Roca Cuarzo – Sericita	Sericítica fuerte
Zaragoza	76°/147°, 77°/201°, 75°/238°	Pórfido Este Pórfido Oeste	Sericítica débil Potásica y Lixiviado
Estanques Blancos	70°/147°, 78°/327°, 70°/204	Pórfido Este Pórfido Banco	Sericítica potásica Sericítica
Balmaceda	73°/187°, 76°/355°, 75°/265°	Pórfido Este	Sericítica – Potásica
Noroeste	78°/228°, 78°/290°, 78°/339°	Metasedimentos Pórfido Este	Met. Bajo Grado Potásica y Clorítica
Mesabi	75°/273°, 76°/219°, 74°/351°	Granodiorita Este Granodiorita Elena Metasedimentos	Clorítica Clorítica Met. Bajo Grado

Tabla 1.2 Dominios Estructurales Mina Chuquicamata.

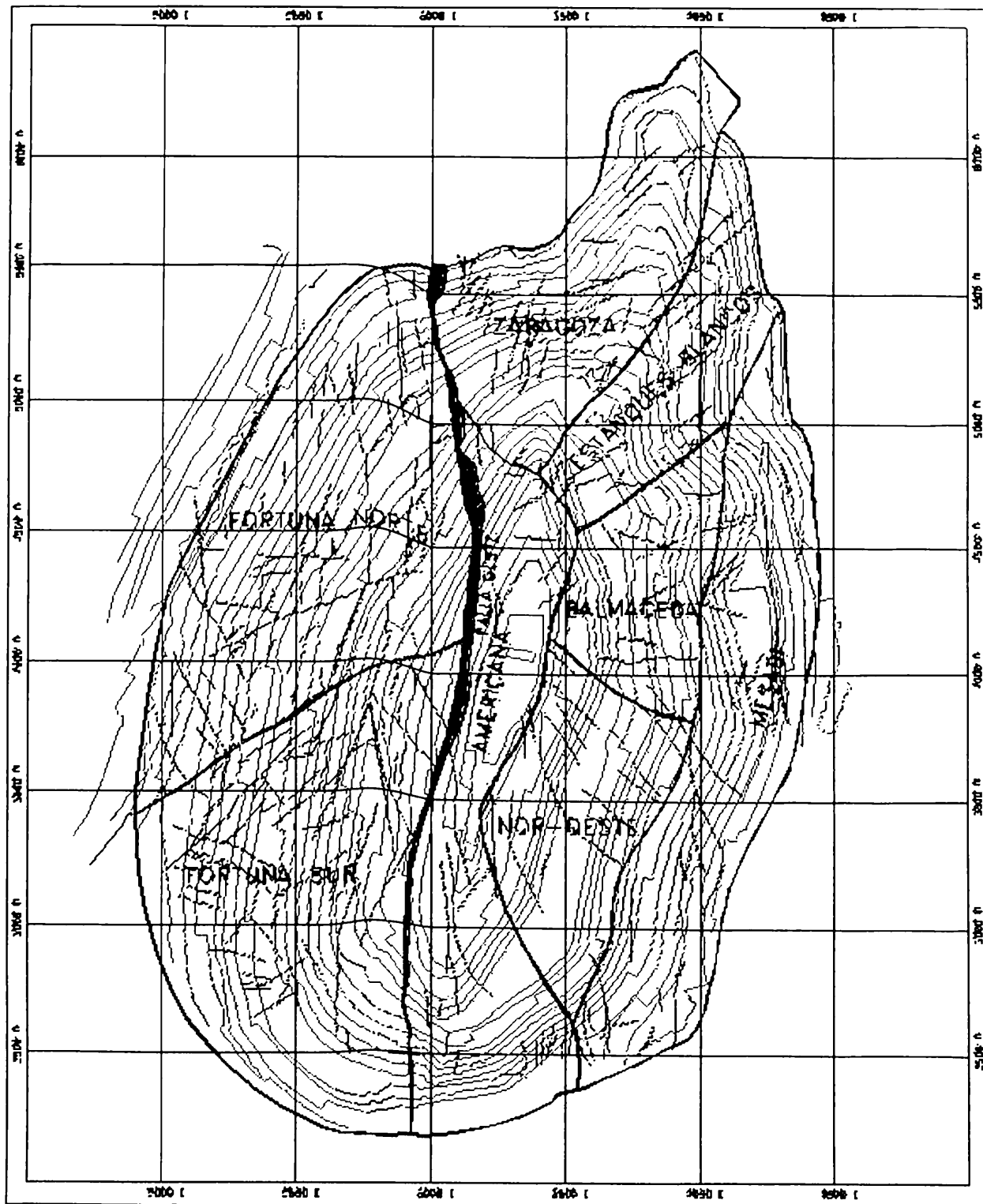


Fig. 1.2 Plano de Domínios

1.5.2 Mecanismos de Inestabilidad

De los análisis de mecanismos de inestabilidad cinéticamente admisibles para los taludes de la Mina Chuquicamata, se puede establecer dos ambientes distintos.

En el talud Oeste, el resultado de los análisis cinemáticos de inestabilidad evidencian una gran probabilidad de volcamientos, hecho observado en los actuales comportamientos del talud, figura 1.2., si consideramos que las inestabilidades del tipo volcamiento y desplazamiento de bloques corresponden al expresión superficial de un mecanismo mayor, podríamos concluir que el talud Oeste, presenta un mecanismo de inestabilidad por deslizamiento global del talud, producto de la presencia de una franja de rocas cizalladas, de comportamientoseudoplástico a los esfuerzos compresivos, lo cual permite que las unidades cizalladas se compriman y el resto del talud se relaje y deforme. Para el talud Este el análisis cinemático estableció un claro predominio de inestabilidades estructurales del tipo cuñas, complementados por una alta probabilidad de deslizamientos planares en la parte media a alta del talud, asociado a este último al dominio estructural Mesabi y a la geometría del pit.

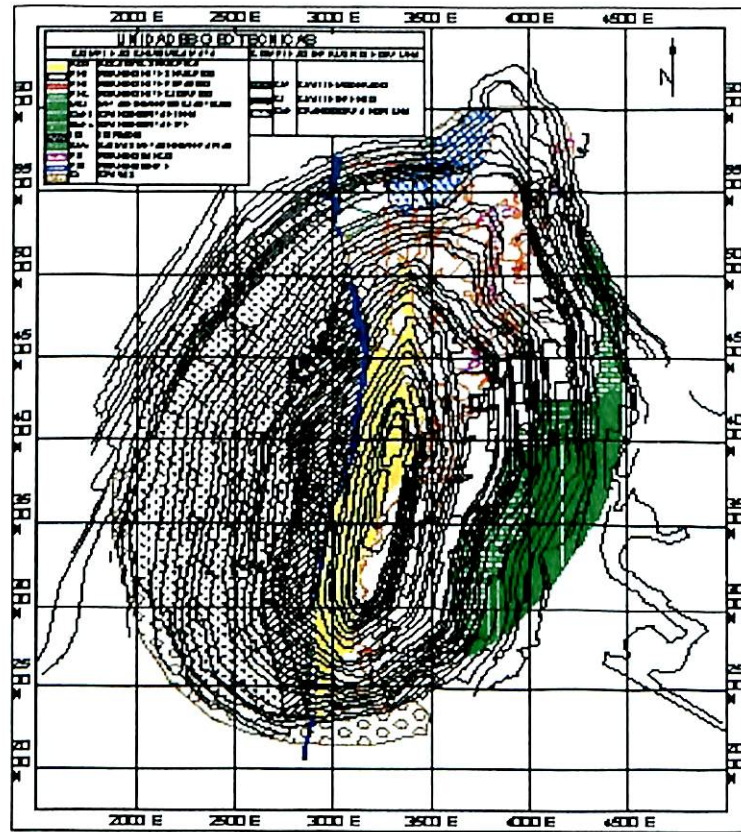
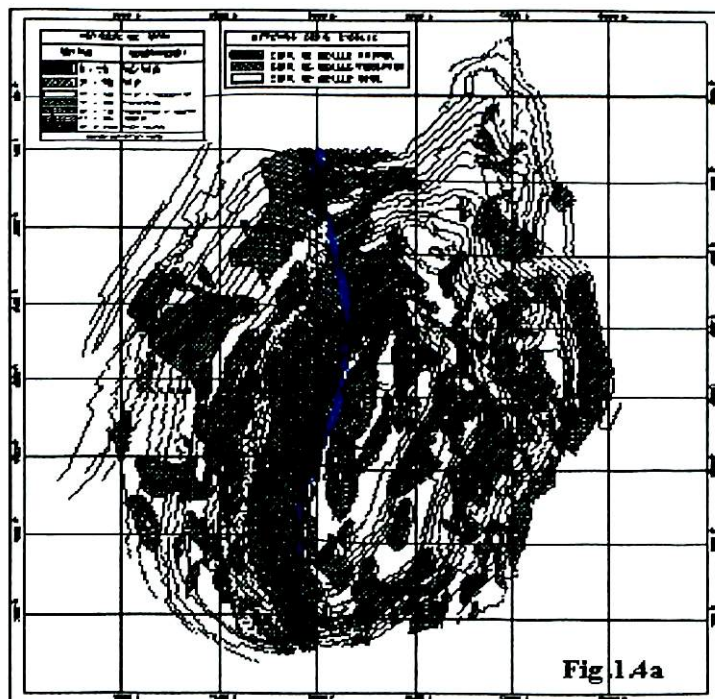
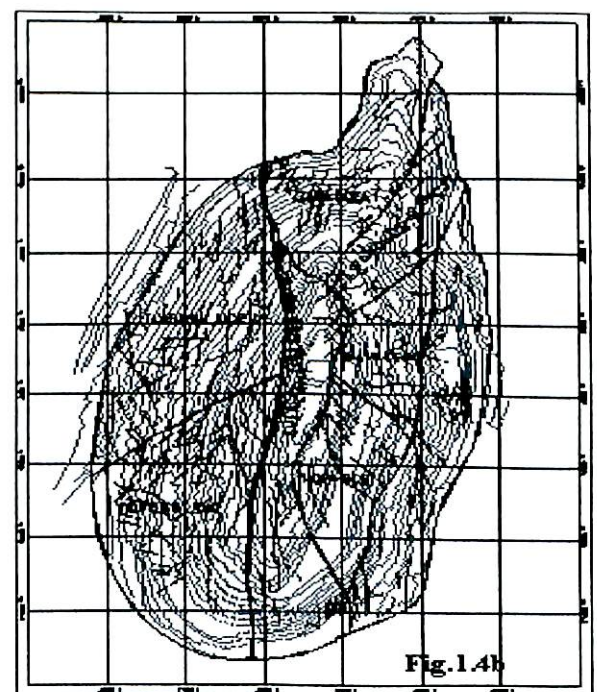


Fig. 1.3 Plano de las Unidades Geotécnicas.



Zonificación Geotécnica



Zonificación Estructural

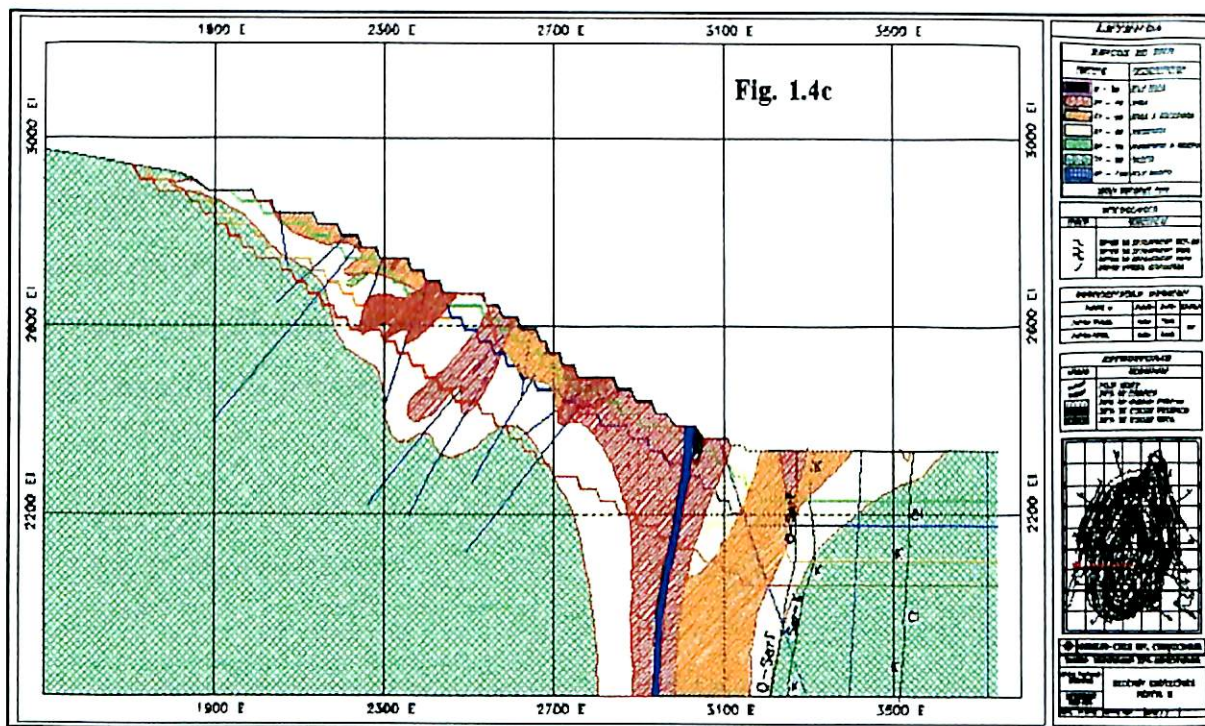


Fig. 1.4 Perfil Geotécnico

CAPITULO 2: ANTECEDENTES DE CODELCO, DEL NEGOCIO MINERO Y EL LUGAR DE ESTUDIO

Previo al análisis de las Unidades de la Superintendencia, es necesario situarse en el contexto global de la empresa a la cual pertenece esta Unidad, vale decir, la Corporación Nacional del Cobre, CODELCO, su negocio, el retorno esperado por el dueño y los objetivos estratégicos.

2.1 La Corporación

La Corporación Nacional del Cobre de Chile es una empresa dedicada a la ubicación y explotación de yacimientos de cobre y minerales asociados.

2.2 El Negocio

El negocio de la Corporación Nacional del Cobre ha declarado que la misión de la Empresa es:

“Desarrollar y administrar eficientemente negocios mineros relacionados, con el propósito de Maximizar en una perspectiva de largo plazo la generación de excedentes económicos y su aporte al Estado de Chile”.

La Corporación está constituida por cinco divisiones mineras:

Chuquicamata

El Teniente

El Salvador

Andina

Radomiro Tomic

Además comprende la División Talleres de Rancagua, la cual opera como empresa metal mecánica y productora de cal.

A pesar de haber vendido la División Tocopilla (la cual genera energía eléctrica para Chuquicamata y otros clientes) gran parte de las acciones son de su propiedad.

Actualmente está en proceso de explotación el Yacimiento Radomiro Tomic el cual se constituyó como una división minera autónoma dentro de Codelco-Norte.

La Corporación también tiene participación en el yacimiento El Abra, de la cual es Copropietaria junto a empresas extranjeras.

En lo que se refiere a la producción de cobre metálico este debe desarrollarse en etapas secuenciales. Cada una de estas etapas puede gestionarse como una unidad de gestión con productos e insumos transables y valor al final del proceso. Se considera mineral a extraer de la mina, aquel material que tiene una ley entre 0.5 y 1.2% del total del peso del mineral.

Actualmente existen dos tecnologías principales de tratamiento para el mineral de cobre:

La vía Hidrometalúrgica

La vía Pirometalúrgica

El mineral primeramente extraído para luego ser chancado y luego tratado según su mineralización. Es utilizada la vía hidrometalúrgica en el caso de los óxidos de cobre (y algunos sulfuros de baja ley), donde el mineral entra al denominado proceso de lixiviación, la vía pirometalúrgica es utilizada para tratar sulfuros de cobre donde el mineral es concentrado por flotación para su posterior fusión y conversión.

Para el primer caso la solución de la lixiviación es tratada en una planta de extracción por solventes (Proceso denominado SX) y por electrodeposición

(proceso EW. El conjunto de las etapas de mina, lixiviación, SX, EW forman la Unidad de Negocio Mina-hidrometalurgia. El producto de este negocio es cobre en forma de cátodos con pureza 99,99%.

En el segundo caso el conjunto de las etapas mina y concentradora . El producto de este negocio es el concentrado de cobre con una ley aproximada de 30% en cobre y una humedad del 8%.

Posteriormente el concentrado es tratado en la fundición, en hornos de fundición, conversión y refinó. El producto de esta unidad es cobre en forma de ánodos con pureza de 99.90%. Como productos secundarios también se obtiene cobre refinado a fuego (conocido como raf), cobre blister para usos mecánicos y ácido sulfúrico.

Luego los ánodos obtenidos son purificados por electrólisis en la refinería. El producto de este negocio es cobre catódico con purezas de 99.99%, para usos como conductor eléctrico principalmente.

Los productos de cada etapa son transables en mercados establecidos. El cobre catódico es un commodity, es decir, no se puede diferenciar sustancialmente por calidad y se transa en bolsas de Metales. El precio de referencia es el precio de la Bolsa de Metales de Londres (BML).

2.3 La Propiedad de la Empresa

El dueño de CODELCO es el Estado de Chile, el que es representado por el gobierno de la Nación. Los Estatutos de la Corporación establecen que el directorio está conformado por los Ministros de Minería y de Hacienda, por tres representantes del Presidente de la República, un representante de la federación de trabajadores del Cobre y uno de la Asociación Gremial Nacional de Supervisores del Cobre.

2.4 Objetivos Estratégicos en el Ambito Corporativo

A partir de la misión del negocio de la Corporación del Cobre, y considerando el deseo gubernamental de consolidar a esta como una Empresa Estatal eficiente y competitiva, su Presidencia Ejecutiva ha propuesto volver a ubicar a la Corporación como uno de los productores de más bajo costo de la Industria, posicionada en el primer cuartil de costos de la Industria.

La condición de satisfacción para el desempeño de la Administración en el cumplimiento del objetivo anterior se refleja en la meta de reducir costos y gastos desde 0.71 Us\$/lb de cobre fino en 1993 a menos de 0.57 Us\$/lb para el año 2004, en moneda de igual poder adquisitivo, tomando como referencia el año 1997.

Para el logro de lo anterior la Administración formuló los siguientes objetivos estratégicos:

Establecer una nueva relación entre la Administración de la empresa y los trabajadores, buscando el logro de un proyecto institucional compartido.

Efectuar inversiones mínimas necesarias para garantizar la viabilidad de largo plazo de la empresa, maximizar la generación de excedentes de las actuales Divisiones mineras y de sus yacimientos de reposición. Los proyectos y acciones se orientarán a optimizar el rendimiento de los activos y recursos de la Empresa para consolidar la viabilidad económica de largo plazo del negocio minero de Codelco-Norte en una relación responsable con el Medio Ambiente.

- Superar restricciones institucionales, organizacionales y de gestión que afectan a la Empresa.
- Establecer alianzas con el Sector Privado.
- Promocionar, desarrollar y defender el mercado del cobre.
- Centrar el foco de interés en el negocio principal.

2.5 La Gestión en Chuquicamata

2.5.1 Caracterización del Problema de Gestión en Chuquicamata

Chuquicamata corresponde a una de las cinco Divisiones pertenecientes a Codelco-Norte y da cuenta del 60% de la producción de cobre fino de esta Corporación. En los últimos años ha sufrido un franco deterioro en su posición en el mercado mundial de productores de cobre primario, es así que su administración superior ha implementado un plan modernizador que lo lleve a ocupar lugares de privilegio.

Este deterioro está compuesto por dos factores. Primero la caída de las leyes de sus reservas minerales. Segundo, la mantención de un contexto tradicional de gestión que no se hizo cargo de esta caída y que dió lugar a una tendencia al aumento en los costos de producción.

En efecto, la caída de la ley, el aumento en las distancias de transporte, la profundidad de la mina, la inestabilidad de su pared Oeste, el aumento de impurezas como la dureza del mineral entre otras consideraciones, son muestras claras del agotamiento y el nivel de envejecimiento en el que se encuentra la mina, después de 80 años de intensa explotación. A pesar de su deterioro, existen escenarios distintos en los cuales se pueden enfrentar nuevos desafíos y por lo tanto plantearse una renovación de metas de acuerdo a lo que actualmente el mercado propone como empresa eficiente.

Por otra parte su contexto tradicional de gestión era extremadamente conservador respecto de la interpretación histórica que tenía el país, con relación a lo que debía ser una empresa estatal, es decir, una empresa con una organización marcadamente jerárquica, rígida y burocrática como características fundamentales. El nuevo contexto plantea una empresa descentralizada y participativa; orientando esfuerzos al manejo del negocio, al control de las pérdidas y protección del personal y los recursos; con una gran apertura a la innovación y creatividad.

El que CODELCO sea una empresa estatal no debe ser obstáculo para que ella no sea administrada como un negocio que maximiza su contribución al dueño.

Es necesario considerar que la explotación de la Mina Chuquicamata han generado una cultura extremadamente particular y característica. Su organización está fuertemente arraigada y cuenta con una tradición de prácticas laborales, que es caracterizada como “la forma como en Chuquicamata se hacen las cosas”, este concepto está enraizado en todo el personal de la Mina Chuquicamata, quienes tienen una forma de relacionarse y actuar de acuerdo al concepto anteriormente mencionado, es decir reticencia a los cambios, en algunos casos confrontación con la jefatura, absentismo laboral entre las más características, las que han disminuido en el tiempo, pero aún permanecen.

2.5.2 Razones de la Pérdida de Competitividad

En los últimos años la División paulatinamente había aumentado sus costos, esto trajo como resultado que fuera relegada a lugares secundarios en el ranking de costos de los productores de cobre primario en el mundo. Para contrarrestar esta tendencia la jefatura formuló un marco de acción para llevar a la empresa a su sitio.

Los cambios realizados se hacen vitales para enfrentar la incorporación de nuevos productores de cobre, que aportan grandes cantidades a bajo costo de producción, tendencia que caracteriza actualmente este mercado, lo que lleva a tener una sobre oferta, la cual provoca mantener precios de venta de cobre relativamente bajos.

Al examinar las razones de esta pérdida de competitividad, surgen los siguientes factores:

- Marcado deterioro de la calidad de los recursos naturales. En efecto, la caída en las leyes del mineral, el aumento de las impurezas y las distancias de transporte, entre otros factores son indicadores del agotamiento paulatino de los sectores más ricos del yacimiento, después de más de 80 años de explotación.
- Estos factores son de difícil regulación. Aún así, las reservas que quedan por explotar siguen siendo tremendamente atractivas y son equivalentes a 2 años de toda la demanda de cobre en el mundo Occidental. Esta explotación tiene que ir de la mano con el cuidado y preservación del medio ambiente.
- Marcado deterioro de la efectividad de sus habituales prácticas de trabajo en relación con las utilizadas por la competencia.

Actualmente el mundo empresarial, se caracteriza por la amplia apertura de los mercados de capital y de transferencia tecnológica, por lo tanto un elemento clave y diferenciador es la productividad y eficiencia de sus trabajadores.

En este caso, las mejores oportunidades de incremento de la efectividad, pasan por:

a.1.- El buen uso de la capacidad productiva

Se puede decir que en la actualidad, aún se está en desventaja en la utilización de la mano de obra respecto a la productividad que se obtiene en comparación a la competencia. Algunas de las prácticas laborales que se realizan en Chuquicamata son tan “tradicionales” que han llegado a constituirse en verdaderos problemas estructurales.

Cualquier cambio que se lleve a cabo requiere de exhaustivos procesos de negociación con los trabajadores, a fin de adaptarnos a las exigencias del cambio tecnológico que permitan competir de mejor forma.

a.2.- Los mecanismos de coordinación de la acción.

La antigua estructura organizacional de la División estaba orientada verticalmente. La información, las políticas, las decisiones y la asignación de los recursos fluían en esta manera. Esto traía como consecuencia que la dirección vertical predominante de la estructura organizacional, no se hacía cargo de la indispensable necesidad del movimiento horizontal de la acción. Esto generó que no se entregara la indispensable libertad de movimiento que deben tener tanto las Unidades como las personas que en ellas laboran para desarrollar su capacidad de generar acción efectiva y cooperativa. Como consecuencia, se desarrolló un contexto de gestión que no facilitaba la continuidad de los procesos y que deterioró la competitividad de la empresa. También hay que mencionar que el rol de los supervisores fue diseñado para observar este proceso vertical, para reducir el control de la alta administración y como un mecanismo de coordinación. Sin embargo, la implementación de nuevas tecnologías, el grado de profesionalización alcanzado por los trabajadores, la necesidad de comunicación que la alta administración tiene con ellos, la interrelación con los proveedores y las demandas de calidad de nuestros clientes, han generado un efecto de presión tal sobre la supervisión que, prácticamente la han hecho colapsar. Por lo tanto, algunos niveles de supervisión ya no son necesarios, lo que permite el aporte de los trabajadores, incrementando su capacidad de innovación, siendo esta una oportunidad para asignarles mayor responsabilidad y requerir mayor compromiso con su trabajo.

a.3.- Rigidez de la Organización

En el pasado, las Unidades no formalizaron propuestas, ni desarrollaron una interrelación estratégica, como pudo ser una relación Cliente-Realizador.

Algunas áreas de mantenimiento y servicios, por ejemplo, optimizaban el servicio desde su perspectiva, con lo cual agregaban actividades que no contribuían valor al producto, desarrollando una estructura que fue creciendo inorgánicamente ante la indiferencia e incompetencia de sus clientes.

a.4.- La administración del inventario de repuestos

Esta aún considera holguras que ya no tienen relación con los niveles de respuesta que han desarrollado los proveedores.

El alto valor de los inventarios y su elevada carga financiera dejan en evidencia este hecho. La ubicación geográfica de Chuquicamata, lejos de los centros productores y de abastecimiento, justificó esta práctica en sus inicios. En este contexto, Chuquicamata fue creado bajo un concepto de autosuficiencia que todavía es visible en algunas áreas. Sin embargo, la globalización de los mercados y el desarrollo de las comunicaciones hacen que este concepto sea insostenible en estos días.

a.5.- La carencia de un enfoque de negocios

Hasta hace poco el desarrollo estratégico y organizacional de Chuquicamata, sólo ponía énfasis en la producción. Los aspectos económico-financieros que definen la calidad del negocio quedaban subordinados o como parte de la responsabilidad de alguna unidad organizacional corporativa. El estilo de trabajo en Chuquicamata, en todos los niveles era sólo de operaciones y, con ello, la principal preocupación de la organización estaba en el cumplimiento del programa de producción. La riqueza de los recursos que se disponían

permitía subordinar el costo de las acciones orientadas al logro de las metas de producción programadas.

Este estilo inhibió el proceso de búsqueda de oportunidades de mejoramiento de la efectividad del sistema productivo. Por otra parte no se hizo cargo de la tasa de deterioro de los recursos naturales, la cual superó ampliamente todas las previsiones.

a.6.- La carencia de enfoques innovadores en el proceso de planificación

Se tiene en primer lugar un enfoque tradicional de la planificación; el plan es una predicción de eventos para un período específico de tiempo y contiene una serie de acciones destinadas a anticiparlos. En segundo lugar existe un enfoque propio de Chuquicamata, que es, el plan “de lo que se quiere que ocurra” y las acciones que contiene están destinadas a inventar ese futuro.

Existe, entonces, un enfoque donde el futuro no es un conjunto de eventos que está esperando ocurrir, sino un conjunto de posibilidades que se puede inventar en cualquier momento. Cuando se innova, se juega el juego de inventar el futuro y, en este enfoque, el plan pasa a ser lo que se quiere que ocurra. Podemos decir acá, que el elemento ausente es la innovación.

Entonces, un plan que no moviliza personas no puede ser una representación de “lo que ocurrirá”. Es evidente que algo más se necesita, y este algo cambia fundamentalmente el rol de los planificadores. No sólo hay que confeccionar un buen y elaborado plan, sino más bien, se debe tratar que el planificador desarrolle una amplia red de interrelaciones con los actores de la organización, a manera de lograr que el plan suceda. Por lo tanto el elemento que debemos incorporar y que falta es, la inducción.

Con estos conceptos, innovación e inducción, la planificación formula un plan que es una promesa de negocios. Esta promesa gira en torno a la rentabilidad. Los equipos de planificación deben diseñar la coordinación que

producirá la adecuada integración del proceso productivo que hará realidad la promesa de negocios.

Por lo tanto, se puede decir que el plan es una herramienta fundamental de coordinación, puesto que establece una dirección de la acción para todos los actores de la organización. Es también, un poderoso medio para comunicar y para retroalimentar los logros de los equipos de trabajo.

2.6 Visión de Futuro

El cobre será un material cada vez más esencial para la vida y para el desarrollo de las industrias líderes del siglo XXI. Codelco, empresa 100% estatal, será líder mundial en competitividad, desplegando todo el potencial de su gente y de sus negocios, posicionándose con una fuerte presencia en el mundo.

La alianza estratégica continuará siendo herramienta esencial para unir el esfuerzo cooperativo de todos tras el proyecto común, considerando a las personas como elemento central del proceso. Codelco cumplirá sus metas con el aprecio de sus dueños y de todos los chilenos.

2.7 Misión

La misión de Codelco es desplegar en forma responsable y ágil, toda su capacidad de negocios mineros y relacionados, con el propósito de maximizar en el largo plazo su valor económico y su aporte al Estado.

2.8 Modelo de Gestión

- Orientación al negocio y creación de valor.
- Excelencia, innovación y creatividad.
- Adaptabilidad y flexibilidad, armonizando la calidad de vida con los resultados del negocio.
- Gestión participativa.
- Descentralización y aprovechamiento de sinergia.

2.9 Organización Administrativa División Chuquicamata

La División Chuquicamata de CODELCO-NORTE cambió radicalmente su estructura tradicional por las unidades de negocio denominadas unidades de administración autónomas (uas). Las UAS nacieron para asegurar la permanencia de la división en el mercado en el largo plazo. Una unidad de administración autónoma es un segmento de la división cuyas características para un observador externo se asimilan a las organizaciones productivas o de servicios cuyos productos compiten en un mercado abierto y cuyos insumos y recursos también lo hacen, son el soporte para un manejo descentralizado y con un adecuado control de costos.

Por delegación de autoridad, la unidad autónoma así identificada, valora y organiza sus actividades en torno a los bienes o servicios que produce, optimizando el uso de sus activos, su cartera de clientes, sus métodos de trabajo, sus proveedores de servicios y sus fuentes de servicio, insumos y materias primas. Además, administra su personal conforme a la realidad interna de la división y a las señales de mercados en el que compite el tipo de producto o servicio que entrega, velando por el cumplimiento de la misión de la corporación, siendo una herramienta para medir bien la gestión.

2.10 Unidades de Operación Mina Chuquicamata

Actualmente Mina Chuquicamata cuenta con 4 unidades de operación dependientes de Superintendencia Operaciones Mina y la unidad de chancado dependiente de Superintendencia de Chancado.

Unidades de Operación Mina

- UNIDAD DE PERFORACIÓN
- UNIDAD DE TRONADURA
- UNIDAD DE CARGUÍO
- UNIDAD DE TRANSPORTE CAMIONES
- UNIDAD DE CHANCADO MINA

2.10.1 Unidad de Perforación

La perforación, es la primera etapa en el proceso productivo de la Mina, y consiste en realizar un hoyo o barreno en la roca, donde ira posteriormente el explosivo (Ver Figura 2.1).

Para tiros de producción se utiliza un diámetro de perforación de 11" a 12 1/4", en tiros de precorte se utiliza un diámetro de 6 1/2".

La longitud de los tiros para banco normal es de 16 metros y para un banco doble de 26 metros, con una pasadura aproximada de 2 metros.

La unidad de perforación, cuenta actualmente con una cantidad de 14 perforadoras accionadas en forma eléctrica y diesel, las cuales se resumen en la tabla 2.1.

Unidades	Marca	Modelo	Diámetro de Broca
9	INGERSOL-RAND	DMH -101	12 ¼"
2	INGERSOL-RAND	D.M.L.	6 ½"
2	ATLAS COPCO	ROC L81	6 ½"

Tabla 2.1 Modelos de Perforadoras de Mina Chuquicamata



Fig. 2.1 Perforación en Banco

2.10.2 Unidad de Tronadura

Esta operación permite reducir de tamaño la roca mediante la utilización de un explosivo (Ver Figura 2.2), este es introducido en los pozos de perforación, con factores de carga de 160 a 240 (gr./ton), este factor varía según la dureza de la roca.

Para la tronadura de producción se utilizan mallas de 8*16 con un diámetro de perforación de 12 ¼", con un burden y espaciamiento que va desde los 7 a 16 metros respectivamente.

Para el carguío de precorte se utiliza Enaline 1 ½" * 12 m, con un factor de carga de 0.58 kg/m², y un taco de 2 metros.

Actualmente este trabajo es realizado por la empresa de explosivos Enaex, que posee camiones fábrica que combinan diferentes materias primas para así obtener el explosivo adecuado con la cual fue diseñada la tronadura.

Los principales tipos de explosivos utilizados son:

- Anfo
- Alum 4-6%
- Emultex N
- Blendex 930, 945



Fig. 2.2 Tronadura en Banco

2.10.3 Unidad Carguío Palas

La unidad de Carguío Palas, tiene como función principal realizar el carguío del material tronado de la frente de carguío, a través de una pala. Este material es cargado a los camiones de extracción para su posterior transporte y vaciado en el destino final.

Detalle de Palas de Cable usadas en Mina Chuquicamata en la actualidad

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad de Balde yd ³
6	P&H	2800 -XPA	34
2	P&H	4100 - A	56
2	P&H	4100 - XPB	73

Tabla 2.2 Palas usadas en mina Chuquicamata



Fig. 2.3 Pala de cable Modelo 2800-XPA

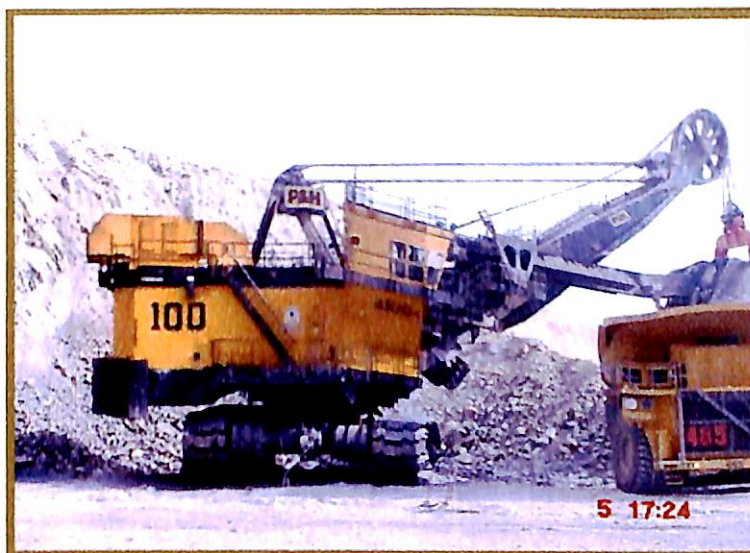


Fig. 2.4 Pala de cable Modelo 4100-A



Fig. 2.5 Pala de cable Modelo 4100-XPB

2.10.4 Unidad de Transporte Camiones

Esta unidad tiene como función principal realizar el transporte del material cargado a su destino final.

Este destino se clasifica de acuerdo al tipo de material, en el caso de ser mineral, el camión tendrá como destino el chancado, si es lastre el camión tendrá como destino final el Botadero.

Detalle de camiones de extracción utilizados en la actualidad en Mina Chuquicamata

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad de Tolva (Ton)
65	KOMATSU	930 E	330
17	LIEBHERR	T 282	360
2	CATERPILLAR	797 B	400

Tabla 2.3 Camiones de extracción utilizados en Mina Chuquicamata



Fig.2.6 Camión Komatsu modelo 930E



Fig. 2.7 Camión Liebherr modelo T 282



Fig. 2.8 Camión Caterpillar modelo 797B

2.10.5 Unidad Movimiento de Tierras

Esta unidad se encarga de prestar apoyo a las operaciones realizadas en la mina, de esta manera se mantiene la faena en condiciones operativas, garantizando un mejor rendimiento y un mínimo riesgo.

Las actividades que se realiza es la limpieza de sellos para perforadora, preparación de los frentes de carguío, construcción habilitación y mantención de caminos y accesos, mantención de botaderos, traslado de equipos, etc.

Para la realización de esta operación se cuenta con los siguientes equipos:

- **Tractor de Oruga**

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad YD ³
6	Komatsu	D – 375 A2	24.2
6	Caterpillar	CAT D-10 N	24.9
3	Caterpillar	CAT D-9 N	19.7
3	Caterpillar	CAT D-10 R	24.9

Tabla 2.4 Tractores de oruga

- **Tractor Neumático**

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad YD ³
4	Caterpillar	CAT 824 C	5.70
3	Caterpillar	CAT 854 G	22.4
5	Caterpillar	CAT 834 B	9.60

Tabla 2.5 Tractores sobre neumático

- **Motoniveladoras**

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad YD ³
4	Caterpillar	CAT 16- G	3.30
3	Caterpillar	CAT 16 - H	3.30

Tabla 2.6 Resumen Motoniveladoras

- **Cargador Frontal**

Unidades	Marca	Modelo	Capacidad YD ³
1	Komatsu		7.50
2		Marat L-1000	15.0
1		Marat L-1400	26.0

Tabla 2.7 Resumen cargador Frontal



Fig. 2.9 Tractor Neumático y Motoniveladoras de la Unidad Movimiento de tierra

2.10.6 Chancado Mina

El mineral extraído es transportado desde la mina a la Planta de chancado donde es reducido de tamaño mediante trituración sucesiva a través de tres tipos de chancadores, los cuales dejan el mineral con un tamaño adecuado para poder alimentar a la Planta Concentradora. El área de chancado posee los siguientes equipos.

- Chancado Primario: Recepción y conminución del mineral

Unidades	Descripción	Marca	Denominación	Capacidad KT/D
2	Chancador	Allis Chalmers	E4-1 y E4-2	140
1	Chancador	Allis Chalmers	F3	40

Tabla 2.8 Resumen Chancador Primario

- Chancado Secundario – Sistema SAG 16 y 17

Descripción	Capacidad Kt/dm
Alimentación Mineral	60

Tabla 2.9 Resumen Chancador Secundario

➤ Chancado Terciario – Sistema Convencional

Descripción	Capacidad KT/D
Alimentación Mineral	110

Tabla 2.10 Resumen Chancador Terciario

➤ Chancado Secundario – Terciario – Alimentación planta Concentradora

Descripción	Capacidad KT/D
Alimentación Mineral	170

Tabla 2.11 Resumen Chancador Terciario

2.11 Plantas de Procesamiento de Minerales

2.11.1 Planta Concentradora

Una vez que se comienza a alimentar a la planta, el mineral pasa por un proceso de flotación, este consiste en mezclar el mineral con agua y reactivos especiales, de esta forma se produce un proceso fisicoquímico donde se separa el cobre del material estéril. Una vez que ocurre la separación, este nuevo producto pasa a una etapa de filtrado y secado. Este producto tiene un color negro - gris, que es llamado concentrado de cobre, el cual posee una ley aproximada de 30% de cobre, además de producir Molibdeno como subproducto.

2.11.2 Fundición de Concentrado

En esta etapa el concentrado de cobre pasa por una serie de procesos metalúrgicos como son: Almacenamiento y preparación de la carga, secado, fusión, conversión, pirorefinación y moldeo.

Los gases provenientes del proceso de fusión y conversión, son enviados a plantas de limpieza y contacto, con la finalidad de obtener ácido sulfúrico, el cual posteriormente es utilizado en los procesos hidrometalúrgicos y vendido a otras empresas mineras.

La fundición utiliza dos tecnologías de fusión, que son: Horno Flash Outokumpu y Convertidor Teniente.

Una vez que el concentrado de cobre es fundido, se transforma en ánodos de cobre de pureza de 99.6%.

2.11.3 Refinerías

Los ánodos provenientes de la fundición de concentrado se introducen en celdas donde se someten al proceso de electrorefinación.

Este proceso consiste en disolver eléctricamente los ánodos de cobre en celdas. Cada una de estas celdas esta cargada con 50 ánodos y 49 laminas iniciales de cobre, y se encuentra llena de una solución ácida de sulfato de cobre.

Mediante la aplicación de corriente eléctrica, el cobre se desprende de los ánodos y se adhiere a la lamina inicial. Tras aproximadamente 12 días dentro de estas celdas electrolíticas se obtiene un cátodo de cobre, con una pureza de 99.99%, y con un peso aproximado de 175 Kilos

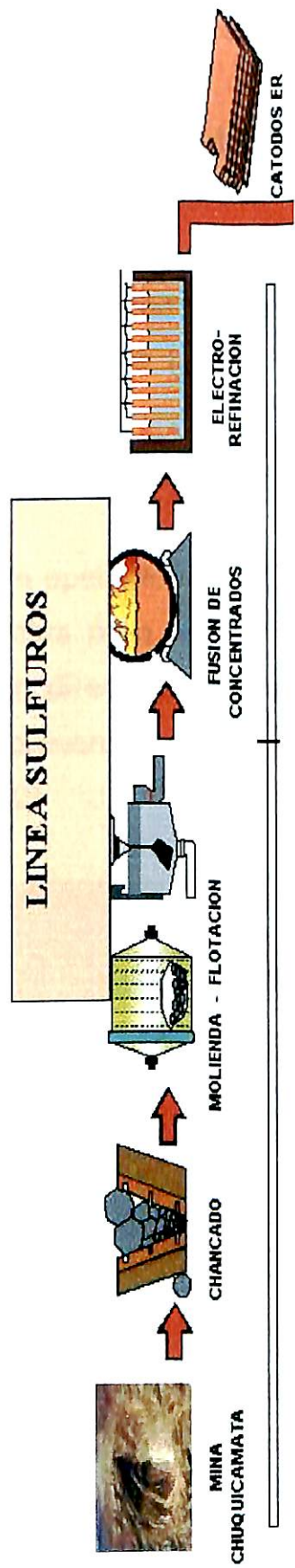


Fig. 2.10 Procesos asociados al tratamiento del mineral Mina Chuquicamata

2.12 Análisis Situación Actual Mina Chuquicamata (Operaciones)

Hoy en día la situación que enfrenta la Mina Chuquicamata, de acuerdo a sus niveles de producción, costos asociados al proceso productivos y la seguridad respecto a los cumplimientos es relativamente baja.

En la actualidad el costo Unitario Mina 2000 es de 1.20 US\$/ton, con un nivel de producción de 550.000 ton/dm y además la tasa de accidentalidad fue de 4,0 IF en el año 2003.

Por lo que para este año 2004 la producción de la mina se elevo a 600.000 Ton/dm.

Analizando específicamente la operación de la mina, donde se encuentran 8 unidades económicas diferentes pero todas involucradas en la operación, estas unidades se relacionan directamente con la Superintendencia Mina. Estas unidades unitarias se presentan en la siguiente tabla asociada a sus respectivos costos (Tabla 2.12)

UNIDADES UNITARIAS	COSTOS %	COSTOS Cus\$/ t-extr.
Perforación	7	7,8
Tronadura	7	8,0
Transporte	57	61,1
Carguio de Palas	16	15,5
Movimiento de Tierra	9	9,7
Neumático	-1	-1,2
Administración	3	3,6
Dispatch	1	1,1

TABLA 2.12 Unidades y costos asociados

Se observa en tabla, que la unidad de mayor gasto es transporte, con un porcentaje de 57 % del total de los costos y carguío palas con un 16% del total del costo de la Superintendencia Mina.

Dentro de cada unidad existen gastos que se deben considerar como más significativo para la unidad. Estos a su vez se dividen en Gastos Primarios y Gastos Secundarios, como muestra la tabla 2.13.

Los Gastos Primarios actúan directamente con la operación y los gastos secundarios están involucrado los servicios que prestan para la unidad.

GASTOS PRIMARIOS	GASTOS SECUNDARIOS
Remuneraciones	Mantenición y Reparación
Materiales	671006 Energía Eléctrica
604510 Petróleo Diesel	671008 Hormigón
604530 Gasolina	Suministro
Combustible	Equipo de Servicio
Servicios de Tercero	Servicios de apoyo a la Producción
Otros Servicios	Servicios a las Personas
Impuestos Varios	Servicios Varios Internos
Depreciación y amortización	Servicios Administrativos

Tabla 2.13 Distribución de Gastos Primarios y secundarios

Dentro de las unidades de mayor gasto están transporte y carguío de palas. Para poder influir directamente en la reducción de costos se tomará la unidad de carguío Palas. El proyecto a tomar en cuenta será, Evaluación y Operatización del sistema GPS de alta precisión en Palas de Mina Chuquicamata, considerando que los servicios a contratar son de terceros, es decir, empresas externas a la División, donde se analizará la viabilidad técnica y económica.

considerar. Un marco temporal adecuado para una industria puede no serlo para otra. Un marco temporal demasiado breve podría conducir a una planificación totalmente especulativa, en particular en un negocio rápidamente cambiante. En general, los negocios emplean un marco temporal de entre tres a cinco años. Sin embargo, en una industria inconstante como la de la inteligencia artificial, un marco temporal de uno a dos años puede resultar apropiado. Por otra parte, para una industria que requiere inversiones a largo plazo, tal como los recursos naturales puede ser adecuado un marco temporal de diez o más años.

Paso 2. Determinación del alcance y las competencias únicas del negocio

En primer lugar, la empresa debe definir el alcance actual del negocio: los Productos, los mercados y las ubicaciones geográficas que en la actualidad forman parte del negocio; y el nuevo alcance del negocio: los productos, los mercados y las ubicaciones geográficas que planean añadir al negocio. También deberían enunciar las capacidades que actualmente colocan el negocio en un lugar aparte respecto de la competencia –las competencias únicas existentes- y las capacidades que esperan lograrán mantenerlo en un lugar de privilegio en el futuro, es decir las nuevas competencias únicas. Tal como se ha señalado antes, el hecho de contrastar los desafíos derivados de los cambios en el estado existente y el nuevo estado de negocio. Después de enunciar los alcances y las competencias únicas actuales y nuevas del negocio, se le da prioridad a cada rubro utilizando los diagramas de evaluación de prioridades.

Paso 3. Determinación de los segmentos producto-mercado

Una forma útil de llevar a cabo un mayor análisis de las dimensiones “alcance del producto” y “alcance del mercado” de la declaración de la misión del negocio se encuentra ejemplificada en la Tabla 3.1. La matriz resultante enfatiza las diferentes alternativas para el crecimiento dentro de un alcance producto-mercado.

- **Penetración de mercado:** extender los productos existentes en los mercados existentes. Para buscar el incremento de oportunidades dentro de este contexto, la empresa debe recurrir a la expansión en el volumen de ventas, las extensiones geográficas, o los mejoramientos de la participación en el mercado.
- **Desarrollo del mercado:** buscar nuevos mercados para la línea de productos existentes.
- **Desarrollo del producto:** introducir nuevos productos en los mercados existentes.
- **Diversificación;** desarrollo de nuevos productos en nuevos mercados.

Una práctica aceptada es que el papel del directivo de negocios se limita a identificar y explorar plenamente las extensiones potenciales del negocio actual, oportunidades adyacentes de producto y mercado. No es responsabilidad del directivo de negocios buscar estrategias de diversificación; esta tarea se centra más bien en el nivel corporativo.

En forma similar a la matriz de segmentación del producto frente a segmentación del mercado, se podría elaborar una matriz segmentación del producto frente a la segmentación geográfica, si fuera considerada interesante para dar nueva luz sobre la definición de la misión del negocio.

	ALCANCE EXISTENTE DEL MERCADO	NUEVO ALCANCE DEL MERCADO
ALCANCE EXISTENTE DEL PRODUCTO	Penetración del mercado	Desarrollo del mercado
NUEVO ALCANCE DEL PRODUCTO	Desarrollo del producto	Diversificación

Figura 3.1: Definición de Segmentos Producto-Mercado y Alternativas para Estrategia de Crecimiento.

Paso 4. Desafíos a partir de los cambios en la misión

Aquí se comienza a sintetizar los resultados del análisis enunciando los nuevos desafíos que surgen de los cambios que esperamos en el negocio. Cada cambio fundamental –a partir del alcance del negocio y las competencias únicas- es abordado en forma de desafío. Los desafíos deben ser específicos y explicar qué se hará para lograr el cambio deseado.

Paso 5. Declaración de la Misión

La Misión del Negocio es una declaración cualitativa de la posición global del negocio que sintetiza los puntos clave con respecto a los productos, los mercados. Las ubicaciones geográficas y las competencias únicas. Dicha declaración debería ser breve pero sustantiva. Una declaración de la misión separa los puntos importantes para guiar el desarrollo del negocio.

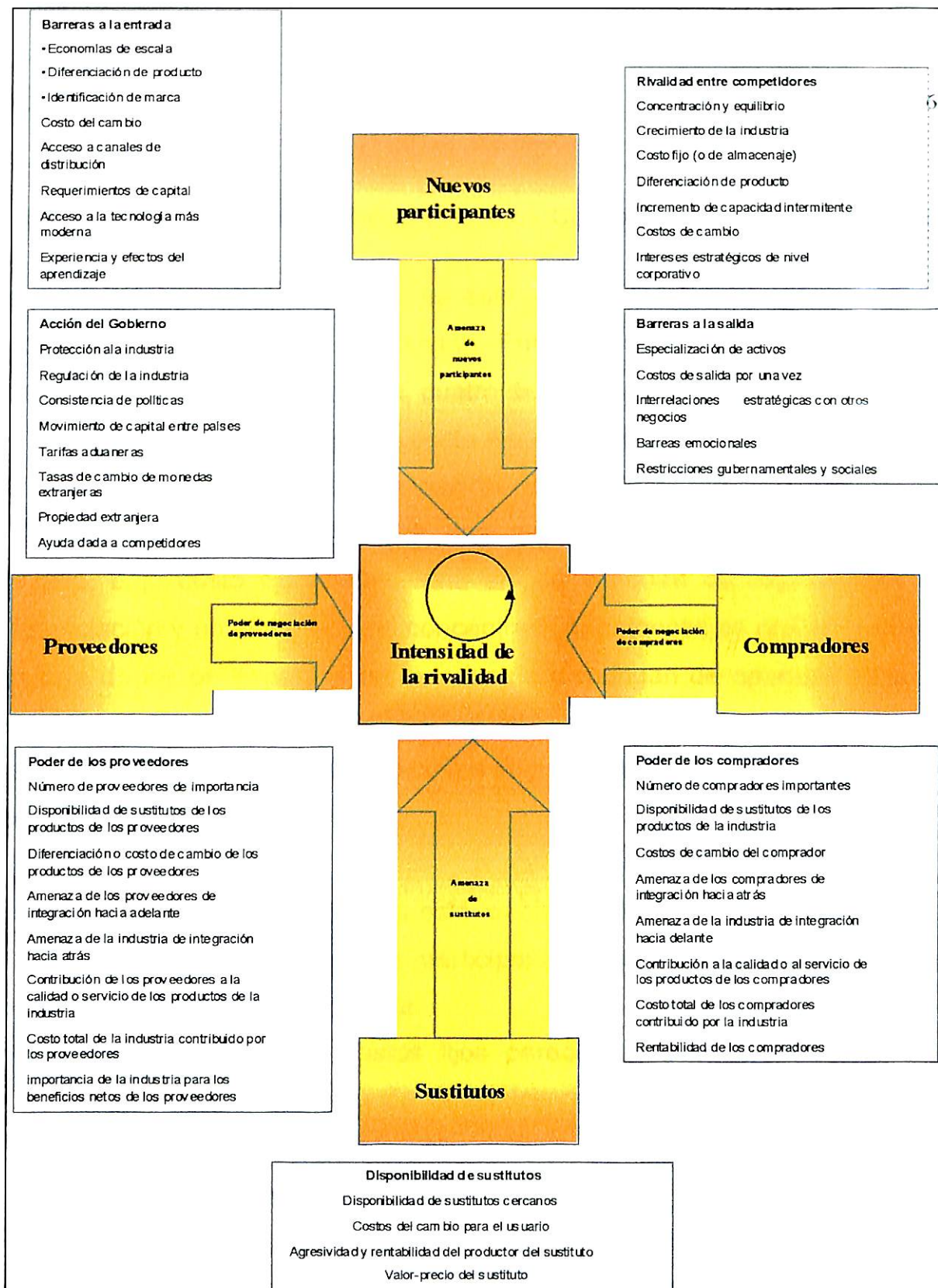
3.3 Examen del Medio Externo a Nivel del Negocio

3.3.1 Las Cinco Fuerzas de Porter

A fin de seleccionar la posición competitiva deseada de un negocio, resulta necesario comenzar con la evaluación de la industria a la que pertenece.

Para llevar a cabo esta tarea, debemos comprender los factores fundamentales que determinan sus perspectivas de rentabilidad a largo plazo, dado que este indicador incorpora una medición general del atractivo de la industria.

El marco más influyente y el que más se utiliza para la evaluación del atractivo de la industria es el modelo de las cinco fuerzas de Porter. Este postula que existen cinco fuerzas que conforman típicamente la estructura de la industria: la intensidad de la rivalidad entre competidores, la amenaza de nuevos entrantes, la amenaza de sustitutos, el poder de negociación de los competidores y el poder de negociación de los proveedores. Estas cinco fuerzas delimitan los precios, costos y requerimientos de inversión, que son los factores básicos que explican las perspectivas de rentabilidad a largo plazo y el atractivo de la industria. La figura 3.1 ilustra que la estructura genérica de una industria está representada por los principales participantes (competidores, compradores, proveedores, sustitutos y nuevos participantes), su interrelación (las cinco fuerzas) y los factores subyacentes, los que ayudan a explicar el atractivo de la industria.



Fuente: Adaptado de Michael Porter, Competitive Advantage, New York: The Free Press, 1985

Figura 3.1: Fuerzas del Mercado

3.3.2 Intensidad de la Rivalidad Entre los Competidores de la Industria

La rivalidad entre los competidores está en el centro de las fuerzas que determinan al atractivo de la industria. Entre los numerosos factores de la rivalidad presentados en la figura, cuatro de ellos se destacan: el crecimiento de la industria, el porcentaje del costo fijo respecto del valor agregado total del negocio, el grado de diferenciación del producto y la concentración y equilibrio entre competidores. Si una industria muestra un crecimiento elevado, bajo costo fijo relativo, una amplia variedad de capacidades de diferenciación y un alto grado de concentración, entonces es probable que la mayoría de los participantes en la industria dispongan de oportunidades de rentabilidad. Lo opuesto también es verdad.

Cabe esperar que estos cuatro factores lleguen a ser los más determinantes de la rivalidad competitiva.

- En primer lugar, si la industria está creciendo en forma dinámica, existen oportunidades para todos los participantes y la resultante produce una fuente de prosperidad ilimitada.
- En segundo lugar, los costos fijos parecen producir un impacto casi psicológico sobre la forma de dirigir los negocios. Cuando la empresa enfrenta costos fijos elevados, el punto de equilibrio aumenta hasta una fracción significativa de la capacidad plena. Si ese nivel de operación no se alcanza, la reacción es ofrecer al cliente condiciones favorables para activar la demanda, sin tener en cuenta las consecuencias que puede producir sobre desempeño general de la industria.
- En tercer lugar, la diferenciación del producto constituye un factor fundamental en la determinación de la rivalidad competitiva. Nada podría ser más devastador para la rentabilidad de la industria que el "síndrome del producto primario". Un producto primario es un producto o servicio que no puede diferenciarse. Esto significa que nadie puede afirmar sobre

lo que se le ofrece al cliente, que sea esto superior a una oferta equivalente por parte de otros competidores. Si es realmente el caso, la decisión de un cliente depende enteramente del precio, significando esto la guerra.

- En cuarto lugar, tenemos el tema de la concentración y el equilibrio. Resulta mucho más deseable participar en una industria con sólo cuatro grandes que captan el 85 por ciento del mercado, con una filosofía de competidores homogéneos (aún cuando la nuestra no sea la empresa líder), que en una industria con cientos de participantes, igualmente equilibrada y con perspectivas competitivas muy diferentes (como es el caso de demasiados participantes internacionales divergentes).

3.3.3 Amenaza de Nuevos Entrantes

En muchas ocasiones, el tema estratégico más crítico para una empresa dada no reside en comprender el conjunto existente de competidores y lograr una ventaja sobre ellos, sino en orientar la atención hacia posibles e inevitables nuevos participantes.

3.3.4 Amenaza de los Sustitutos

No son sólo las empresas que participan en la industria y los nuevos participantes potenciales los que constituyen las fuerzas centrales para determinar el atractivo de la industria; debemos agregar las empresas que ofrecen sustitutos, que pueden o bien reemplazar los productos y servicios de la industria o presentar una alternativa para satisfacer la demanda. Los sustitutos podrían afectar en formas diferentes el atractivo de una industria. Su mera presencia establece un techo para la rentabilidad de la industria,

cada vez que hay un umbral de precios después del cual se produce una masiva transferencia de demanda.

El impacto que la amenaza de sustitución produce sobre la rentabilidad de la industria depende de cierto número de factores, tales como la disponibilidad de sustitutos cercanos, el costo de cambio del usuario, la agresividad de los productores de sustitutos, y las compensaciones precio-valor entre los productos originales y sus sustitutos.

3.3.5 Poder de Negociación de los Proveedores y Compradores

En el modelo de Porter, este trata el poder de los compradores y proveedores como imágenes especulares entre sí. Esto resulta claro al examinar los factores que contribuyen al poder inherente en estos casos. En la figura 3.2 se muestran los factores como imágenes especulares.

Las palabras de Porter. "poder de negociación de los proveedores y compradores", sugiere que existe una amenaza impuesta sobre la industria debido a un uso excesivo de poder por parte de esos dos agentes. Puede interpretarse que Porter está indicando que una estrategia adecuada por parte de una empresa de negocios tendrá como componente clave, el intento de neutralizar el poder de negociación de proveedores y compradores. En el mundo de hoy, ese mensaje resulta, en el mejor de los casos, controvertido. Las empresas japonesas nos han dado una lección tras otra acerca de la importancia de tratar a los proveedores como socios centrales, manteniendo con ellos una relación que debe ser fomentada y consolidada a fin de convertirlos en una extensión de la empresa misma. Además los compradores son el grupo constituyente de mayor importancia de la empresa, y no deben ser tratados como rivales, sino como los depositarios de una relación duradera y amistosa basada en el desempeño y la integridad.

Poder de los Proveedores	Poder de los Compradores
<ul style="list-style-type: none"> • Número de proveedores importantes. • Disponibilidad de sustitutos para los productos de los proveedores. • Diferenciación o costos de cambio de los productos de los proveedores. • Amenaza de los proveedores de integración hacia adelante. • Amenaza de la industria de integración hacia atrás. • Contribución de los proveedores a la calidad o servicio de los productos de la industria. • Costo total de la industria contribuido por los proveedores. • Importancia de la industria para los beneficios de los proveedores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de compradores importantes. • Disponibilidad de sustitutos para los productos de la industria. • Costos de cambio de los compradores. • Amenaza de los compradores de integración hacia atrás. • Amenaza de la industria de integración hacia adelante. • Contribución de la industria a la calidad o servicio de los productos de los compradores. • Costos totales de los compradores contribuidos por la industria. • Rentabilidad de los compradores.

Tabla 3.2: Cuadro de factores como imágenes especulares.

3.3.6 No Todas las Fuerzas son Igualmente Importantes

Tal como sucede en el caso de cualquier evaluación compleja en la que un grupo de factores decisivos son incluidos en el análisis final, no todas las fuerzas, y por cierto no todos los factores que contribuyen a dichas fuerzas, tienen igual peso. Podría muy bien ocurrir que muchos factores contribuyan a una posición no atractiva y, sin embargo, cuando es juzgada en su totalidad, la industria presente de todos modos un panorama general atractivo. Esto simplemente refuerza la noción de que este tipo de análisis no puede llevarse a cabo en forma mecánica. Debe ser respaldado por una comprensión plena y sofisticada de los factores críticos que más contribuyen como elementos determinantes del atractivo de la industria.

3.3.7 Proceso Para Trazar un Perfil Atractivo de la Industria con el Modelo de las Cinco Fuerzas

Aquí se muestra la metodología estructurada que revisa en forma completa cada uno de los factores del modelo de las cinco fuerzas de Porter, ofrece una evaluación general del atractivo de la industria y, finalmente, identifica las oportunidades y amenazas resultantes planteadas por la industria.

Paso 1. Perfil del atractivo de la industria.

Se utilizarán siete categorías para evaluar el atractivo de la industria:

- Barreras de entrada.
- Barreras de salida.
- Rivalidad entre competidores.
- Poder de los compradores.
- Poder de los proveedores.
- Disponibilidad de sustitutos.

➤ Acciones gubernamentales.

La combinación de las barreras de entrada y de salida definen la amenaza de los nuevos participantes, una de las cinco fuerzas de Porter. Se han añadido las acciones gubernamentales para abordar los temas de regulación y el proteccionismo que son fundamentales para determinar el atractivo de la industria en un marco global.

El perfil evaluará el atractivo de la industria en su estado presente y proporcionará una proyección que describirá el atractivo deseado o pronosticado para el futuro. Las empresas realmente predominantes y de éxito en una industria son las que son capaces de ajustarlas para su propio beneficio. Obviamente no todos los factores de la industria resultan fácilmente controlables; por lo tanto, terminamos con una mezcla entre influencia y pronóstico al definir el futuro atractivo de la industria.

Paso 2 Identificación de Oportunidades y Amenazas

El resultado final del análisis de la industria es la identificación de oportunidades claves que surgen de los factores favorables que afectan a la industria; y de las amenazas claves que son el resultado del impacto adverso sobre el atractivo de la industria. Dichas oportunidades y amenazas deberían ser las depositarias de todos los temas críticos detectados durante el proceso de examen del medio.

La estrategia del negocio responderá a las oportunidades y amenazas identificadas en este paso, en lo que quizá sea el mayor desafío en el proceso de formulación de la estrategia.

3.3.8 Proceso Para Trazar un Perfil del Atractivo de la Industria con el Modelo de los Factores Externos

El proceso para trazar un perfil del atractivo de la industria que utiliza el modelo de los factores externos es muy similar al proceso examinado cuando se utiliza el modelo de las cinco fuerzas. La diferencia fundamental es que se comienza identificando los factores externos críticos, que se ajustan exactamente a la industria analizada, a continuación se describe la metodología.

Paso 1. Identificación de los factores externos críticos para el análisis de la industria

Los factores identificados se encuentran descritos conforme a cinco grandes categorías.

- Factores del mercado.
- Factores competitivos.
- Factores económicos y gubernamentales.
- Factores tecnológicos.
- Factores sociales.

Paso 2. Perfil del atractivo de la industria

En este paso cada uno de los cinco factores mencionados en el paso 1, se analizan utilizando tablas que disgregan cada uno de los puntos anteriores, estas tablas se encuentran en el anexo.....marcando la situación actual y la situación futura, con el fin de posteriormente obtener una evaluación.

Paso 3. Identificación de Oportunidades y Amenazas

El resultado final del análisis de la industria es la identificación de oportunidades claves que surgen de factores favorables que afectan la industria; y las amenazas claves que son el resultado de impactos adversos sobre el atractivo de la industria.

3.4 Evaluación Interna a Nivel del Negocio

3.4.1 La Cadena de Valor

Como es sabido cada empresa es un conjunto de actividades que se desempeñan para diseñar, producir, llevar al mercado, entregar y apoyar a sus productos. Todas estas cadenas pueden ser representadas usando una cadena de valor, mostrada en la figura 3.2.

La cadena de valor de una empresa y la forma en que se desempeña sus actividades individuales son un reflejo de su historia, de su estrategia, de su enfoque para implementar la estrategia y las economías fundamentales para las actividades mismas. El nivel relevante para la construcción de una cadena de valor son las actividades que desarrolla o desarrollará una empresa para un sector industrial.

La cadena de valor de una industria o un sector industrial es demasiado amplia, porque puede oscurecer las fuentes importantes de la ventaja competitiva. Aunque las empresas en el mismo sector industrial pueden tener cadenas de valor similares a las cadenas de sus competidores, difieren con frecuencia y estas diferencias son las que proporcionan una fuente clave de la ventaja competitiva.

La cadena de valor despliega el valor total, y consiste de las actividades de valor y del margen. Las actividades de valor son las actividades distintas

física y tecnológicamente que desempeña una empresa. Estos son los tabiques por medio del cual una empresa crea un producto valioso para sus compradores. El margen es la diferencia entre el valor total y el costo colectivo de desempeñar las actividades de valor y este puede ser medido en una variedad de formas.

Cada actividad de valor emplea insumos comprados, recursos humanos, y algún tipo de tecnología para desempeñar su función, al igual que crea y usa la información.



Fuente: Esta estructura fue sugerida por Michael Porter el año 1985.

Figura 3.2: Cadena de Valor

3.4.2 Descripción de la Cadena de Valor

Las actividades de valor pueden dividirse en dos amplios tipos, actividades primarias y actividades de apoyo. Las actividades primarias, listadas a lo largo de la base de la figura 3.2 son las actividades implicadas en la creación física del producto y su venta y transferencia al comprador, así como asistencia posterior a la venta. En cierta medida, pueden considerarse como las clásicas funciones gerenciales de la empresa, donde hay una entidad de organización con un directivo a cargo de una tarea muy específica, y con pleno equilibrio entre la autoridad y la responsabilidad.

En cualquier empresa, las actividades primarias pueden dividirse en las cinco categorías que se muestran en la figura 3.2.

Las actividades de apoyo sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y varias funciones de toda la empresa. Las líneas punteadas reflejan el hecho de que el abastecimiento, el desarrollo de tecnología y la administración de recursos humanos pueden asociarse con actividades primarias específicas, así como el apoyo a la cadena completa. La infraestructura de la empresa no está relacionada con actividades primarias particulares, sino que apoya a la cadena entera.

Vale la pena recalcar el papel desempeñado hoy por la tecnología en las empresas de negocios, No hace mucho, se consideraba la tecnología como dominio exclusivo de los directivos, un papel no muy diferente de lo que es hoy un gerente de fabricación. Actualmente, en particular con el advenimiento de la tecnología de la información, esta actividad es verdaderamente invasiva y afecta la forma de lograr una ventaja competitiva en todas las tareas gerenciales claves de la empresa.

Por tanto, las actividades de valor son los tabiques discretos de la ventaja competitiva. Como cada actividad es desempeñada en combinación con su economía determinará si una empresa tiene un costo alto o bajo en relación

con sus competidores. Como se desempeña cada actividad de valor también determinará su contribución a las necesidades del comprador y por lo mismo a la diferenciación.

3.4.3 Identificación de las Actividades de Valor

La identificación de las actividades de valor requiere el aislamiento de las actividades que son tecnología y estratégicamente distintas. Las actividades de valor y las clasificaciones contables casi nunca son las mismas. Las clasificaciones contables (gastos generales, mano de obra directa, etc.) agrupan a las actividades con tecnologías dispares y separan costos que son parte de la misma actividad.

3.4.3.1 Actividades Primarias

Hay cinco categorías genéricas de actividades primarias relacionadas con la competencia en cualquier industria. Cada categoría es divisible, a su vez, en varias actividades que dependen del sector industrial en particular y de la estrategia de la empresa. Estas actividades son:

- ◆ **Logística de Entrada:** Corresponden a las actividades asociadas con recibo, almacenamiento y diseminación de insumos del producto o servicio, como manejo de materiales, almacenamiento, control de inventarios, programación de vehículos y retorno de proveedores, etc.
- ◆ **Operaciones:** Son las actividades asociadas con la transformación de insumos en la forma final del producto, como maquinado, empaque, ensamble, mantenimiento del equipo, ejecución de programas varios, pruebas, impresión u operaciones de instalación, etc.

- ◆ **Logística de Salida:** Corresponden a aquellas actividades asociadas con la recopilación, almacenamiento y distribución física del producto o servicio a los compradores, como almacenes de materias primas terminadas, manejo de materiales, control de calidad final, operación de vehículos de entrega, procesamiento de pedidos y programación, etc.
- ◆ **Mercadotecnia y Ventas:** Son las actividades asociadas con proporcionar un medio por el cual los compradores puedan comprar el producto e inducirlos a hacerlo, como publicidad, promoción, fuerza de ventas, cuotas, selecciones del canal y precio.
- ◆ **Servicio:** Actividades asociadas con la prestación del servicio para realizar o mantener el valor del producto, como la instalación, reparación, entrenamiento, repuestos y ajuste del producto.

Cada una de las categorías puede ser vital para la ventaja competitiva, dependiendo del sector industrial. Sin embargo, en cualquier empresa todas las categorías de las actividades primarias estarán presentes hasta cierto grado u jugarán algún papel en la ventaja competitiva.

3.4.3.2 Actividades de Apoyo

Las actividades de valor de apoyo implicadas en la competencia en cualquier sector industrial pueden dividirse en cuatro categorías genéricas, como se muestra en la figura 3.2. Como en las actividades primarias, cada categoría de actividades de valor distintas que son específicas para un sector industrial dado. En el desarrollo tecnológico, por ejemplo, las actividades discretas podrían incluir el diseño de componentes, diseño de características, pruebas de campo, ingeniería de proceso y selección tecnológica.

Similarmente, el abastecimiento puede estar dividido en actividades como la calificación de nuevos proveedores, abastecimiento de diferentes grupos de insumos comprados y un monitoreo continuo del desempeño de los proveedores.

- ◆ **Abastecimiento:** El abastecimiento se refiere a la función de comprar insumos usados en la cadena de valor de la empresa, no a los insumos comprados en sí. Los insumos comprados incluyen materias primas, provisiones y otros artículos de consumo, así como los activos como maquinaria, equipo de laboratorio, equipo de oficina y edificios. Aunque los insumos comprados se asocian comúnmente con las actividades primarias, están presentes en cada actividad de valor, incluyendo las actividades de apoyo. Por ejemplo, las provisiones de laboratorio y los servicios independientes de pruebas son insumos comúnmente comprado con la infraestructura. Como todas las actividades de valor, el abastecimiento emplea una “tecnología”, como los procedimientos para tratar con los vendedores, regla de calificación, y sistema de información. El abastecimiento tiende a esparcirse en toda la empresa. La dispersión de la función de abastecimiento con frecuencia oscurece la magnitud de las compras totales y significa que muchas compras reciben poco escrutinio. Una actividad de abastecimiento dada puede asociarse normalmente con una actividad de valor específica o con las actividades que apoya, aunque con frecuencia el departamento de compras sirve a muchas actividades de valor y las políticas de compras se aplican en toda la empresa.
- ◆ **Desarrollo de Tecnología:** Cada actividad de valor representa tecnología, sea conocimiento (Know How), procedimientos, o la tecnología dentro del equipo de proceso. El conjunto de tecnologías

empleadas por la mayoría de las empresas es muy amplio, yendo desde el uso de aquellas tecnologías para preparar documentos y transportar bienes a aquellas tecnologías representadas en el producto mismo. Además, la mayoría de las actividades de valor usan una tecnología que combina varias subtecnologías diferentes que implican diversas disciplinas científicas.

- ◆ **Gestión de Recursos Humanos:** La administración de recursos humanos consiste de las actividades implicadas en la búsqueda, contratación, entrenamiento, desarrollo y compensaciones de todos los tipos de personal. Respalda tanto las actividades primarias como las de apoyo, además afecta a la ventaja competitiva en cualquier empresa, a través de su papel de determinar la habilidad y motivación de los empleados, el costo de contratar y entrenar.

- ◆ **Infraestructura Gerencial:** Consiste de varias actividades, incluyendo la administración general. A diferencia de las otras actividades de apoyo, normalmente apoya a la cadena completa y no a actividades individuales. Dependiendo de sí la empresa está diversificada o no, la infraestructura de la empresa puede ser auto-contenida, o estar dividida entre unidad de negocios y la corporación matriz.
Aunque muchas veces se considera a la infraestructura de la empresa sólo como general, puede ser una fuente poderosa de ventaja competitiva.

3.4.4 Proceso para Delinear el Perfil del Posicionamiento Competitivo de un Negocio

Se propone un enfoque sistemático y disciplinado para seguir todos los pasos necesarios para llevar a cabo esta evaluación interna a nivel de negocio. Este proceso conduce a la identificación de los principales puntos fuertes y debilidades de la empresa frente a sus competidores más importantes.

Paso 1. Identificación de los competidores más relevantes

Un competidor relevante es aquel que cumple una o más de las siguientes condiciones:

Desde el punto de vista del mercado:

- Tiene una elevada participación en el mercado.
- Ha experimentado un crecimiento sostenido de ventas.
- Obtiene altos niveles de rentabilidad con respecto al promedio de la industria.
- Ha demostrado una actitud competitiva agresiva contra la totalidad o segmentos importantes de nuestro negocio.
- Presenta una posición muy vulnerable frente a nuestras acciones competitivas.

Desde el punto de vista funcional

- Presenta la estructura de costos más baja.
- Posee la técnica más sólida.
- Tiene comercialización más sólida.
- Ofrece la mejor calidad de producto.
- Muestra el nivel más alto de integración vertical.
- Exhibe el nivel más alto de utilización de capacidad.

Cualquier estrategia sólida debe estar respaldada por una comprensión total de los competidores más importantes de la empresa, ya que una estrategia de negocios tiende a lograr una ventaja sostenible sobre ellos.

Paso 2. Selección de los factores críticos de éxito

El concepto de cadena de valor proporciona un marco valioso para organizar las tareas emprendidas a nivel de un negocio. Sirve como pauta para llevar a cabo un diagnóstico de los puntos fuertes y las debilidades actuales y para identificar las capacidades que deben movilizarse a fin de alcanzar una ventaja competitiva. Sin embargo, sus categorías siguen teniendo una definición demasiado amplia. No incorporan un contenido lo suficientemente detallado como para facilitar la selección de los factores críticos de éxito que conducen a la identificación de fortalezas y debilidades de la Unidad estratégica de negocios (UEN).

Un enfoque para llevar a cabo la evaluación interna al nivel de un negocio es observar el negocio en su totalidad desde una perspectiva muy amplia. Como en el caso del examen del medio externo, los directivos superiores del negocio son convocados para ofrecer una evaluación general inicial respecto de la posición del negocio. Como primer paso, se le solicita al grupo la identificación de las habilidades competitivas centrales que constituyen la base para determinar la posición del negocio del negocio en su industria. Se recomienda clasificar las actividades de la cadena de valor en siete categorías que son levemente diferentes de las propuestas por Porter.

- Infraestructura gerencial.
- Finanzas.
- Gestión de Recursos humanos.
- Tecnología.

- Adquisiciones.
- Fabricación.
- Comercialización y ventas.

La primera actividad de la cadena de valor de Porter, la infraestructura de la empresa, está dividida en dos componentes: infraestructura gerencial, que incluye los procesos administrativos de la empresa, las capacidades de la estructura de la organización, la cultura y el liderazgo; finanzas, una función clave centralizada que merece una atención especial. La actividad denominada fabricación incluye la logística de entrada, las operaciones y la logística de salida. La fabricación debería interpretarse como la actividad relacionada con el movimiento, la producción y la entrega de los productos y servicios generados por el negocio. Finalmente, la actividad denominada comercialización y ventas incluye estas dos funciones así como el servicio de post-venta. Bajo estas siete categorías proporcionamos una lista completa de atributos que deben ser analizados para trazar el perfil competitivo. Estas listas deberían ser modificadas para ajustarlas a las circunstancias particulares de cada unidad individual de negocios.

Paso 3. Perfil competitivo de su negocio frente a cada uno de sus competidores más importantes

La evaluación interna es una tarea mucho más completa que el examen del medio externo. En éste, nos limitamos a analizar una industria individual, esto se realiza por medio de tablas especificadas en el anexo... En la primera, tenemos que comparar nuestro negocio con cada uno de los competidores más importantes.

Cuando se aborda el estado actual, se trata de ser lo más objetivos posible en el momento de describir la posición competitiva frente a cada uno de los competidores claves. Sin embargo cuando se aborda el futuro, se debería ser realista, en términos de las capacidades para mejorar la posición relativa, y lo suficientemente inquietos como para movilizar las energías del negocio a fin de lograr un desempeño superior.

Paso 4. Identificación de los puntos fuertes y las debilidades del negocio

Al completar los perfiles competitivos del negocio, se pueden definir las fortalezas y debilidades de este. Resulta obvio afirmar que una estrategia efectiva de negocios debería reforzar las fortalezas y corregir las debilidades observadas al final de este proceso. La esencia de la estrategia de negocios es tratar de ser diferente, en otras palabras, de separar a la industria de los competidores en lugar de imitarlos.

3.5 La Formulación de la Estrategia del Negocio

Los análisis de misión del negocio, el examen del medio externo para determinar el atractivo de la industria, y la evaluación interna para identificar las fortalezas competitivas, deberían conducir a una formulación inteligente de la estrategia del negocio.

Una estrategia de negocios es un conjunto bien coordinado de programas de acción tendientes a asegurar una ventaja competitiva sostenible. Estos programas de acción deberían responder a los cambios deseados en la misión del negocio, abordar adecuadamente las oportunidades y las amenazas reveladas por el proceso de examen del medio, y reforzar las

fortalezas así como neutralizar las debilidades descubiertas en la evaluación interna.

Los programas de negocios se encuentran definidos en dos niveles diferentes de especialidad: los programas de acción generales que cubren típicamente un horizonte de planificación de varios años, que normalmente representan los objetivos estratégicos a largo plazo de la UEN; y los programas de acción específicos que cubren un período de seis a dieciocho meses, que representan el apoyo táctico necesario para la realización de los objetivos estratégicos.

Estos programas, generales y específicos, a menudo incluyen compromisos funcionales transformando una estrategia de negocios en la articulación de actividades multifuncionales adecuadamente integradas. Además, el resultado final de la estrategia de negocios se ve trasladado a un presupuesto. Este documento es importante, porque representa un acuerdo alcanzado por los directivos claves del negocio y se convierte en una pauta según la cual se mide el desempeño.

3.5.1 Proceso para Formular la Estrategia de Negocios

Comenzamos esta etapa con una amplia comprensión de todos los temas pertinentes (tanto externos como internos) que son fundamentales para mejorar el desempeño del negocio. Ahora pasamos de la reflexión a la acción. La formulación de la estrategia del negocio implica la definición del programa gerencial con un conjunto de programas concretos y orientados a la acción.

Paso 1. El Posicionamiento del negocio con la matriz atractivo de la industria/fortaleza del negocio

Una herramienta útil para resumir un resultado crítico de nuestro análisis previo es la Matriz Atractivo de la industria/Fortaleza del negocio, que se presenta en la figura 3.3. Dicha matriz capta gráficamente la posición competitiva de la unidad de negocios en las dos dimensiones críticas: el atractivo de la industria (captado en la evaluación general del atractivo de la industria), y la fortaleza del negocio (captada en la evaluación competitiva general).

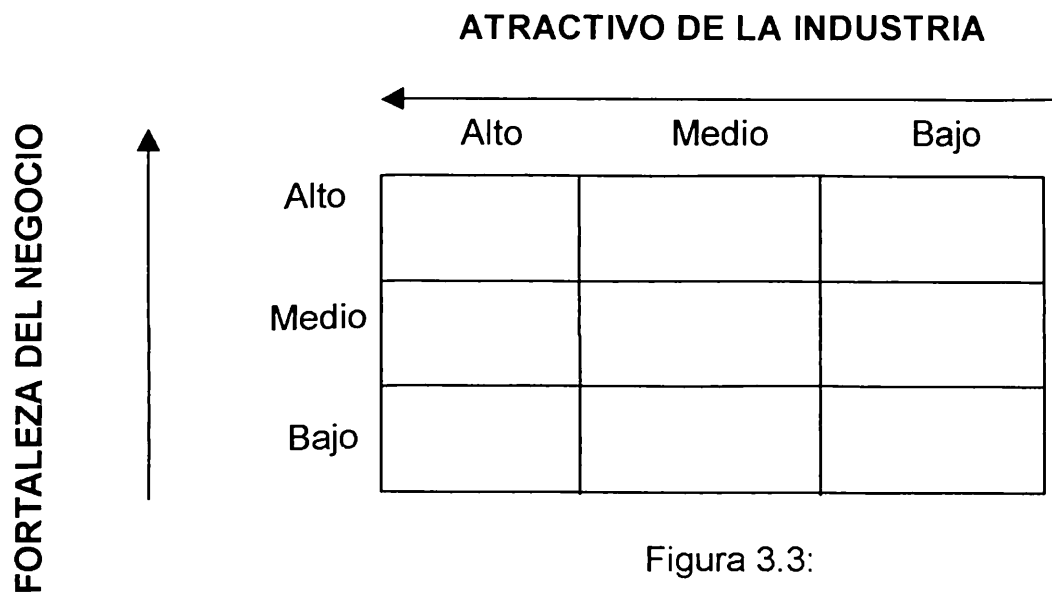


Figura 3.3:

Matriz atractivo de la industria - Fortaleza del negocio

Existen ciertas consecuencias útiles que surgen de la posición actual y futura de la unidad de negocios en esta Matriz. En primer lugar la dirección del cambio esperada para este negocio durante el horizonte de planificación considerado. En segundo lugar, según la ubicación del negocio, la Matriz Atractivo de la industria/Fortaleza del negocio sugiere lo que se denomina

estrategia genérica; a saber, un curso de acción congruente con el atractivo de la industria y la fortaleza del negocio dentro de esta industria. Las nueve estrategias genéricas asociadas a la matriz se muestran en la figura 3.4. Dentro de esta declaración se encuentra implícita la noción de que un atractivo “medio” de la industria resulta igualmente atractivo. La estrategia genérica (tanto actual como futura) sólo debería ser considerada como un punto de referencia para la posterior definición de los programas de acción. Una deducción final que surge de esta matriz está relacionada con la gestión de la cartera de los diferentes negocios de la empresa. Por lo tanto, deberían emplearse diferentes prioridades compatibles con la cartera.

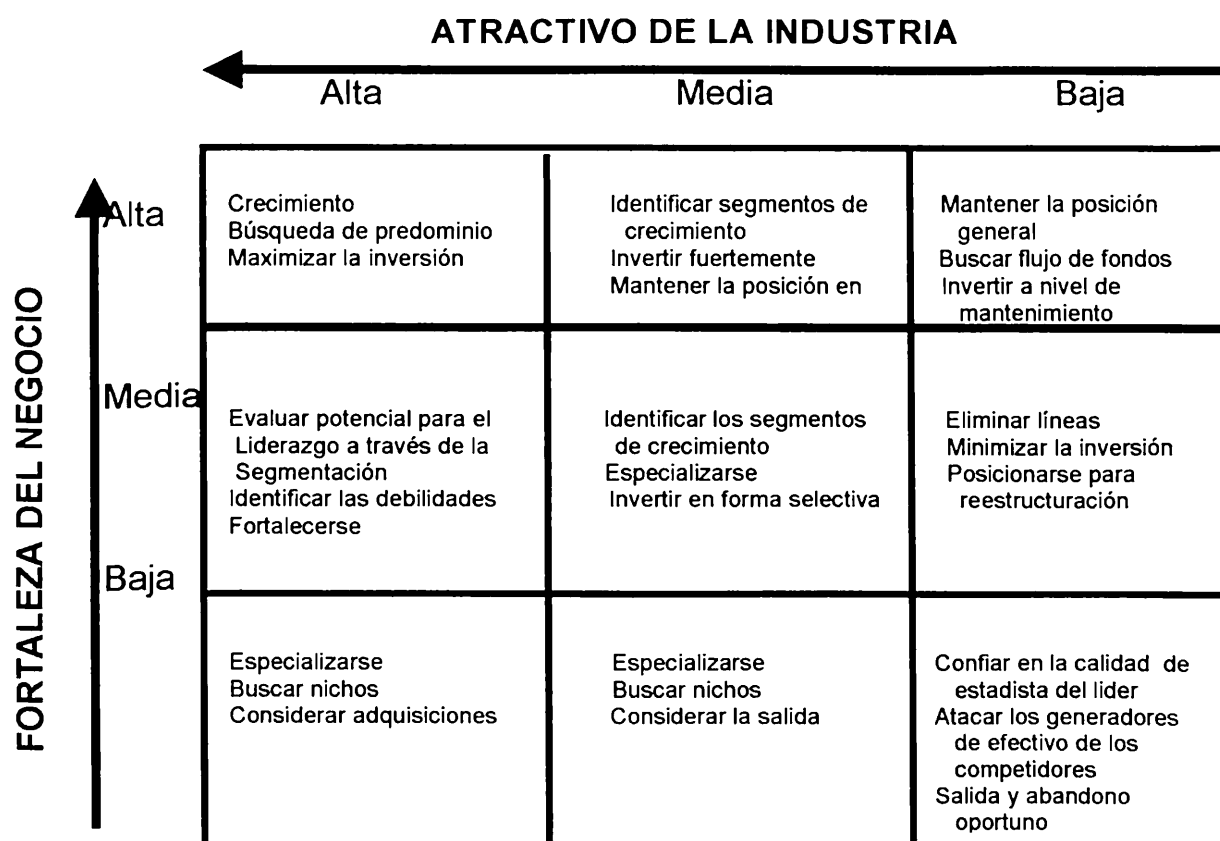


Figura 3.4: Estrategias genéricas asociadas a la matriz

Paso 2. Definición de programas generales de acción

Un requisito clave para una formulación efectiva de una estrategia de negocio es la coherencia entre los programas de acción estratégica (que deben generarse en esta etapa del proceso) y los resultados de los análisis previos: desafíos de los cambios en la misión; oportunidades y amenazas que surgen del examen del medio; y los puntos fuertes y las debilidades que son el resultado de la evaluación interna.

Los programas de acción se enuncian en dos niveles diferentes de agregación. En primer lugar, definimos el conjunto total de los programas generales de acción, que deberían completar la totalidad del programa estratégico de la unidad de negocios. No deberían ser demasiado numerosos (de allí la connotación de generales) y deberían permitir una coordinación adecuada de las numerosas tareas que son llevadas a cabo a nivel del negocio.

La prueba crítica de su formulación es determinar si son lo suficientemente completos (lo que significa que responden a todos los temas claves descubiertos en nuestro análisis estratégico) y si son lo suficientemente motivadores como para lograr que la organización alcance un nivel más elevado de desempeño. Cada programa general de acción, a su vez, será apoyado con un conjunto de programas específicos de acción que impulsan la realización de las tareas detalladas. Los programas generales y específicos de acción son equivalentes a las estrategias y tácticas, una terminología a menudo usada en los contextos militares y de negocios.

Existe una manera fácil de asegurarse, o por lo menos de verificar, hasta que punto es completo el conjunto total de programas generales de acción. Esto se lleva a cabo reflexionando sobre los requisitos impuestos por los tres elementos principales de nuestro análisis: los desafíos que surgen de los cambios en los productos y mercados, los alcances geográficos y las competencias únicas; las oportunidades y amenazas a partir del examen del

medio externo y las fortalezas y debilidades que emergen de la evaluación interna.

Es necesario utilizar variados antecedentes para la adecuada caracterización de cada programa general de acción.

- **Descripción:** expresar el propósito y la meta del programa general de acción.
- **Directivo responsable:** un solo individuo que será responsable de supervisar la implementación del programa general de acción.
- **Indicadores claves para el control de la gestión:** factores estables utilizados para evaluar el desempeño del negocio.
- **Descripción del primer hito importante:** el primer producto tangible del programa general de acción.
- **Fecha del primer hito importante:** la fecha en la que debería alcanzarse el hito.

Paso 3. Definición de programas específicos de acción

Cada programa general de acción está respaldado por un conjunto de programas específicos de acción que ayudan a proporcionar un sentido de concreción al trabajo gerencial estratégico. Los programas específicos de acción son tareas tangibles a corto plazo que pueden ser identificados, controlados y evaluados con precisión.

La definición de un programa específico de acción incluye la siguiente información:

- **Descripción:** un relato de las actividades del programa.
- **Declaración de prioridades:** transmite el grado de importancia del programa de acción para el negocio.

- Declaración de costos: estimación de los costos asociados a la implementación de los programas de acción. Las cifras deberían descomponerse en tres componentes de fondos estratégicos: inversiones, aumentos en el capital de explotación y gastos de desarrollo.

Paso 4. Preparación del presupuesto y programación de fondos estratégicos

Los presupuestos representan proyecciones de ingresos y costos que cubren normalmente uno o más años. El presupuesto maestro de una empresa incluye todas aquellas actividades cuyo control se juzga importante para un desarrollo saludable de los negocios de la empresa: entre ellas figuran las ventas, la fabricación, las actividades administrativas, la inversión y la gestión del efectivo.

El resultado del proceso de planificación del negocio conduce hacia el desarrollo de un presupuesto inteligente, que no es una mera extrapolación del pasado al futuro, sino un instrumento que contiene compromisos estratégicos y operativos. Los compromisos estratégicos buscan el desarrollo de nuevas oportunidades, que muy a menudo introducen cambios significativos en las condiciones existentes del negocio. Los compromisos operativos, por otra parte, tienden al mantenimiento de efectivo de la base del negocio.

Una forma de quebrar esta dicotomía dentro del presupuesto es hacer uso de los fondos estratégicos y operativos para distinguir el papel que desempeñarán dichos recursos financieros. Los fondos estratégicos son rubros de gastos requeridos para la implementación de los programas estratégicos de acción cuyos beneficios se espera sean acumulados a largo plazo, más allá del actual período presupuestario. Los fondos operativos son aquellos rubros de gastos requeridos para mantener el negocio en su posición presente.

Existen tres componentes principales de los fondos estratégicos:

1. La inversión en bienes tangibles, tales como una nueva capacidad de producción, nueva maquinaria y herramientas, nuevos vehículos para la distribución, nuevo espacio para oficinas, nuevo espacio para depósitos, y nuevas adquisiciones.
2. Los aumentos (o disminuciones) en capital de explotación generados por compromisos estratégicos, tales como impacto de los aumentos sobre los inventarios y las cuentas por cobrar que son el resultado de un aumento en las ventas; la necesidad de acumular mayores inventarios a fin de ofrecer mejores servicios; aumento de las cuentas por cobrar como resultado de un cambio en la política de créditos a los clientes, y así sucesivamente.
3. Los gastos de desarrollo que se ubican por encima de las necesidades del negocio existente, como la publicidad para introducir un nuevo producto para reubicar uno existente; gastos en I&D de nuevos productos; importantes programas de reducción de costos para los productos existentes descuentos introductorios, promociones de ventas y muestras gratuitas a fin de estimular las primeras compras; desarrollo de sistemas de gestión como la planificación, el control y la compensación ciertos estudiosos de ingeniería, y así sucesivamente.

Es importante reconocer estas tres formas de fondos estratégicos aunque todos ellos contribuyen al mismo propósito, a saber, el mejoramiento de las futuras capacidades de la empresa, las reglas de contabilidad financiera tratan estos rubros de manera muy diferente.

El presupuesto presenta tanto la historia como una proyección futura. Esto resulta útil para comprender la evolución de los resultados financieros y el

alcance de las desviaciones drásticas de lo esperado respecto del desempeño pasado. El presupuesto comienza con cifras que miden el Mercado Total de la industria en la que reside el negocio. Esto nos permitirá observar de inmediato la posición de la participación del negocio en el mercado y la evolución del ciclo de vida de la industria

CAPITULO 4: DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE TRABAJO

4.1 Descripción del Lugar de Trabajo

4.1.1 Gerencia Mina Chuquicamata

- Organigrama Gerencia Mina

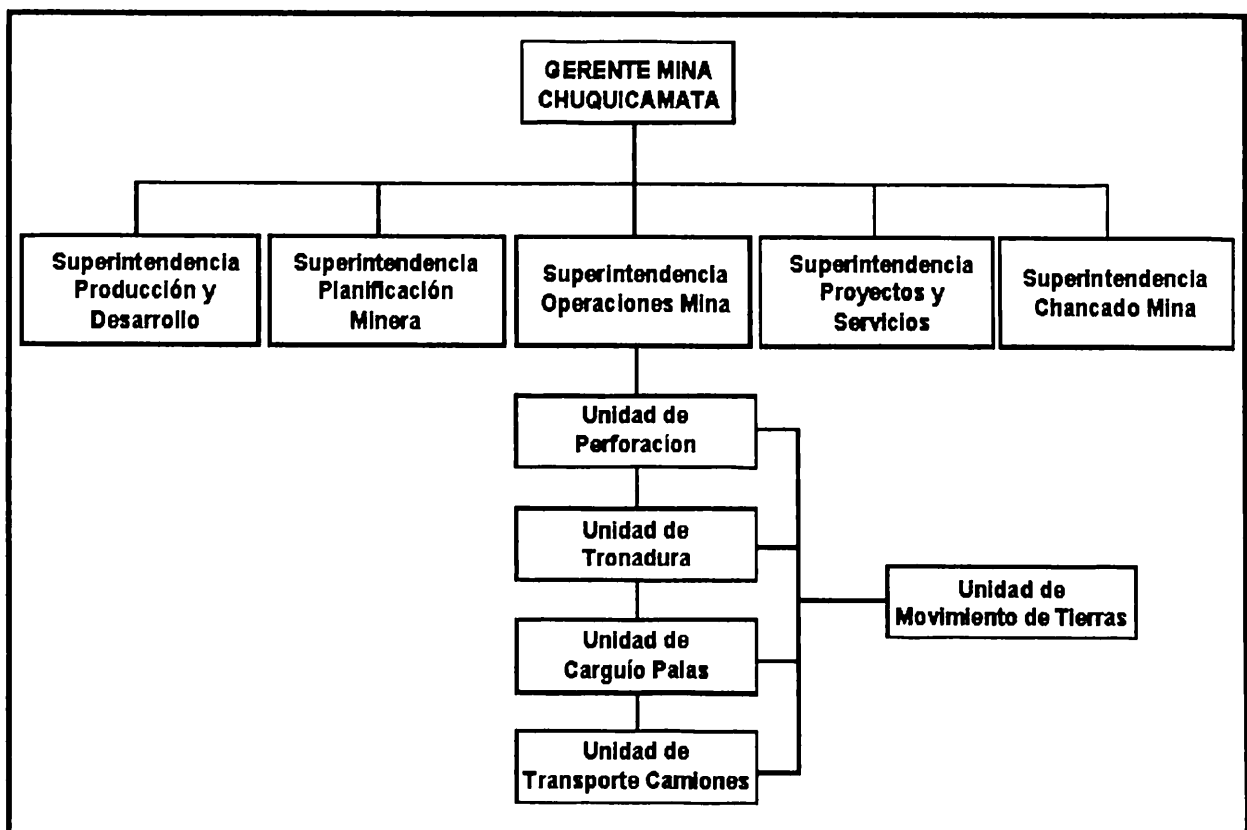


Fig. 4.1 Organigrama Gerencia Mina Chuquicamata

4.1.1.1 Visión

Ser un equipo de excelencia, líder en el negocio minero de la extracción, conminución y manejo de materiales.

4.1.1.2 Misión

Gestionar el negocio de la explotación y desarrollo del recurso minero de la mina Chuquicamata, para maximizar la creación del valor y generación de excedentes económicos y su aporte al estado, con compromiso de seguridad, calidad y medio ambiente.

4.1.2 Organigrama Unidad Carguío Palas

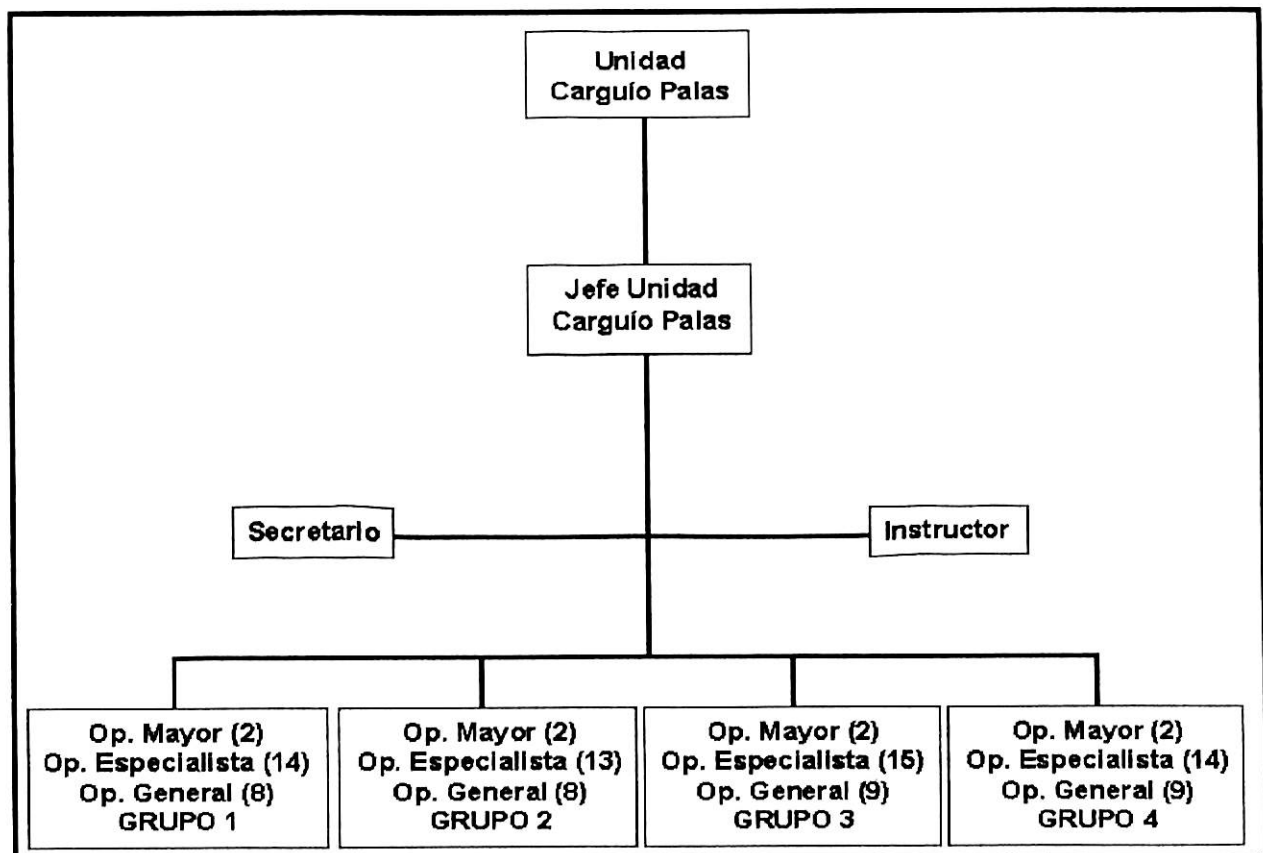


Fig. 4.2 Organigrama Unidad Carguío Palas

4.1.2.1 Visión

Hacer de la Unidad de Carguío Palas, una de las más productivas y a bajo costo

4.1.2.2 Misión

Cargar el material fragmentado en cantidad, calidad y oportunidad, de acuerdo al plan de producción vigente, con seguridad, respetando el medio ambiente, y satisfaciendo a nuestros clientes.

4.1.2.3 Objetivos Estratégicos

- Promover una cultura de negocio y mejorar practicas laborales, mediante el desarrollo de competencias
- Controlar las pérdidas operacionales, para disminuir los costos de operación
- Mejorar el rendimiento efectivo de los equipos de producción
- Implementar un plan de inversiones y planificar el negocio mina en forma integrada
- Mercado: Incrementar las relaciones y alianzas con consumidores finales
- Mediante la innovación tecnológica, mejorar los procesos productivos
- Trabajar con seguridad y protección del medio ambiente

4.1.2.4 Descripción de Cada Cargo

La Unidad Carguío Palas, cuenta con un total de 101 personas, las cuales se distribuyen de acuerdo al organigrama mostrado en la Figura 2.6, los cuales se describen a continuación:

- **Jefe de Unidad**, Programa, organiza, coordina, dirige y supervisa todas las actividades y trabajos que se realizan dentro de la Unidad Carguío Palas
- **Secretario**, Desarrolla tareas que dicen relación con la administración y mantención actualizada de sistemas integrados de información computacional y manual, referentes a la coordinación y control administrativo del personal y recursos físicos del área de trabajo en que se desenvuelve.
- **Instructor**, Realiza estudios del manejo y cuidado del equipo, incluyendo normas de seguridad. Programa cursos de entrenamiento. Estudia resultados de las evaluaciones efectuadas. Controla la aplicación correcta de los reglamentos de seguridad del uso y manejo de equipos. Mantiene constantemente informado a los supervisores de seguridad, con objeto de actualizar métodos de seguridad.
- **Operador Mayor**, Este designa a los operadores especialistas y generales a los respectivos lugares de trabajo y equipos. También controla el desempeño de los operadores en la operación de carguío. Coordina junto con el personal de mantención y equipo movimiento de tierra, reparaciones, cambios y movidas de palas. Dirige y controla actividades de cambio de posición de equipos de carguío y elementos de señalización y acceso (conos de aculatamiento, pasacable, etc.). Controla

el cumplimiento de los estándares y normas establecidas al personal a su cargo.

- **Operador Especialista**, Este operador opera cualquier tipo de pala que se le asigne dentro y fuera de los recintos de la Mina.

Cumple las normas e instrucciones establecidas para faenas de carguío, como son movidas y aperturas de los cortes. También efectúa desplazamientos cortos con el equipo de carguío, para permitir de esta forma la entrada de equipos de apoyo.

- **Operador General**, Este operador realiza trabajos de apoyo inherentes a las actividades de la unidad carguío Palas. Como son: asistir a los movimientos de equipos mineros, manejo de vehículos menores, instalación de letreros de seguridad.

También debe manipular los cables de alta tensión, pasacable, trineos, todo esto con la finalidad de proporcionar áreas seguras y expeditas de operación.

Avisa también las situaciones de riesgo y condiciones inseguras en el área donde opera. Realiza el cambio de posición de los equipos de carguío, señalizadores y accesos. Abastece de los materiales necesarios para que efectúen reparaciones menores, asiste al personal de mantención.

4.1.3 Análisis Foda Unidad Carguío Palas

Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas (FODA) del medio interno y medio externo.

FORTALEZAS DEL MEDIO INTERNO:

- Equipos de carguío y transporte modernos
- Posee tecnología de punta, como lo son GPS de alta precisión, Sistema de Despacho, Monitoreo de fallas mecánicas
- Altos recursos minerales
- Mano de obra calificada
- Control de perdidas
- Empresas colaboradoras comprometidas

OPORTUNIDADES DEL MEDIO EXTERNO:

- Lideres en Medio Ambiente y Seguridad
- Nueva cartera de proyectos mineros, como son: Mansa Mina, Gaby, Opache, Toky, entre otros.

DEBILIDADES DEL MEDIO INTERNO:

- Baja utilización efectiva
- Baja ley del mineral
- Profundidad del Rajo
- Diferencia en tonelaje, entregado por el Sistema Dispatch y Planificación.
- Personal Monofuncional
- Absentismo laboral alto
- Dureza del mineral

AMENAZAS DEL MEDIO EXTERNO:

- Fluctuaciones en el Precio del Cobre
- Sustitutos del Cobre
- Altos niveles de competitividad

4.2 Sistema Operativo Unidad Carguío Palas Mina Chuquicamata

El presente capítulo, tiene como fin dar a conocer el sistema operativo de la Unidad Carguío Palas y con ello explicar de mejor manera aquellos eventos dentro de la operación que se verán beneficiadas con el sistema GPS de alta precisión.

4.2.1 Descripción General Equipo de Carguío Palas

PALA DE CABLE

Es un equipo de carguío, que se utiliza para cargar y excavar material en un banco tronado, a través de un sistema de levante de balde por cables.

Este equipo está montado sobre orugas con la cual realiza el movimiento de avance y está alimentada en forma eléctrica para su operación.

La operación de estos equipos está a cargo de personal altamente capacitado e idónea para realizar la función de carguío.

4.2.1.1 Componentes Principales de la Pala de Cable

A continuación se dan a conocer los principales componentes de la pala de cable usada en Mina Chuquicamata (ver fig. 4.3):

- Cadena de oruga
- Corona de giro
- Mecanismo de propulsión
- Bastidor lateral de oruga
- Zona de colectores
- Caja de maquinaria
- Plataforma de maquinaria
- Miembro tensor del pórtico
- Poleas de punta pluma
- Cabina del operador
- Cables de suspensión de la pluma
- Pluma
- Brazo del balde
- Cable de levante
- Igualador de cables de izaje
- Balde
- Puerta del balde
- Mecanismo de empuje

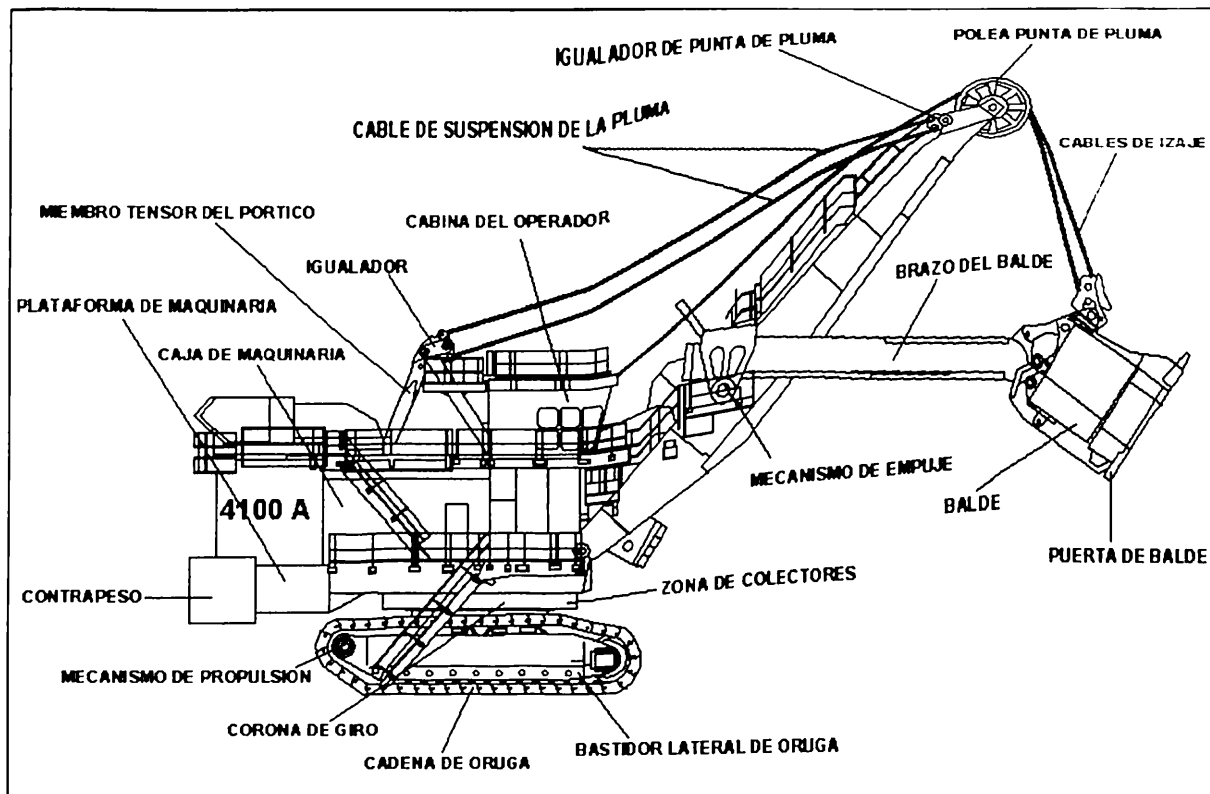


Fig. 4.3 Componentes principales Pala de cable

4.2.1.2 Alimentación de la Pala

El equipo de carguío es alimentado con corriente alterna (CA), la que es proporcionada desde el sistema de distribución central de la mina. Esta corriente es enviada a través de cables de 5 y 7.2 Kvolt a cada una de los distintos tipos de pala que operan actualmente en él rajo de Chuquicamata.

4.2.2 Proceso de Carguío en Mina Chuquicamata

A continuación se describe la operación de carguío palas, la cual esta compuesta por diversas etapas consecutivas que deben realizarse en forma adecuada y segura, en beneficio de las personas, equipo y del negocio minero.

Etapas en el proceso de carguío:

- Excavación
- Carga
- Giro de la pala
- Descarga

4.2.2.1 Excavación

La excavación consiste en el empuje aplicado al balde para que este penetre el material tronado de manera de realizar una carga de material dentro del balde (Ver figura 4.4).

El empuje proporciona la fuerza necesaria que permite al balde entrar en el material tronado cuando se inicia una excavación y a su vez proporciona la fuerza con la cual los dientes del balde penetran la zona inferior del área de excavación con el fin de realizar una máxima carga y de usar en forma óptima la fuerza de izaje que levanta al balde.



Fig. 4.4 Pala en proceso de excavación

4.2.2.2 Excavación en Banco

El inicio de la excavación en Banco debe realizarse de tal forma que la pala quede ubicada en una posición que permita el uso óptimo de la fuerza de empuje y de izaje.

Para ubicar la pala en una posición óptima para iniciar el carguío, se debe ubicar el brazo del balde en forma perpendicular al piso del área de excavación y a su vez el balde deberá quedar posicionado al inicio del material a cargar (Ver Figura 4.5).

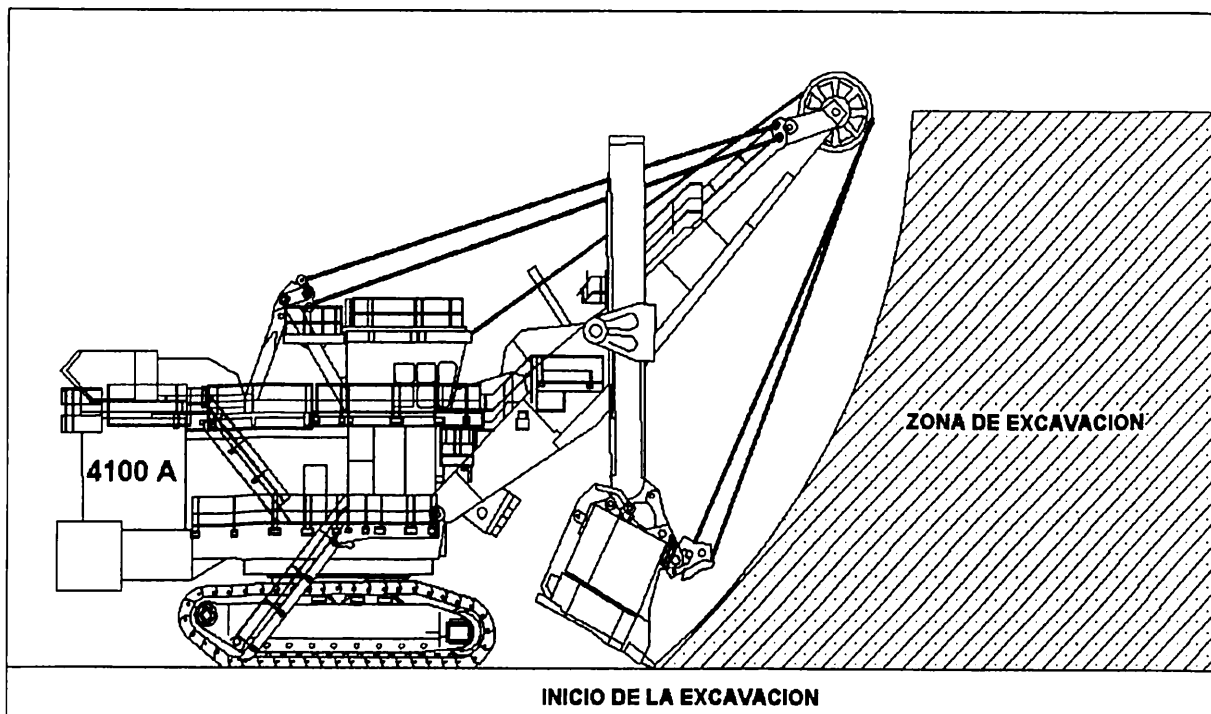


Fig. 4.5 Ubicación óptima de la pala para iniciar el carguío

Con esta posición se evitan los siguientes problemas:

- Uso adecuado de fuerzas de levante y empuje
- Se evita el choque entre la oruga y la parte posterior del balde

- Se evita el empuje excesivo para penetrar los dientes en el material, con lo que alargamos la vida útil de los dientes del balde
- Se evitan efectos de fatiga de material debido al excesivo torque aplicado a la pluma.

4.2.2.3 Fuerza de Ataque

A medida que el balde entra en el banco, la mayor excavación será efectuada cerca de la base del banco. Por lo tanto mientras mayor sea la fuerza de levante y de presión de ataque, más rápido y con mayor volumen será el llenado del balde, con ciclos de carga menores.

4.2.2.4 Movimiento de Giro de la Pala

Esta acción consiste en el giro que efectúa la pala después de haber realizado la excavación o descarga, con la finalidad de cargar al camión o para iniciar una nueva excavación.

Un movimiento de giro apropiado es aquel que se efectúa de forma controlada, con un tiempo de giro eficiente, con una altura y distancia del brazo de balde adecuada para cargar al camión. A su vez la velocidad y aceleración de giro no debe ser extrema sino mas bien optima desde el punto de vista operacional.

El movimiento de giro se efectúa en un cierto ángulo, este ángulo es de mucha importancia ya que de este depende el tiempo de giro de la pala para cargar. Si este giro es superior a 90° el rendimiento de la pala por hora efectiva decrece, mientras que si el giro es menor a 90° el rendimiento de la pala aumenta.

Al efectuar una operación controlada por parte del operador y a su vez con una secuencia de trabajo organizada es posible obtener beneficios operacionales de importancia.

4.2.2.5 Descarga de Material

Esta acción consiste en efectuar la descarga de material cargado por la pala al camión de extracción.

En esta acción uno de los factores más importante es la adecuada posición del camión y la adecuada operación del palero en la descarga.

ACULATAMIENTO DEL CAMIÓN

El operador de camión debe posicionarse de acuerdo a la posición de la pala, es decir el camión debe posicionarse en forma paralela a las orugas de la pala y a una distancia de mas o menos 10 metros.

La posición del camión en el sector de carguío deberá ser de tal manera que el centro de la tolva quede centrado con la punta de la pluma con la finalidad de reducir el movimiento de retracción o extensión del brazo del balde, lo que lleva a una reducción en el rendimiento efectivo y a su vez una condición de esfuerzo de los componentes principales del sistema de empuje y levante.

DESCARGA

Una vez que el camión esta aculatado, la pala procederá a descargar el material a la tolva del camión. Esta acción debe realizarse con mucho cuidado ya que el balde puede chocar con algún extremo del camión

ocasionando algún tipo de incidente a las personas o a los equipos involucrados.

El balde debe posicionarse al medio del camión y a una altura tal que no comprometa el deterioro de la tolva al momento de la descarga. Para esto el operador de la pala deberá descargar el material mas fino en la primera carga del camión con el fin de amortiguar los impactos producidos por las descargas posteriores con material más grueso (Ver Figura 4.6).



Fig. 4.6 Pala realizando la descarga de material

4.2.3 Selección por Tipo de Material

La dilución es la cantidad o porcentaje de contaminación de un material de baja ley en otro de alta ley.

Basándose en lo anterior Planificación Mina realiza un programa de extracción por tipo de material según ley para cada pala, este reporte indica las toneladas a cargar ya sea de lastre, sulfuro de baja ley (SBL) o sulfuro, según corresponda de acuerdo a la ubicación en el rajo de la pala.

La forma de distinguir en terreno un tipo de material de otro, es mediante la utilización de estacas guías.

Estas estacas guías son puestas por personal de topografía en los límites que definen un tipo de material.

Estas estacas le sirven como guías al operador de pala con el fin de realizar una excavación selectiva de baja precisión por tipo de material (Ver Fig. 4.7).

El control de la dilución permite enviar a planta un material con la ley adecuada para su procesamiento y con ello un beneficio en los costos de extracción y procesamiento.

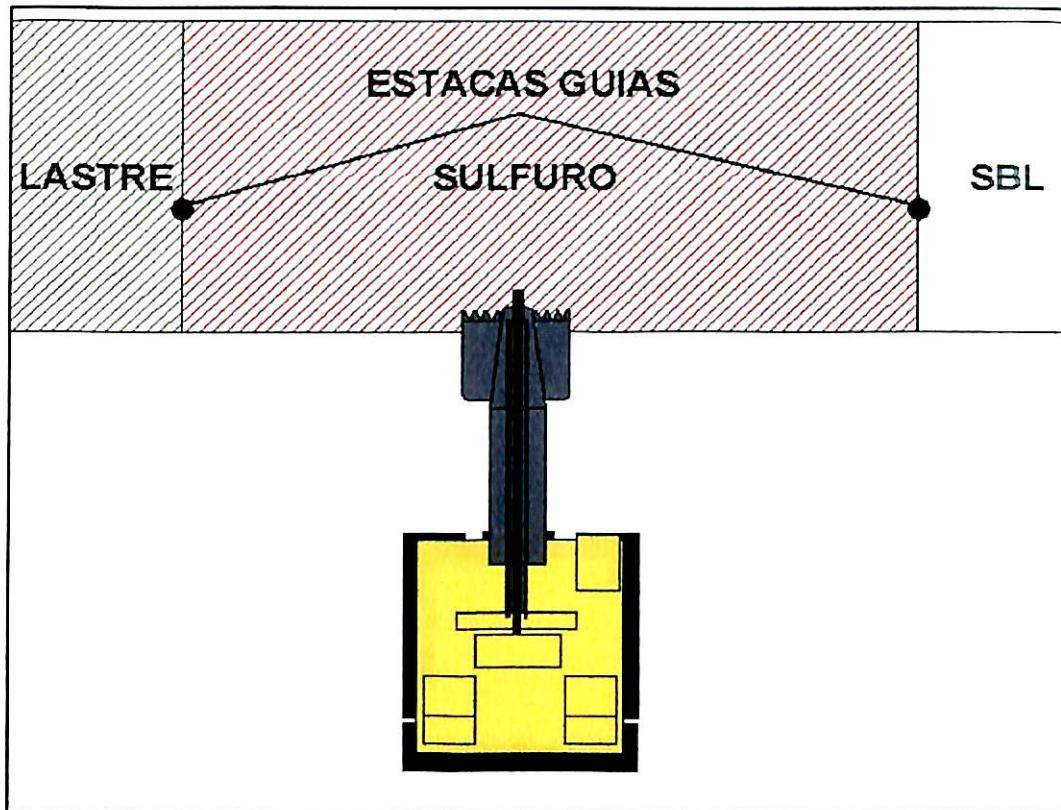


Fig. 4.7 Estacas guías por tipo de material en un banco

4.2.4 Línea de Programa

La línea de programa se define como la línea o el límite que define el ancho del banco inmediatamente superior al banco de excavación de la pala.

Esta línea se deberá cumplir por razones de estabilidad de taludes y por programas de explotación planificados.

La línea de programa está definida mediante estacas montadas en terreno por personal de topografía.

Estas estacas sirven de guía al operador de la pala con el fin de cumplir con la línea de programa y con ello el cumplimiento de condiciones geomecánicas y de los programas de explotación (Ver Figura 4.8).

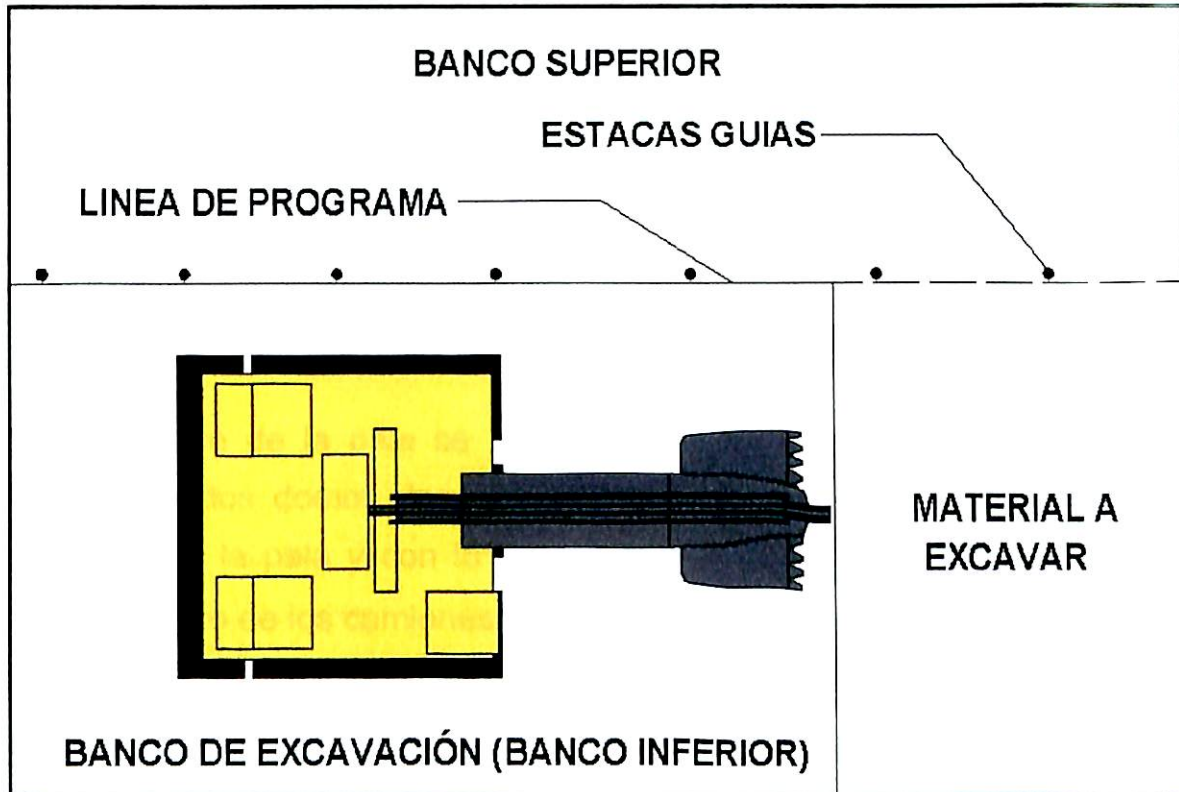


Fig. 4.8 Línea de Programa

4.2.5 Función de los Equipos de Apoyo en la Operación de Carguío

La función de los equipos de apoyo es la de facilitar el proceso de carguío a las palas, con el fin de obtener la máxima utilización de estas.

La unidad encargada de prestar apoyo a las palas es la unidad de movimiento de tierra, quien cumple las siguientes labores en beneficio del proceso de carguío.

- Arreglo de cancha del área de carguío cuando la pala no lleva la cota de piso ideal
- Limpieza de cancha, al existir obstáculos para el aculatamiento de camiones.

Estas labores se realizan generalmente en los cambios de turnos y medios turnos, con la utilización de tractores sobre orugas y neumáticos, y motoniveladoras.

4.2.5.1 Arreglo de Cancha

En el avance de la pala se van produciendo algunos desniveles de baja altura llamados domos, los cuales se generan por la mala operación del operador de la pala y con lo que perjudica entre otras labores el correcto acuatamiento de los camiones al no existir un piso nivelado.

Estos desniveles se van corrigiendo en tiempo real, preferencialmente en los cambios y medios turnos, por equipos de movimiento de tierras especialmente tractores sobre neumáticos o orugas, dependiendo de la dificultad del trabajo.

Para ello el tractor realiza una sucesión de pasadas por el área a nivelar hasta dejar un nivel adecuado para la correcta operación de los equipos involucrados.

A su vez existe otro evento que se produce en el avance de la pala. Este evento se genera cuando la pala no va llevando la cota de nivel de piso planificado por una gran cantidad de metros, con lo cual existe un desnivel continuo en el sentido del avance de la pala.

Este evento debe ser corregido a su debido tiempo ya que cuando la pala a dejado un desnivel por una gran cantidad de metros, no se repara, ya que el hecho de reparar este desnivel que involucra una cantidad de material, no se compensa con la perdida económica que genera la pala al detener la operación de carguío para que los equipos de movimiento de tierras realicen la tarea.

En general llevar el piso correcto y sin desniveles es una labor que requiere mucha capacidad por parte del operador como también de su experiencia, lo que hace que la necesidad de contar con equipos que permitan medir en tiempo real la cota que lleva la pala en función de la ideal, es creciente.

4.2.5.2 Limpieza de Cancha

La limpieza de cancha se genera al existir en la zona de carguío una gran cantidad de rocas y zanjas producidas por el avance de la pala y por las rocas que se caen de la frente inestable de carguío y de la tolva de los camiones, este evento no genera desniveles, por lo cual la limpieza de cancha se van realizando preferencialmente en los fines y medios turnos, por tractores neumáticos o motoniveladoras, en caso de requerir un tractor sobre orugas, este realizaría dicha tarea (Ver Figura 4.9).

La razón principal por la cual se realizan las limpiezas de canchas es la de permitir un óptimo aculatamiento del camión y a su vez se generan ahorros al obtener mayores rendimientos de los neumáticos al disminuir el desgaste de estos.



Fig. 4.9 Tractor montado sobre orugas realizando limpieza de cancha en la zona de carguío

4.3 Descripción del Sistema GPS y Sistema de Monitoreo y Administración Minera Actual en Mina Chuquicamata

4.3.1 Base Conceptual Sistema GPS

Desde los inicios de la humanidad han existido necesidades de las cuales dependía el hombre para poder sobrevivir. Entre estas necesidades estaba la de realizar viajes para poder conseguir sus alimentos, como es el caso de los antiguos navegantes que recorrían miles de kilómetros a mar abierto corriendo todo tipo de suerte y guiados solamente por orientación astral para poder llegar a destino, por lo que esa herramienta se convirtió en un recurso fundamental para realizar sus viajes.

Al pasar los años las necesidades de la humanidad aumentaron y con ello el requerimiento y la necesidad de conocer la ubicación de los destinos ya sea por fines de abastecimiento o bélicos.

En la última década del milenio se crea un sistema de posicionamiento global GPS, el cual me permite localizar en mar, tierra o cielo cualquier elemento mediante dispositivos especiales que funcionen gracias al accionar de satélites.

4.3.1.1 Funcionamiento de GPS

El sistema GPS por definición es un sistema de posicionamiento global (GLOBAL POSITION SYSTEM), el cual opera con un total de 26 satélites que circundan la quinta órbita terrestre en forma elíptica a 20200 kilómetros, emitiendo constantemente ondas de radio. De estos 26 satélites normalmente están en operación 24, mientras que los otros dos están de reserva en caso de falla de algunos de los 24 satélites.

Los satélites están enviando constantemente pseudo códigos los cuales son recibidos por un receptor móvil o fijo. Este pseudo código es distinto para cada receptor, enviando mediante señal de alta frecuencia de dos tipos: **L1 = 1575.42 Mhz** y **L2 = 1227.60 Mhz**. Esta señal el satélite la envía en razón de tiempo mediante un reloj nuclear de alta precisión a cada receptor.

Al recibir la señal emitida por el satélite a una velocidad de 300.000 km/seg, el receptor mediante un software computacional realiza un cálculo logarítmico, el cual transforma esta señal en coordenadas x,y,z.

Como el receptor no posee un reloj atómico existe una diferencia en la distancia entregada por el receptor y la real. Este error se produce ya que el valor del tiempo de llegada de la onda al receptor no coincide con el del reloj del satélite y es por esta razón que para hacer una estimación de la

ubicación es necesario tener cuatro satélites para realizar la triangulación en forma mas precisa.

Entre los proveedores más comunes de GPS a escala mundial están TRIMBLE y MOTOROLA, las que respondiendo al relativo bajo costo de esta tecnología han logrado el uso masivo a escala mundial de este sistema.

a. TIPOS DE RECEPTORES GPS

Existen dos tipos de receptores GPS, los fijos y los portátiles. Los fijos son de mayor tamaño, funcionan alimentados por baterías de automóviles, aviones o barcos y tienen antenas exteriores independientes.

Habitualmente van interconectados a otros instrumentos electrónicos como radares, sondas, plotters, pilotos automáticos, etc.

Los receptores portátiles (móviles) son mucho más pequeños y además de poder alimentarse con la energía de cualquier vehículo (con adaptadores) pueden funcionar por medio de pilas. Las antenas suelen ir instaladas en el interior del receptor (la mayoría tiene disponible antenas exteriores que adquieren como opcionales), aunque también las hay desmontables para poder ser instaladas en el exterior.

Algunos modelos portátiles también pueden interconectarse con otros instrumentos electrónicos.

b. FRECUENCIAS DEL GPS

FRECUENCIA MILITAR Y CIVIL

Como se dijo en boletines anteriores, cada satélite transmite series de datos en dos códigos diferentes.

Uno de los códigos, el código P, esta reservado para su utilización militar, el otro código, llamado SPS, esta destinado para uso civil. Cada código tiene una frecuencia de emisión diferente.

- **CODIGO P:** El código exacto, conocido por las siglas PPS y también llamado código P, esta reservado para su uso estrictamente militar y como su propio nombre indica ofrece la máxima exactitud y precisión. Se emite en la frecuencia de 1.227,3 Mhz.
- **CODIGO SPS:** El código de adquisición ordinaria, también llamado SPS o C/A, es el código destinado a uso civil. Todos los receptores GPS “civiles” están sintonizados con este código. Se emite en la frecuencia de 1.575,42 Mhz.

c. DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA GPS

La estación central del sistema GPS, situada en Estados Unidos, degrada la precisión de las señales civiles (por medición de una pequeña diferencia en tiempo de emisión/receptor) de forma que ofrezca un pequeño error, error estimado entre los 25 y 100 metros. Esta degradación de la señal es conocida como disponibilidad selectiva (SA). Esta diferencia en las coordenadas de posición nada importante para la utilización del GPS para usos corrientes civiles, es debida a motivos de seguridad, no hay que olvidar

que algunos sistemas de dirección de misiles utilizan el sistema GPS como guía.

d. LIMITACIONES DEL GPS

Las señales emitidas por los satélites se comportan, en cierto modo como la luz, ya que pueden traspasar el cristal y el plástico, sin embargo no pasan a través de montañas, túneles, edificios, superficies metálicas o estructuras similares. La antena de los receptores debe estar orientada de forma que tenga “acceso visual” a los satélites.

En el modo navegación, un receptor GPS indica la distancia que falta para alcanzar un punto de destino en línea recta. Hay que tener en cuenta que en la tierra es prácticamente imposible, incluso en el desierto, seguir una trayectoria recta por largos periodos ya que los accidentes topográficos obligan a variar la dirección con frecuencia.

e. FUNCIONES DE UN RECEPTOR GPS

La función principal de un GPS es informar sobre la posición que ocupa en el plano o en el espacio, por medio de las coordenadas de longitud, latitud y altura, de manera que dicha posición pueda situarse con facilidad en un mapa o plano.

- **Posición:** Indica la posición del GPS en coordenadas x,y. Facilita la localización casi exacta del receptor. Para ello el GPS tiene que haber captado las señales emitidas al menos por tres satélites. La precisión de estas lecturas aumentan en función del número de satélites.

- **Altura:** Al captar 4 o más satélites el GPS indica la altura sobre el nivel del mar. Esto quiere decir indica una posición en el espacio x,y,z.

f. NIVELES DE PRECISION GPS

El departamento de defensa de EE.UU. opera y mantiene el sistema GPS para aplicaciones militares y civiles. Usando seis diferentes lugares de monitoreo alrededor del mundo, este departamento asegura la integridad del sistema total, controlando la operación y el estado de posición de los satélites:

Existen cinco niveles básicos de precisión en las mediciones GPS:

- Autónomo: 15-100 mts
- Diferencial GPS (DGPS): 0.5-5 mts
- Cinemática en tiempo real (RTK) flotante: 20 cm – 1 mts
- Cinemática en tiempo real (RTK) fijo: 1 cm – 5 cm
- Estático: 5 mm + 1 ppm (estático fast: 1 cm + 1 ppm)

La diferencia en estos niveles de precisión se debe básicamente a que estos usan la señal de GPS de diferentes formas. Los satélites GPS emiten dos frecuencias diferentes y cada frecuencia tiene información o códigos. A su vez el nivel de precisión va a depender del número de satélites que se encuentren disponibles como también del tipo de dispositivo y ubicación en que se encuentre.

El proceso estático o RTK, esta destinado para aplicaciones de mediciones de primer orden, como puntos de red o control de la mina. La medición puede demorar varias horas, dependiendo de la distancia entre el receptor de la estación base y el receptor ubicado en el punto que se desea calcular.

Para obtener posiciones locales precisas se necesita una calibración de coordenadas del lugar. Las posiciones de los satélites se encuentran en un sistema de referencia llamado WGS -84, por lo que se necesita transformar estas coordenadas al sistema de coordenadas local de la mina. La calibración GPS es una definición matemática de la relación entre el sistema de coordenadas satelital y el sistema de coordenadas de la mina. Una medición topográfica GPS que incluya los puntos de control topográficos de la mina debe ser realizada antes de empezar a operar el GPS con los receptores.

g. SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO SATELITAL

En la actualidad existen dos sistemas satelitales de ubicación. Estos sistemas son los llamados GPS de EE.UU. y GLONASS de Rusia, los cuales al ser utilizados en forma conjunta da un rango de error mínimo de la ubicación de un determinado objeto o lugar. Estos sistemas son preferentemente usados conjuntamente en actividades mineras a cielo abierto debido al alto rango de precisión que tienen.

h. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL GPS

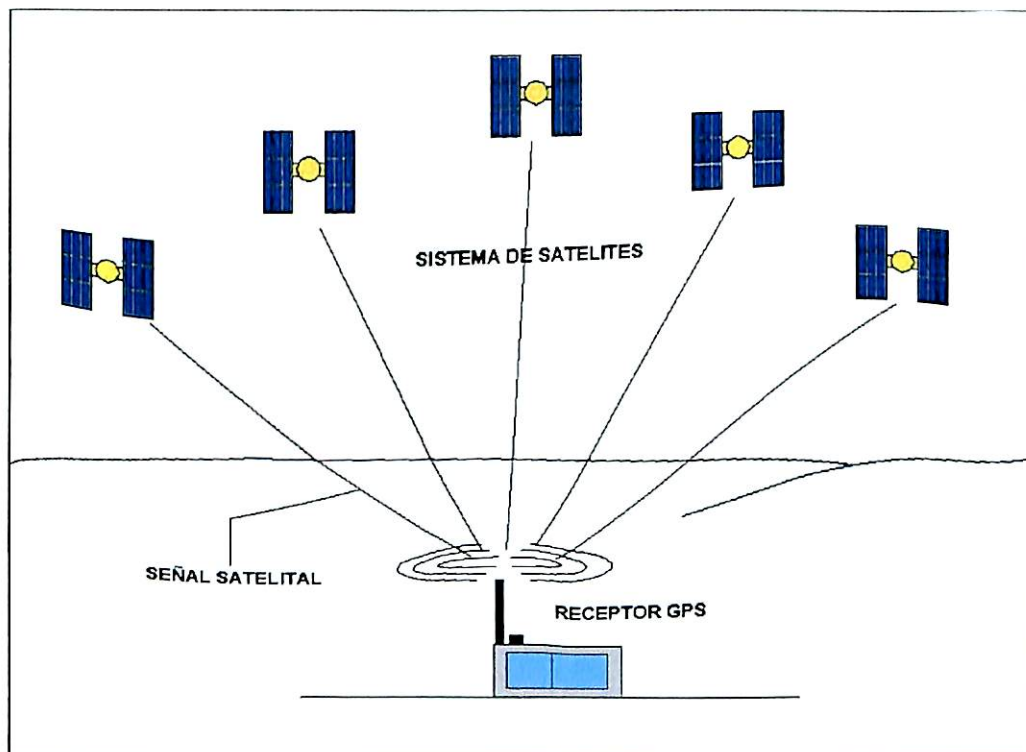


Fig. 4.10 Esquema de funcionamiento general GPS

La figura 4.10 representa el concepto básico de funcionamiento de GPS. El satélite emite una señal que es recibida por el receptor y transformada por este en coordenadas bidimensionales o tridimensionales dependiendo de la disponibilidad de satélites.

4.3.2 Sistema de Monitoreo y Administración Minera Actual en Mina Chuquicamata

En la actualidad Mina Chuquicamata cuenta con dos sistemas principales de control de operaciones en las unidades de transporte camiones y carguío palas.

Estos sistemas monitorean y controlan la posición y el rendimiento de todos los equipos de camiones y palas en la Mina.

Los sistemas Dispatch y tecnología GPS de baja precisión, son los encargados de monitorear y controlar la gestión diaria de camiones de extracción y de palas (Ver Figura 4.11).

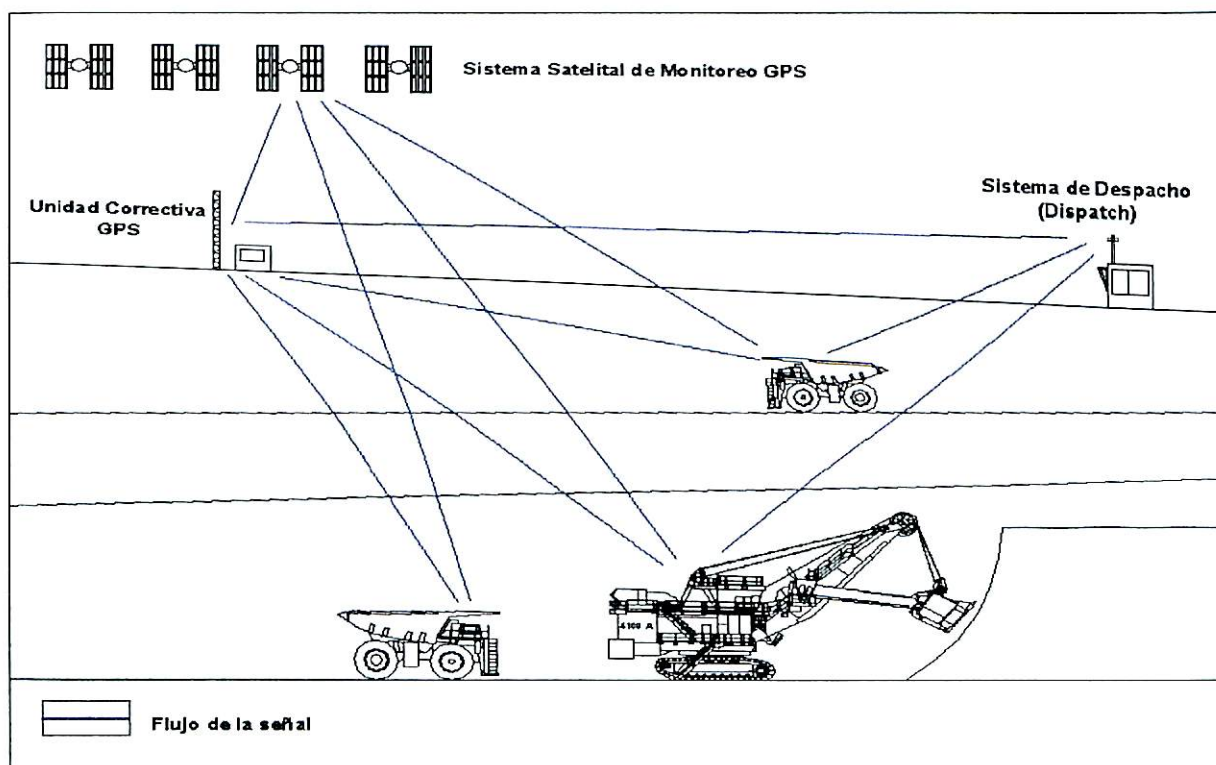


Fig. 4.11 Funcionamiento de los sistemas de posicionamiento y administración minera en Mina Chuquicamata

4.3.2.1 Sistema GPS Actual de Mina Chuquicamata en Palas y Camiones

En la actualidad Mina Chuquicamata está utilizando un sistema GPS de baja precisión instalado en los equipos de las unidades de Transporte Camiones y Carguío Palas.

Este sistema es el único que actualmente está operando en equipos de producción de la mina, por lo que su implementación marcó un cambio drástico en las funciones normales de la mina, como también marcó cambios en temas de gestión y del sistema Dispatch de Mina Chuquicamata.

a. SISTEMA GPS DE BAJA PRECISION EN CAMIONES DE EXTRACCIÓN

En la actualidad la unidad de transporte camiones esta utilizando en sus equipos un sistema de tecnología GPS de baja precisión para el rastreo de los camiones.

Este sistema cuenta con dos niveles de precisión, uno de 100 mts y otro de 10 mts respectivamente.

El sistema GPS con nivel de precisión de 100 metros, es utilizado para rastrear al camión en cualquier punto de la ruta de acarreo de material.

El otro sistema con nivel de precisión de 10 metros, es utilizado para rastrear al camión en los lugares de destino o ruta de acarreo si así se requiere.

Este destino puede ser una pala, un Botadero, un Stock pile o un chancador, lugares en los que se necesita tener un grado de precisión mas alto, con el objetivo de controlar en forma mas precisa los camiones en los puntos críticos de la operación efectiva del camión.

b. SISTEMA GPS DE BAJA PRECISION EN PALAS

El sistema GPS en palas se utiliza para conocer la posición aproximada de la pala en función de su avance, con el fin de conocer y actualizar la malla de rutas de la mina, ya que la pala es considerado un punto de destino fijo dentro de ruta del camión.

El bajo nivel de precisión del GPS en palas, no permite utilizarlo para otros fines, como por ejemplo; estimar la cota del nivel de piso o control de los polígonos de excavación, en los cuales se necesita un nivel de precisión medido en centímetros.

c. MONITOREO DE CAMIONES DE EXTRACCION

El sistema de monitoreo se basa en la utilización conjunta de dos tipos de ubicación utilizando tecnología GPS.

Una de ellas es el monitoreo del camión usando directamente el GPS con actualizaciones de su ubicación con intervalos de 30 segundos y enviando esta información en paquetes a la unidad base de control en tiempo real o cada 1 o 10 minutos dependiendo de la actualización, configuración y requerimientos que se estimen conveniente para el monitoreo del camión.

Estas actualizaciones las pueden realizar cualquier usuario del sistema, pero principalmente la utiliza el encargado del despacho llamado despachador, desde la unidad base de control.

El otro sistema de monitoreo que se usa es el llamado sistema de monitoreo con balizas virtuales las cuales indican la posición y la hora de entrada y salida del camión desde una determinada zona estratégica en la ruta del camión.

Las actualizaciones de la información GPS para este sistema es igual al sistema de monitoreo convencional GPS.

SISTEMA DE MONITOREO CAEX CON BALIZAS VIRTUALES

Las balizas virtuales son dispositivos no físicos que se ubican en sectores estratégicos de la mina y que sirven para conocer la ubicación en una hora determinada del camión.

Los sectores estratégicos están definidos como puntos de destinos o puntos intermedios en la ruta del camión, los cuales son para el caso de mina Chuquicamata, los siguientes:

- Área de carguío palas
- Sector Chancadores
- Sector Botaderos, Dump o Stock Pile
- Puntos intermedios

Cada baliza es programada desde la unidad central para formar parte de la base de datos del sistema GPS de mina Chuquicamata. Cada baliza en la base de datos tiene coordenadas de norte y este (que corresponde a una pala o a cualquier otro punto estratégico de la mina), un número de identificación y un área de cobertura definida por un radio.

CAMION LLEGANDO A LA BALIZA

Mina Chuquicamata cuenta con un número superior a las 100 balizas virtuales distribuidas estratégicamente dentro del rajo y fuera de este (Chancadores).

Las balizas cuentan con un sistema ordenado de coordenadas Norte-Este que están distribuidas alrededor de todo el perímetro de la baliza. Esto es favorable ya que cuando un camión entra al área de cobertura de la baliza definida por las coordenadas del perímetro de esta, el sistema reconoce la

coordenada del camión y calcula si este está dentro del perímetro de la baliza, en este caso calcula la hora de llegada a la baliza y en qué coordenada se encuentra (Ver Figura 4.12).

Esto último se representa en forma gráfica en la pantalla de gráficas de mina del sistema Dispatch.

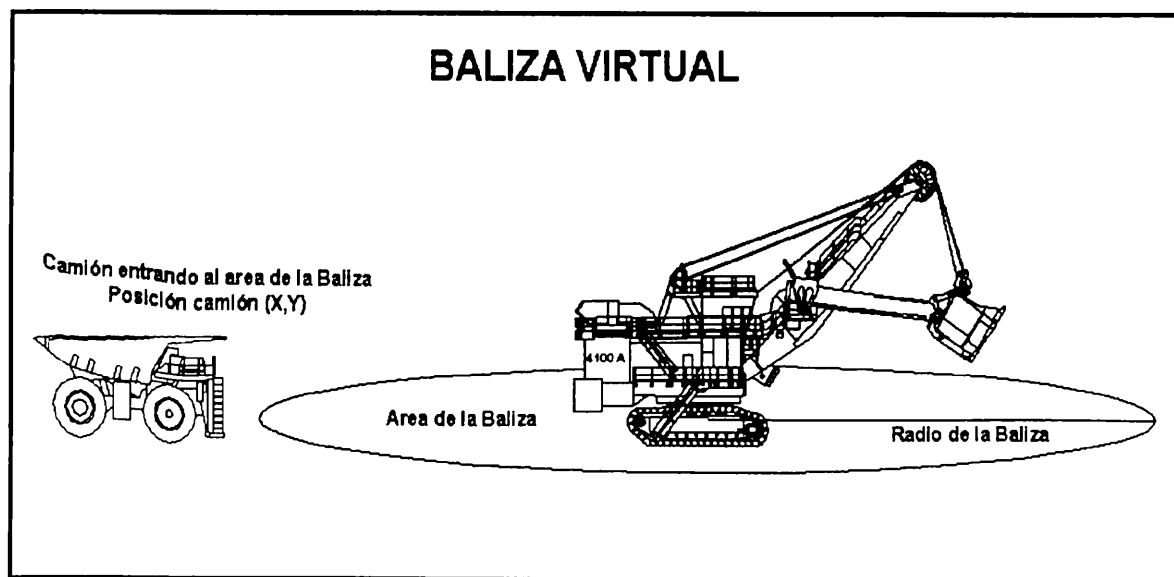


Fig. 4.12 Camión de extracción (CAEX), entrando al área de cobertura de la baliza en pala

CORRECCIONES DEL SISTEMA: NIVEL DE PRECISION A 10 METROS

Cuando se necesita mayor precisión GPS de los camiones o palas, se utiliza una estación de referencia correctiva, la cual otorga una mayor precisión de la ubicación de los equipos.

Esta estación es fija por lo que sus coordenadas de posición están bien definidas, lo cual es aprovechado para corregir la posición GPS de los equipos, mediante el uso de las lecturas de la estación fija y calculando errores de posicionamiento.

El sistema procesa la información GPS del equipo y establece mediante algoritmos matemáticos de posicionamiento los errores existentes. Esta información es enviada mediante transmisiones de radio frecuencia al equipo y desde aquí es enviada a la estación central de monitoreo para su procesamiento y óptima utilización.

Este método de corrección se utiliza tanto para el sistema con balizas virtuales como para el método convencional GPS en camiones y en palas.

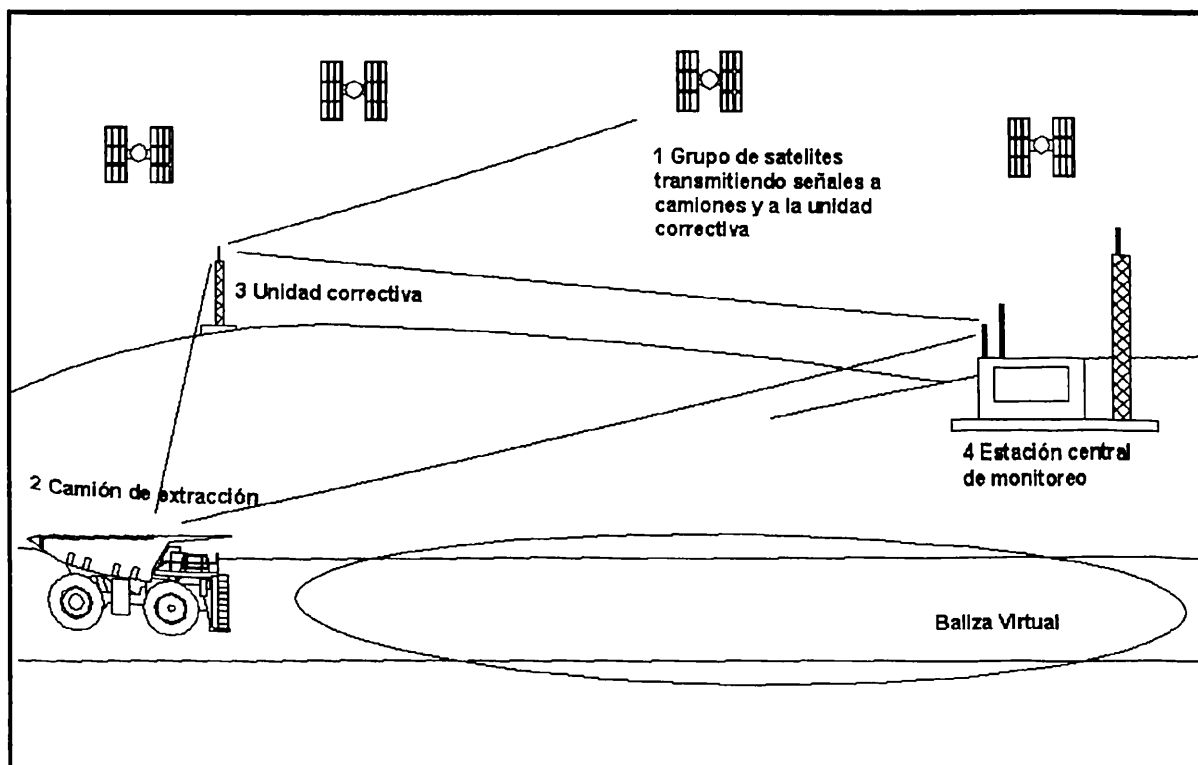


Fig. 4.13 Monitoreo de equipos móviles con precisión de 10 metros

De acuerdo al diagrama de la figura 4.13 la señal se transmite en el siguiente orden:

1. El sistema de satélites envía transmisiones en ondas de radio a los receptores GPS terrestres

2. La Unidad correctiva y el equipo móvil, continuamente reciben señales del satélite
3. Los dispositivos GPS del equipo móvil calculan la posición GPS y envían esta información a la unidad correctiva
4. La unidad correctiva calcula un error y se lo aplica a las lecturas realizadas por el equipo móvil, esta lectura corregida es enviada al camión y a la unidad base de control.

IFORMES GPS DEL SISTEMA

Al momento de recibir la información GPS del monitoreo de los equipos, la unidad base de control esta en condiciones de realizar informes en tiempo real o en forma estadística de la gestión operativa de las unidades de extracción.

- Desplegar la ubicación actual de equipos en forma gráfica, utilizando la opción gráficas de mina del sistema de despacho
- Señalar la ubicación en tiempo real de equipos en la mina
- Generar un patrón de puntos GPS en la malla de rutas que calculó el sistema GPS para un camión determinado en un turno específico
- Generar reproducciones gráfica animadas de GPS, de la actividad de los equipos para un turno específico o un número determinado de ellos
- Generar reportes acerca de la disponibilidad del sistema GPS

BENEFICIOS DEL SISTEMA

- El rastreo completo del equipo móvil
- Eliminación de balizas físicas

- Es posible crear, desactivar, mover y eliminar balizas desde el confort de la oficina de monitoreo central de la mina
- Forma efectiva de asegurar que los camiones estén descargando su material en las ubicaciones correctas, especialmente de noche.
- Forma efectiva de reasignar camiones a destinos más cercanos o con mayor prioridad, al tener un control de la ubicación del camión en tiempo real

4.3.3 Sistema de Monitoreo y Administración Operacional Actual de Mina Chuquicamata en Palas y Camiones

4.3.3.1 Introducción

El sistema de monitoreo y administración minera es un sistema que me permite controlar y administrar los principales parámetros operacionales de palas y camiones.

Al hablar de parámetros operacionales, nos estamos refiriendo a las principales variables que están definiendo la operación de los equipos mineros.

Estos parámetros son los llamados datos de entrada para el sistema de monitoreo y administración minera el cual se conoce como sistema Dispatch o sistema de despacho.

4.3.3.2 Dispatch

El sistema Dispatch se define como un sistema de administración minera a gran escala, el cual utiliza lo ultimo en tecnología GPS, de comunicaciones

de datos y computación, con el fin de proporcionar asignaciones óptimas y automáticas para camiones de extracción y parámetros operacionales principales para palas y camiones.

El sistema Dispatch pertenece a Modular Mining Systems, Inc. , con casa matriz en Tucson, Arizona, EE.UU.

Esta empresa desde 1980 ha prestado servicios a distintas empresas mineras alrededor del mundo, las cuales han comprobado sus múltiples beneficios tanto operacionales como económicos, ya que este sistema tiene una gran capacidad de optimizar parámetros operacionales en los equipos mineros, razón por la cual posicionaron a Modular Mining Systems Inc. , como líder mundial en sistemas de control y operación minera.

4.3.3.3 Dispositivos de Dispatch y de GPS de Baja Precisión

Dispatch funciona en conjunto con un gran número de dispositivos, los cuales permiten obtener información y a su vez transmitir datos en tiempo real, es decir, con una mínima de interferencia de la señal.

Estos dispositivos están montados en tres unidades componentes del sistema, los cuales son:

- a. Unidad base de control (despacho)
- b. Unidad Móvil o de campo
- c. Unidad repetidora

4.3.3.3.1 Unidad Base de Control (despacho)

Tiene como objetivo recibir los datos operacionales de campo de los equipos. Esta unidad es administrada por un operador del sistema llamado

despachador, el cual tiene como función administrar los destinos de camiones, estado de los equipos, estado de la mina, entre otras funciones.

La transmisión de datos se realiza mediante una red inalámbrica, con capacidad de 1200 bits/seg.

Esta unidad esta ubicada en un sector estratégico de la mina, de tal forma de tener total cobertura con todos los equipos de campo.

4.3.3.3.2 Unidad Móvil o de Campo

Esta unidad tiene como finalidad generar los datos operacionales de los equipos.

Los datos se generan mediante un protocolo operacional con interacción del operador y datos obtenidos a partir del GPS de baja precisión.

Los dispositivos de esta unidad están instalados en palas y camiones, como se muestran a continuación:

- ◆ Equipos de campo en camiones

- a. Antena GPS de baja precisión
- b. Antena de comunicación de 1200 bits/seg
- c. Unidad Hub (Ver capítulo 3)
- d. Consola de operación.

- ◆ Equipos de campo en Palas

- a. Antena GPS de Baja Precisión
- b. Antena de comunicación de 1200 bits/seg
- c. Unidad Hub

d. Consola de operación



Fig. 4.14 Consola actual del operador de pala y camión

4.3.3.3 Unidad Repetidora

Esta unidad tiene como función principal retransmitir la señal en caso de no existir línea a la vista entre el despacho y el equipo de campo.

La retransmisión de la señal se puede realizar desde el equipo de campo hacia el repetidor y desde aquí al despacho o desde el despacho a la unidad repetidora con dirección al equipo de campo.

A su vez esta unidad actúa como unidad correctora de coordenadas GPS ya que al tener coordenadas topográficas fijas y conocidas, puede estimar un error con respecto a las lecturas captadas por la unidad mediante el dispositivo GPS. Este error es aplicado a las lecturas GPS de los equipos de campo en tiempo real, a través del sistema de despacho.

Esta unidad se instala en lugares fijos y estratégicos de la mina con el fin de tener un 100% de cobertura de señal

◆ **Dispositivos de la unidad**

- a. Antena direccional de 1200 bits/seg
- b. Antena GPS de baja precisión
- c. Fuente de alimentación

Estas tres unidades al actuar en conjunto y sin interrupciones pueden generar la información vital para alimentar a la base de datos del sistema de despacho. Esta información es la llamada datos de entrada del sistema por medio de los cuales se calculan los principales indicadores operacionales de los equipos de campo.

4.3.3.3.4 Datos de Entrada al Sistema

Camiones de extracción (CAEX)

- Distancia de viaje con carga
- Distancia de viaje sin carga
- Pendiente de la rampa
- Tonelaje transportado
- Ciclo del camión: tiempo efectivo del camión, el cual involucra:
 - a. **Tiempo de acuatamiento:** Este se define como el tiempo en el cual el camión se acomoda en una posición óptima para iniciar el carguío.
 - b. **Tiempo de carguío:** Este se define como el tiempo en el cual el camión es cargado

- c. **Tiempo de viaje con carga:** Tiempo en el cual el camión se dirige a un destino cargado
 - d. **Tiempo de acuatamiento en sector de descarga:** tiempo en que el camión se demora en acomodarse con el fin de descargar
 - e. **Tiempo de viaje sin carga:** tiempo que se demora el camión en llegar a un destino vacío. En este caso a la pala.
-
- Estado de combustible
 - Número de viajes por turno
 - Tiempo no operativo del camión, el cual involucra:
 - a. **Tiempo de mantención:** Tiempo en el cual el camión se encuentra en mantención mecánica o eléctrica
 - b. **Tiempo Reserva:** Tiempo en el cual el camión está mecánicamente habilitado para trabajar pero que no está cumpliendo sus funciones por falta de operador o por exceso de camiones en una unidad de carguío.
 - c. **Tiempo por detención programada:** tiempo en el cual se realiza el cambio de turno y hora de colación.
 - d. **Tiempo por detención no programada:** tiempo en el cual el equipo se encuentra estado no operativo por un determinado lapso de tiempo, este tiempo no es por problemas mecánicos ni eléctricos.
 - e. **Tiempo por perdida operacional:** tiempo en el cual el camión se encuentra en espera para ser cargado, también se conoce como tiempo en cola.
 - Tiempo nominal del camión: este se define como el tiempo total en el cual se miden todos los tiempos. (Ejemplo: 1 día tiene 24 horas = 24 horas nominales)

Equipos de carguío (Palas)

- Toneladas cargadas en un determinado lapso de tiempo
- Ciclo de la pala: el cual se define como el tiempo efectivo de carguío, el que involucra:
 - a. **Tiempo de excavación:** tiempo en el cual la pala excava material
 - b. **Tiempo de giro con carga:** tiempo en el cual la pala realiza el giro para cargar el material excavado.
 - c. **Tiempo de descarga:** tiempo que ocupa la pala en realizar la descarga del material en la tolva del camión.
 - d. **Tiempo de giro sin carga:** tiempo en el cual la pala gira sin carga para iniciar la excavación.

- Número de camiones cargados
- Tiempo no operativo de la pala, el que involucra:
 - a. **Tiempo de mantención:** Tiempo en el cual la Pala se encuentra en mantención mecánica o eléctrica
 - b. **Tiempo Reserva:** Tiempo en el cual la Pala esta mecánicamente habilitado para trabajar pero que no esta cumpliendo sus funciones por falta de operador o por exceso de camiones en una unidad de carguío.
 - c. **Tiempo por detención programada:** tiempo en el cual se realiza el cambio de turno y hora de colación.
 - d. **Tiempo por detención no programada:** tiempo en el cual se encuentra no operativo por un determinado lapso de tiempo, este tiempo no es por problemas mecánicos ni eléctricos.

- e. **Tiempo por pérdida operacional:** tiempo en el cual la Pala se encuentra en espera para ser cargado, también se conoce como tiempo en cola.
- Tiempo nominal de la Pala: este se define como el tiempo total en el cual se miden todos los tiempos. (Ejemplo: 1 día tiene 24 horas = 24 horas nominales)

4.3.3.4 Interacciones con el Sistema

La operatización de este sistema se encuentra definida por tres interacciones principales:

- a. Interacción Operador de Camión con el sistema
- b. Interacción Operador de Pala con el sistema
- c. Interacción Despachador

4.3.3.4.1 Interacción Operador de Camión y de Pala con el Sistema Dispatch

La función principal de la interacción de los operadores de camión y de pala, es la de generar los datos de entrada que alimentan al sistema. Estos datos de entrada se generan de la siguiente manera:

- ◆ Generación de los tiempos de ciclo de Camión y pala: Tiempo Efectivo

a. Camión vacío asignado para carguío

Cuando el camión lleno ha completado la descarga, el operador del camión presiona el icono OK FIN DE DESCARGA en la consola del camión. Esta acción envía un mensaje al sistema Dispatch informándole que el camión está ahora vacío y está disponible para una nueva asignación de carguío.

TIEMPOS: el tiempo de descarga se detiene y comienza el tiempo de viaje del camión vacío.

b. Camión vacío asignado a un área de carguío

Cuando el camión finaliza la descarga comienza su viaje vacío al área de carguío, pasando por nodos y balizas virtuales fijas de la malla de rutas en su trayecto. Estos dispositivos transmiten mensajes al sistema Dispatch informándole de la actual ubicación del camión.

Basándose en datos históricos, Dispatch estimará si el camión está a tiempo o bien está retrasado. El sistema Dispatch también puede determinar si el camión necesita ser reasignado a otra pala en caso de falla de la primera asignación. Esto está basado en los requerimientos actuales de la mina.

Como los camiones viajan a través de la mina, la pantalla de rutas se actualiza a medida que los camiones pasan por cada nodo (Ver Figura 4.15).

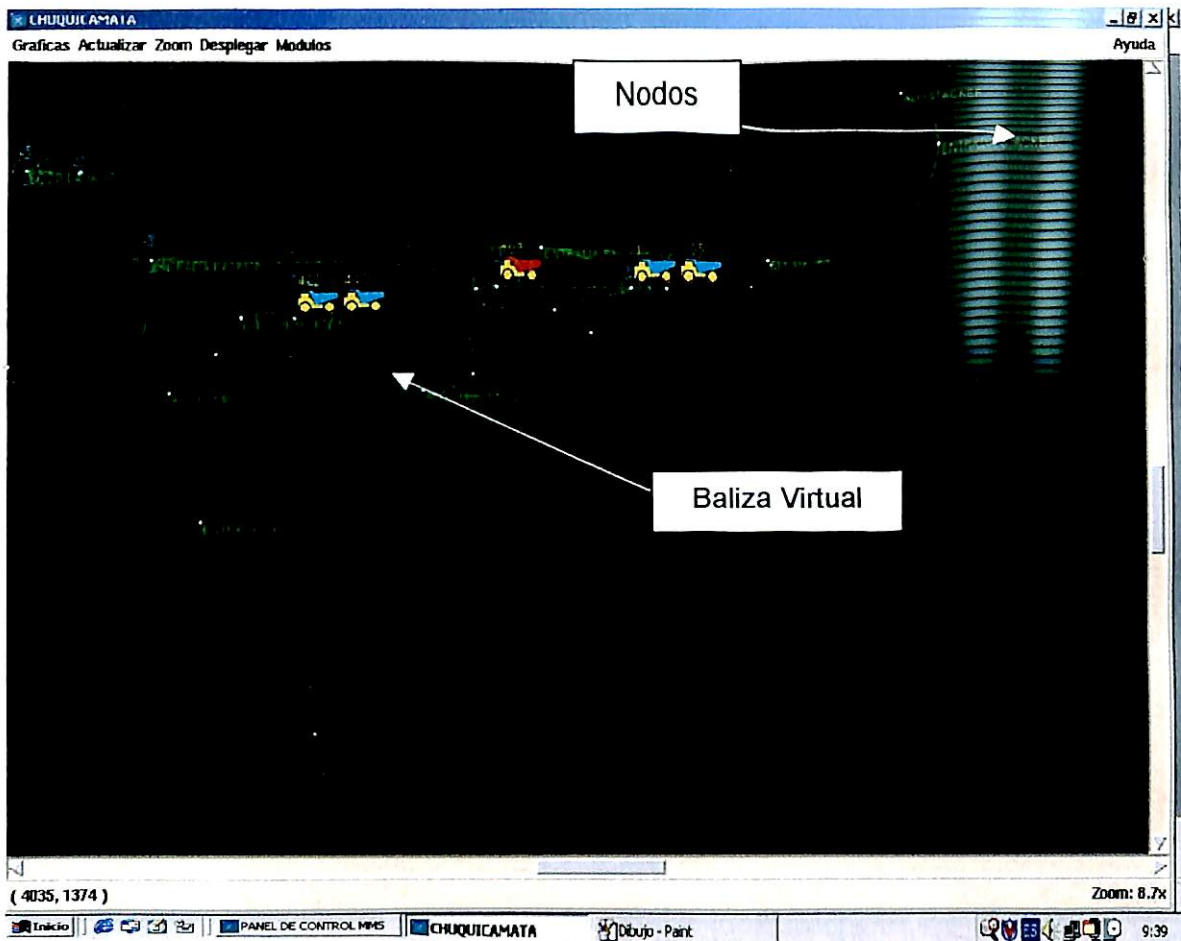


Fig. 4.15 Camión en ruta, se aprecian los nodos y balizas virtuales de la ruta (Imagen Dispatch)

c. Camión vacío llega al lugar de carguío (Termina viaje vacío y se inicia el encolamiento y/o el aculatamiento)

Cuando el camión vacío llega al lugar de carguío, el operador presiona OK en el icono de la consola, el cual indica al sistema Dispatch que el camión llegó a destino (Ver Figura 4.16).

TIEMPOS: Se detiene el tiempo de viaje vacío. Al mismo tiempo se inicia el tiempo de aculatamiento, si no hay camiones esperando, pero si hay otros camiones esperando carguío se inicia el tiempo de encolamiento.



Fig. 4.16 Camión llega a destino y en espera (Imagen de Gráficas de Mina Dispatch)

d. Camión vacío acuatado en la pala e inicia el carguío.

Una vez que el operador del camión ubica su equipo vacío en la pala y recibe el primer pase o baldada de material, el operador presiona el icono OK INICIO DE CARGA de la consola. Este envía un mensaje al sistema Dispatch informándole que el camión vacío ha iniciado el carguío.

TIEMPOS: Se detiene el tiempo de acuatamiento y se inicia el tiempo de carguío.

Si el camión fue forzado a esperar carguío, el sistema Dispatch usa tres tiempos, para calcular el tiempo de espera:

- Cuando el camión llega a destino
- Cuando el camión precedente es despachado de la pala, es decir, fin de carga
- Cuando el camión que llegó inicia carga.

Si la hora de llegada del camión es mayor a la hora de fin de carga del camión precedente, el sistema calcula un tiempo el cual involucra el tiempo de espera del camión, en caso contrario el tiempo de espera es cero. La hora de fin de carga del camión que llegó a destino menos la hora de llegada nos da el tiempo de espera mas el tiempo de aculatamiento, en el caso de espera del camión. Si no hay espera e tiempo corresponde al tiempo de aculatamiento.

e. Pala indica Camión lleno en el área de carguío

Cuando una pala ha terminado de cargar un camión, el operador de la pala presiona el icono de la consola FIN CARGA, con el fin de despachar al camión. Esta acción envía un mensaje al sistema Dispatch informándole que el camión esta lleno y necesita asignación para descargar el material.

TIEMPOS:

- Se detiene el tiempo de carguío y se inicia el tiempo de viaje lleno
- Para la pala la hora de fin de carga e inicio de carga definen el tiempo de ciclo de la pala.

f. Camión lleno recibe la asignación para descargar

La asignación de descarga aparece en la consola del operador. Normalmente el operador deberá confirmar la asignación dentro de 5 segundos o en caso contrario sonara una alarma pidiendo confirmar destino.

g. Camión lleno viaja al área de descarga

Como el camión cargado viaja al área de descarga, este pasa por los nodos y balizas de la malla de rutas. Estos dispositivos actualizan la posición del camión en la malla de rutas.

h. Camión cargado llega al área de descarga

Cuando el camión cargado llega al lugar de descarga, el operador del camión presiona el botón OK LLEGADA DESTINO. Esta acción envía un mensaje al sistema Dispatch informándole que el camión lleno ha llegado al área de descarga (Ver Figura 4.17).

TIEMPOS: Se detiene el tiempo de viaje lleno y se inicia el tiempo de descarga.

Esta ultima acción cierra el ciclo de transporte camiones y carguío palas

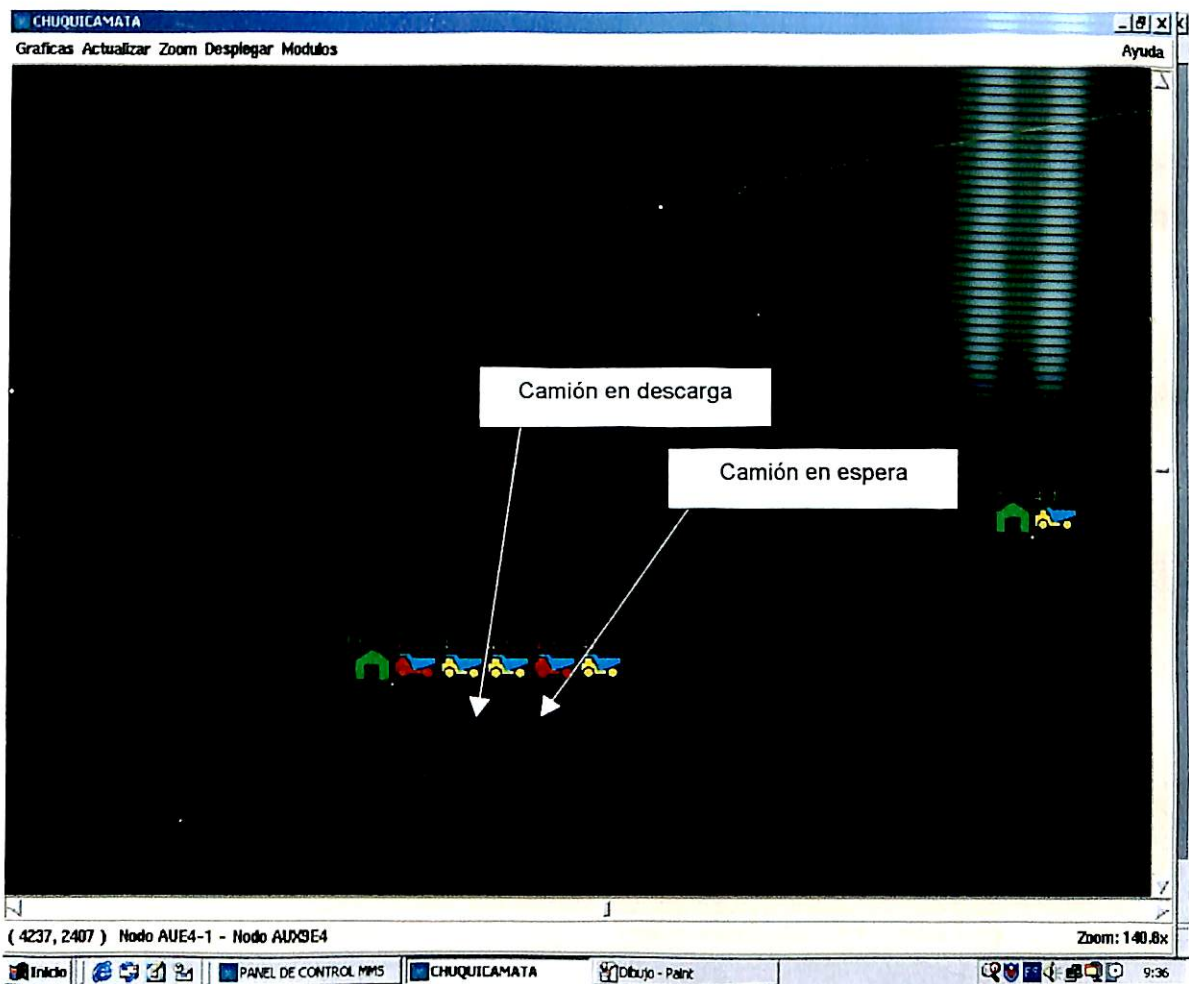


Fig. 4.17 Camión llega a destino para descargar (Imagen Dispatch)

- **Generación de Tiempos por concepto Mantenición.**

Cuando la pala cae en esta situación por concepto de mantención eléctrica o mecánica, el operador de la pala deberá indicar en su consola el código de mantención, con el fin de cuantificar esta mantención en el sistema Dispatch. En el tablero numérico de la consola del equipo, el operador de la pala indica el código por tipo de mantención, oprimiendo posteriormente la tecla OK. Señal mediante la cual el sistema comienza a calcular el tiempo de duración del tipo de mantención.

El tiempo de duración por esta detención esta definida de acuerdo al tiempo estimado que entrega mantención. De todas maneras el tiempo de duración preciso de este evento, lo calcula el sistema, en el instante en que la pala esta disponible nuevamente y el operador indica al sistema que la pala esta disponible, mediante el ingreso de su número de identificación personal del palero. Esto lo hace a través del panel numérico de la consola. La señal que aquí recibe Dispatch, es la que termina de cuantificar el tiempo de duración de la mantención (Ver Tabla 4.1 y Figura 4.18).

CODIGO	DESCRIPCIÓN
004	LUBRICACIÓN
010	MECANICA DE TERRENO
011	MECANICA MANT. PROGRAMADA
012	MECANICA EN TALLER
020	ELECTRICA DE TERRENO
021	CABLE QUEMADO

Tabla 4.1 Códigos de entrada por concepto de Mantención.

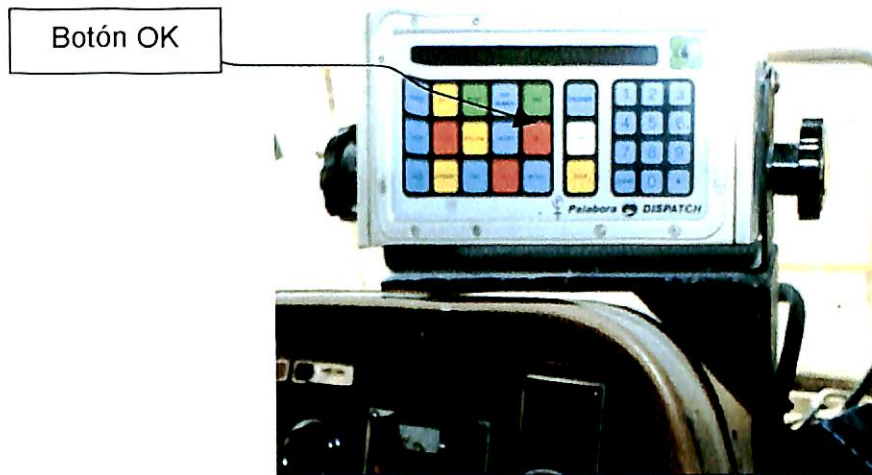


Fig. 4.18 Consola usada en Palas y Camión

- **Generación de Tiempos por concepto Reserva**

Cuando la pala se encuentra en estado operativo pero con pocos o sin camiones asignados a esta, ya sea porque la prioridad de asignación de camiones de extracción se encuentra en otra pala o porque la pala cumplió cuota, se debería colocar a la pala en estado de reserva.

Si la pala se encuentra bajo las condiciones anteriores con operador se dice que la pala esta en reserva con operador en caso contrario se dice que la pala se encuentra en reserva sin operador.

El operador de la pala ingresa el código de estado reserva sin operador, mientras que en ausencia de este, lo hace el encargado del sistema de despacho (Ver Tabla 4.2).

CODIGO	DESCRIPCIÓN
013	CAMBIO DE TURNO
030	MEDIO TURNO (COLACIÓN)

Tabla 4.2 Códigos por concepto Reserva

La forma de ingresar los códigos se hace de manera idéntica a la de los tiempos por mantención.

- **Generación de Tiempos por concepto Detención Programada**

Al momento de existir un cambio de turno u hora de colación, el operador de la pala deberá ingresar al sistema los códigos correspondientes a esta clasificación. Si el operador ingresa el código a una hora no establecida para realizar cambio de turno o colación, el sistema aplicara esa diferencia como demora no programada (Ver Tabla 4.3).

CODIGO	DESCRIPCIÓN
001	RESERVA CON OPERADOR
002	RESERVA SIN OPERADOR

Tabla 4.3 Códigos por concepto Demora no Programada.

La forma de ingresar los códigos por reserva se hace de manera análoga a los demás procedimientos

- **Generación de Tiempos por concepto Detención no Programada**

Cuando la pala cae en una detención que no es ni mecánica ni eléctrica, el operador deberá ingresar al sistema el código que identifica la causa de detención.

Estas detenciones son las que tienen el mayor número de eventos, razón por la cual es la que tiene el mayor número de códigos (Ver Tabla 4.4)

CODIGO	DESCRIPCIÓN
002	CHEQUEO DE RADIO
004	REPARACION DE CABINA
005	AIRE ACONDICIONADO
006	ATENCIÓN INGENIERO DE PRODUCCIÓN
009	OTROS NO PROGRAMADO
010	INCIDENTE DEL EQUIPO
012	TRASLADO DE PALA
014	LIBRADA DE TRONADURA
015	ESPERA TRONADURA
032	CORTE DE ENERGIA
040	LIMPIEZA DE CANCHA
050	ACOMODANDO PALA
051	ARREGLAR CARGA
053	HUELLA OBSTRUIDA
054	INSPECCIÓN TECNICA
055	ACOMODANDO EL CONO
056	ATOLLO DE BALDE
057	PALA APECHUGADA

Tabla 4.4 Códigos de ingreso según evento

La forma de ingresar los códigos por detención no programada se hace de manera análoga a los demás procedimientos

Todos estos tiempos de ingreso alimentan a una gran base de datos del sistema Dispatch, con la cual mediante poderosos algoritmos se calculan los índices operacionales principales de Palas.

4.3.3.5 Funcionamiento del Sistema Dispatch

4.3.3.5.1 Base de Datos del Sistema Dispatch

El sistema Dispatch cuenta con una gran base de datos, la cual se define como un poderoso modelo operativo dinámico y flexible de la operación minera, en la que se registran todos los eventos que se producen en la mina; Desglose del tiempo Nominal, índices operacionales principales, y ubicaciones de equipos, entre otros datos.

La base de datos se encuentra en el computador central y contiene la siguiente información vital para el óptimo desempeño del sistema:

- Las coordenadas de los talleres, botaderos, chancadores, área de voladura y áreas en las cuales se realizan cambios de turno'.
- La distancia, inclinación y elevación de rutas de acarreo.
- Información instantánea de la ubicación, estado, material excavado, asignaciones y ciclos planeados de las palas
- Distancia y tiempo de viaje entre palas, botaderos y chancadores
- Información de los operadores; incluyendo el número de identificación, asignaciones actuales y los equipos que dichos operadores están calificados para operar
- El número de camiones cargados por la pala

- El número de descargas realizada por los camiones en los puntos de descarga
- Restricciones mineras (por ejemplo: prioridad de palas, camiones con asignación fija o restricción hacia ciertas palas, capacidad de botaderos o depósitos, capacidad de procesamiento de chancadores, capacidad de camiones y los descansos programados para los operadores)
- Algoritmos matemáticos utilizados para calcular las variables anteriormente mencionados, con el fin de optimizar las asignaciones de los camiones a palas. Los algoritmos utilizados incluyen: la mejor ruta de transporte (Best Path), para manejar los cambios en la topografía de la mina, Programación Lineal: PL, para manejar los cambios en las variables que dependen del tiempo y para escoger rutas óptimas, Programación Dinámica: PD, para asignaciones de camiones en tiempo real.

El sistema de despacho consulta este modelo cientos de veces durante el turno, para tomar decisiones con respecto a las asignaciones de los camiones, por lo que la actualización del sistema debe ser continuo.

Este sistema actualiza automáticamente la información que viene de la mina. Por ejemplo cuando un camión llega al chancador, depósito (Stock) o Botadero, el sistema registra el evento en su base de datos.

De esta manera la base de datos del sistema es un reflejo continuo, preciso y actual de la operación minera en Mina Chuquicamata.

4.3.3.5.2 Algoritmos del Sistema

El sistema Dispatch utiliza un variado número de poderosos algoritmos matemáticos de gran complejidad, que se utilizan en conjunto con el fin de

realizar las funciones del sistema Dispatch, basándose en información proporcionada por la base de datos del sistema.

Los algoritmos se definen como complejos sistemas matemáticos, capaces de procesar una gran cantidad de variables, y entregar resultados óptimos de salida. Estos valores óptimos son aquellos requeridos por el usuario del sistema.

Los algoritmos del Sistema Dispatch son los siguientes:

- Algoritmo Mejor Ruta (Best Path)
- Algoritmo Programación Lineal (PL)
- Algoritmo Programación Dinámica (PD)

4.3.3.5.3 Algoritmo Mejor Ruta (Best Path)

El modelo de la mejor ruta es el que Dispatch usa para determinar la menor trayectoria entre dos puntos cualquiera de la malla de rutas de la mina.

El sistema calcula la menor trayectoria, desde cada punto a todos los otros puntos de la mina, cada vez que hay un cambio en la malla de rutas y también cuando el modelo de la PL es recalculado (Ver Figura 4.19).

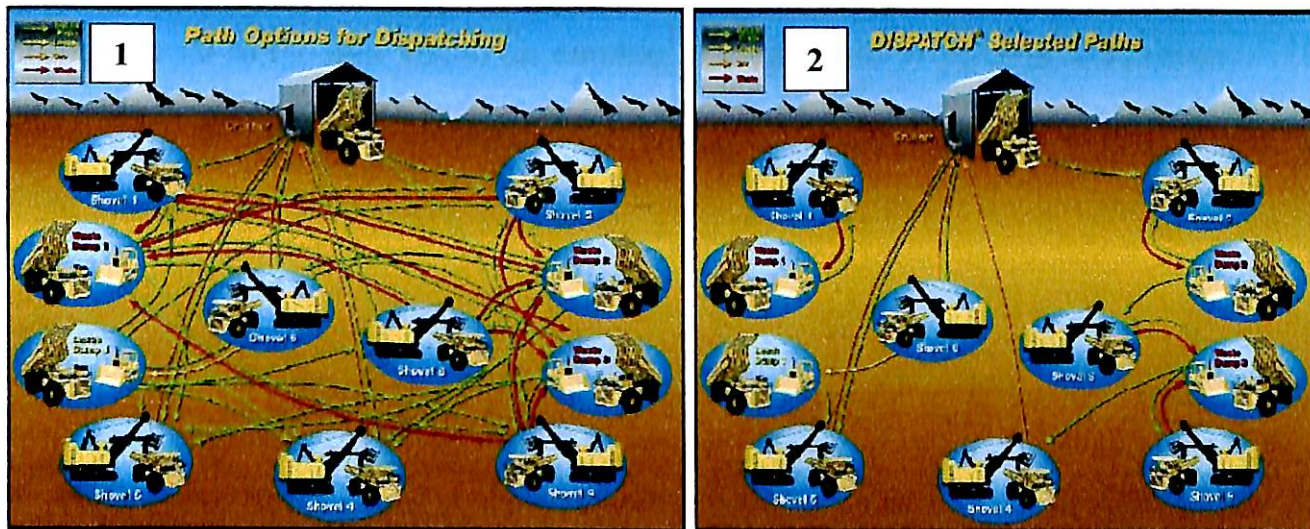


Fig. 4.19 Representación de elección de rutas y mejor ruta por el sistema Dispatch

4.3.3.5.4 Algoritmo de la Programación Lineal (PL)

El modelo de Programación Lineal es el plan maestro teórico para maximizar la producción global de la mina. El modelo de la PL contiene óptimos circuitos para los puntos de carguío (palas) a los puntos de descarga (botaderos, chancadores, etc.), los cuales deben contestar lo siguiente:

- ¿ Que palas deben proveer camiones cargados a los puntos de descargas y el número de camiones requeridos para cubrirlos?
- ¿ Que puntos descarga deben proveer de camiones vacíos a las palas y el número de camiones requeridos para cubrirlos?

4.3.3.5.5 Algoritmo de Programación Dinámica (PD)

El modelo de Programación Dinámica trata de obtener tasas de flujos planificadas en el modelo de la PL con tiempos reales de asignaciones de camiones. Los requerimientos para asignaciones son recibidos desde el terreno, y el modelo de PD intenta lograr imponer al modelo de la PL según el flujo de los camiones para carguío y descarga.

El modelo de la PL usa flujos, en cambio el modelo de la PD usa unidades discretas (camiones) para comparar los flujos (Ver Figura 4.20).

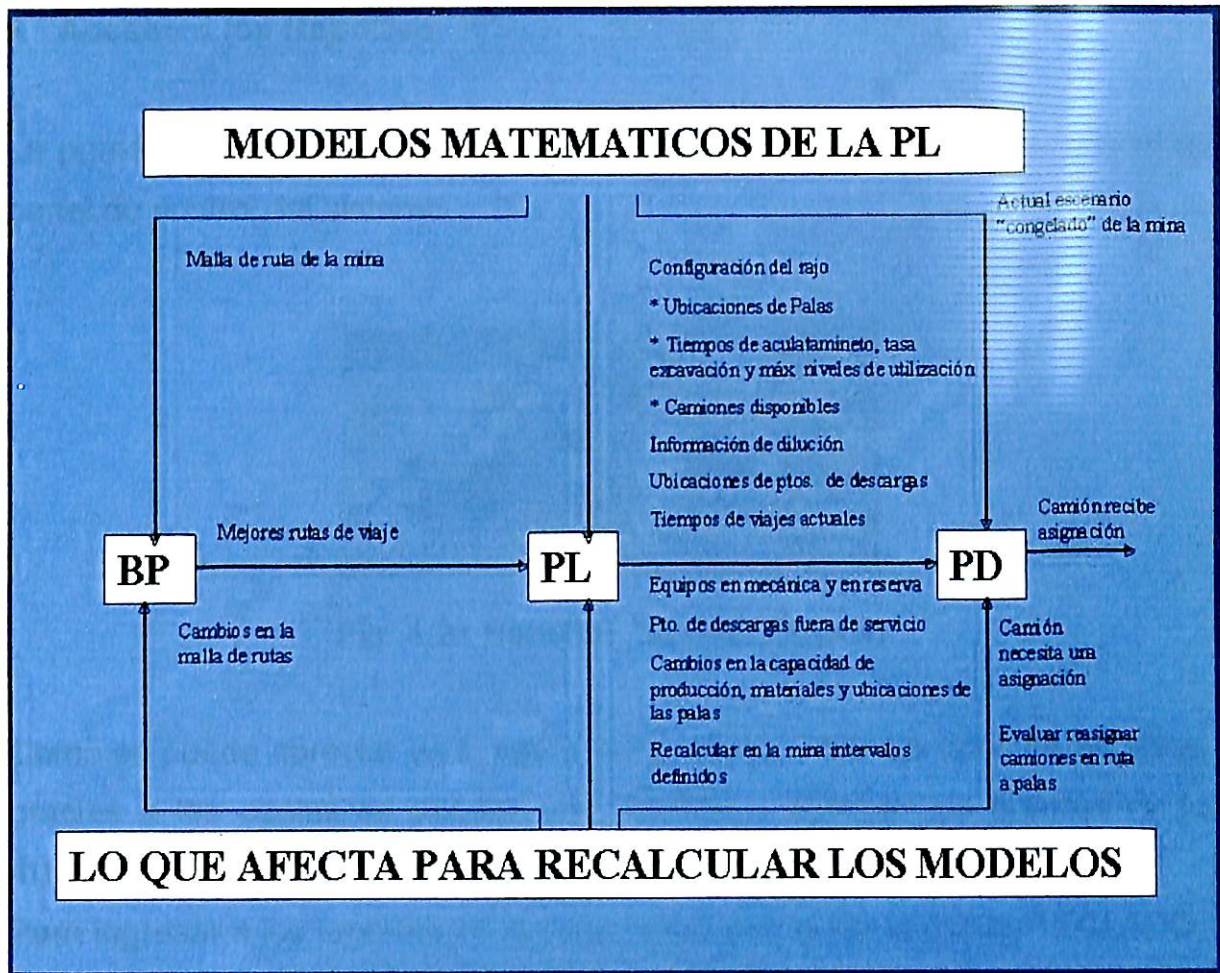


Fig. 4.20 Algoritmos matemáticos del Sistema Dispatch

Gracias a todos estos algoritmos y a la base de datos el sistema puede calcular y generar reportes de operación en palas y camiones.

4.3.3.5.6 Reportes que Entrega el Sistema

El sistema entrega principalmente información referida a la distribución del tiempo nominal y producción de las unidades de transporte camiones y carguío palas.

Esta información la entrega por turno o por varios turnos en forma administrativa.

- **Acceso a los Reportes**

La primera acción para ingresar a los reportes Dispatch, es la de utilizar el panel de control del sistema.



Fig. 4.21 Panel de Control Dispatch

Como se puede apreciar en la figura 4.21, existen distintos tipos de accesos, gracias a los cuales se pueden ver reportes o apreciar las gráficas de la mina.

Para ingresar a los reportes de la mina habrá que elegir la opción TECLADO. Para ingresar a las gráficas de la mina habrá que elegir la opción GRAFICAS.

- **Opción Teclado**

Al elegir esta opción en el panel de control, se abrirá una pantalla con varias opciones relacionadas con la operación de palas y camiones.

En esta pantalla (ver fig. 4.22) se aprecia la opción reportes por medio de la cual podremos apreciar por turno o por varios turnos la gestión operativa de palas y camiones.

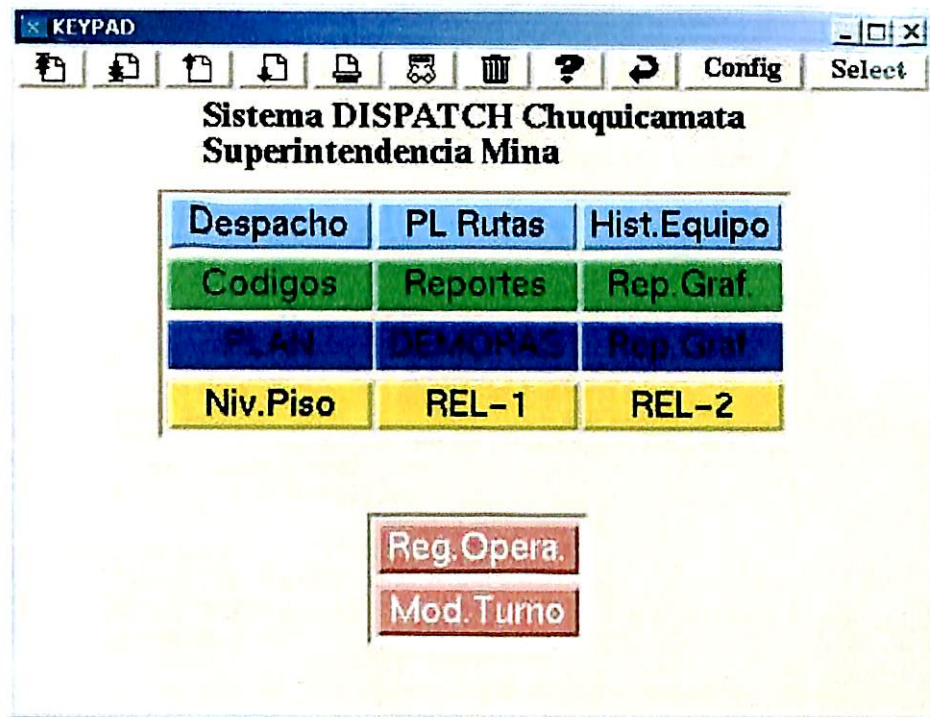


Fig. 4.22 Pantalla de opciones Dispatch

- **Opción Reportes**

- Reportes por turno

Al elegir esta opción se abrirá una pantalla de reportes por turno (ver fig. 4.23). En la cual se pueden apreciar varias opciones de reportes de gestión mina.

A su vez esta pantalla tiene la opción de ingresar a reportes de varios turnos y a reportes por desglose de tiempos no operativos llamados reportes custom.

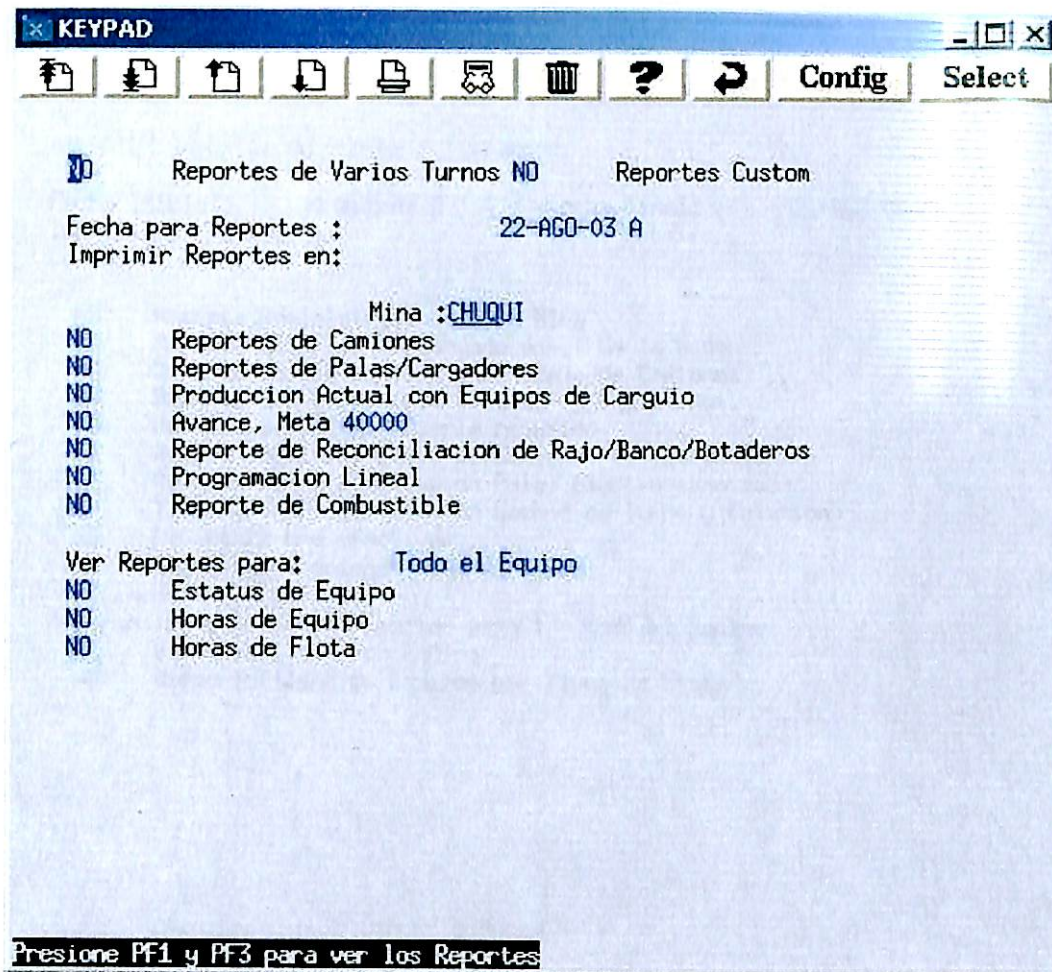


Fig. 4.23 Reportes por turno

Como se aprecia en la Figura 4.23, se puede ingresar la fecha y el turno, y después elegir algún tipo de reporte, el sistema Dispatch entrega dicha información casi sin interrupciones.

- Reportes de varios turnos

Esta opción muestra la información de varios turnos, en la cual se aprecia una gran cantidad de tipos de reportes, los cuales son de alta importancia con el fin de generar informes estadísticos de la operación de palas y camiones en mina Chuquicamata.

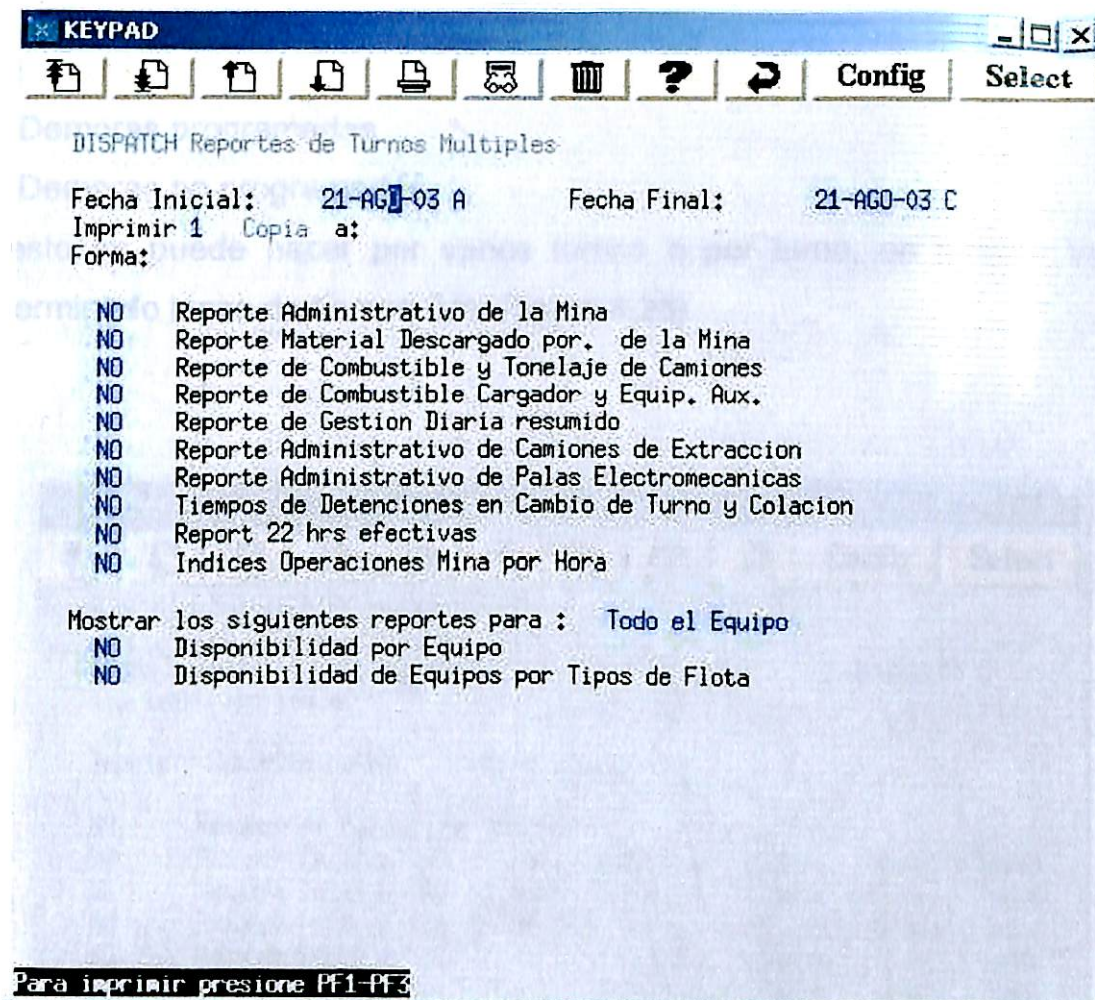


Fig. 4.24 Reportes por varios Turnos

En este caso la fecha debe ser ingresada por intervalo de tiempo. También se pueden apreciar actividades por turno en un determinado lapso de tiempo. A su vez se pueden ver reportes de disponibilidad por tipo de equipos, con el solo hecho de ingresar el nombre del equipo al sistema (Ver Figura 4.24).

- Reportes Custom

Estos tipos de reportes entregan la información por tipo de equipo relacionada con los tiempos por concepto de:

- Mantención
- Reserva
- Demoras programadas
- Demoras no programadas

Y esto se puede hacer por varios turnos o por turno, en función de un determinado lapso de tiempo (Ver Figura 4.25).

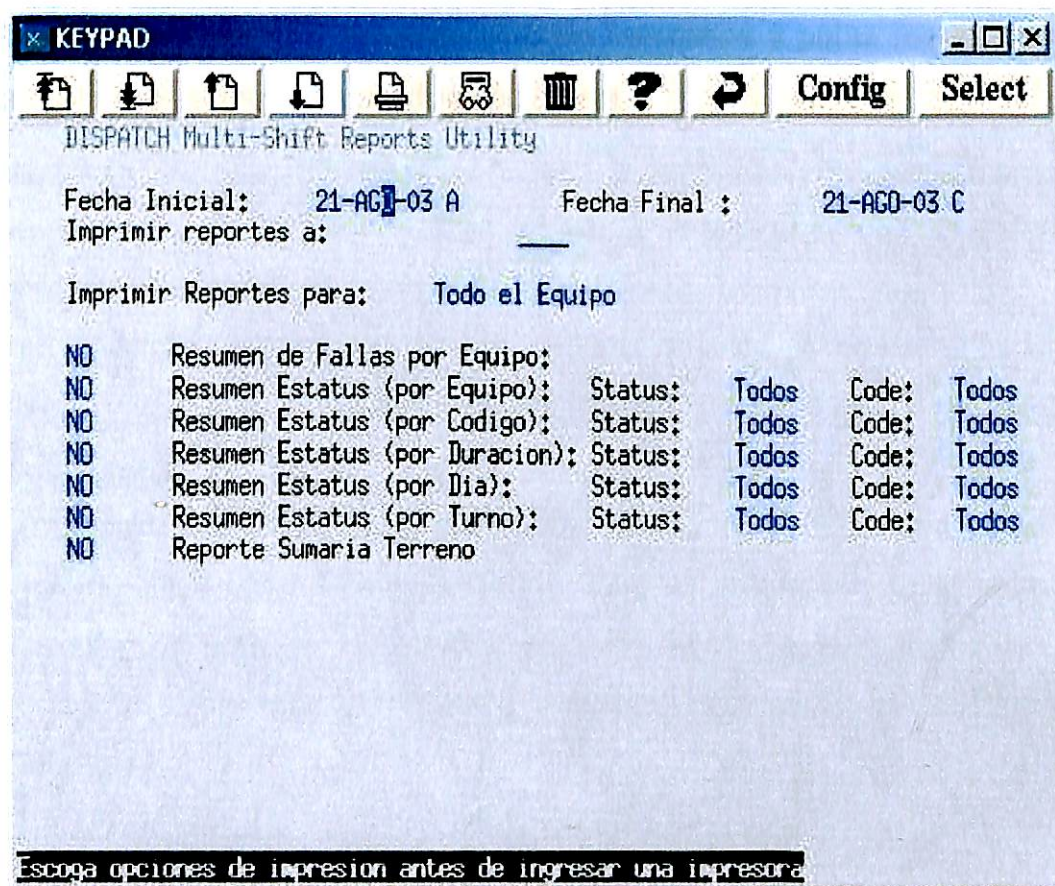


Fig. 4.25 Reportes Custom del Sistema

4.3.3.5.7 Beneficios de la Herramienta Dispatch y GPS de Baja Precisión en Mina Chuquicamata.

Básicamente los beneficios operacionales que se han demostrado en mina Chuquicamata, precisamente en las unidades de Transporte camiones y Carguío Palas, desde la puesta en marcha de los sistemas de monitoreo y administración minera Dispatch y GPS de baja precisión, son los siguientes:

- Incremento significativo en la productividad de camiones y palas
- Reducción sustancial en el número de camiones y palas requeridas para cumplir con la meta de producción diaria.

CAPITULO 5: DESCRIPCIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE RED INALÁMBRICA DE 2.4 GHZ Y DEL SISTEMA GPS DE ALTA PRECISIÓN EN PALAS

5.1 Introducción

El nuevo sistema de comunicación inalámbrica de 2.4 Ghz y GPS de alta precisión de Mina Chuquicamata, es el único en su género en Codelco Chile debido a su gran capacidad de operación, rapidez en la transmisión de datos, alta precisión de la información y por la incorporación de tecnología de avanzada en comunicaciones y uso de GPS.

El sistema se compone por dos subsistemas independientes e interconectados, los cuales operan en forma conjunta con el fin de obtener lecturas y mediciones realizadas en la operación Carguío Palas.

La red inalámbrica de 2.4 Ghz y el sistema de alta precisión GPS son los sistemas principales del nuevo método de control operacional de la Unidad Carguío Palas.

La red inalámbrica va a permitir la comunicación interna y entrega información a las distintas unidades del sistema, mientras que el sistema de alta precisión GPS va a obtener la información proporcionada por los satélites con el fin de monitorear y controlar la posición de la pala y sus movimientos.

5.2 Unidades Principales del Sistema

Este nuevo sistema funciona básicamente con tres unidades principales, las cuales están destinadas a recibir y entregar información tanto de la red inalámbrica como del sistema GPS, a las demás unidades componentes del sistema.

El circuito se compone por tres unidades de operación:

- Unidad Base de control o Control Dispatch
- Unidad Repetidora Móvil o Fija
- Unidad Móvil Computarizada o Pala

5.3 Dispositivos Principales de las Unidades

5.3.1 Unidad Base de Control

Esta unidad, llamada en Mina Chuquicamata Despacho, recibe su nombre debido a que en esta unidad se almacena en la base de datos toda la información proporcionada por la pala, para su posterior análisis y distribución (Ver Fig. 5.1).

En esta unidad existe una gran interacción entre el encargado de la unidad llamado despachador y el operador de la pala, debido a que cuando existe cualquier evento no esperado en el programa de la pala, este debe ser comunicado al operador de la pala por medio del despachador y este a su vez debe ingresar el evento en la base de datos del sistema.

Los usuarios del sistema Dispatch, programa por el cual se ve reflejado todos los indicadores operacionales de la pala proporcionados por el nuevo sistema, están conectados a esta unidad por medio de una unidad de trabajo (PC), destinada para proporcionar información a nivel usuario a los distintos ingenieros de gestión y producción con la finalidad de generar reportes en los que se vea reflejado la gestión operativa de la pala.

5.3.1.1 Componentes Principales Unidad Base de Control

- a. Dos Unidades Centrales Hub con GPS de alta precisión, que contienen:
 - Un receptor GPS modelo GG24
 - Un Radio de datos de espectro disperso de 2.4 Ghz
 - Un procesador A29K o Strongarm
- b. Dos Antenas de radiofrecuencias Omnidireccional (RF)
- c. Dos antenas GPS/GLONASS con Choke-Ring
- d. Un Microhub
- e. Un sistema de alimentación eléctrica que contiene:
 - Una fuente de alimentación y una de repuesto
 - Un suministro constante de energía
- f. Dos estaciones de trabajo y tres SAM
- g. Un módem

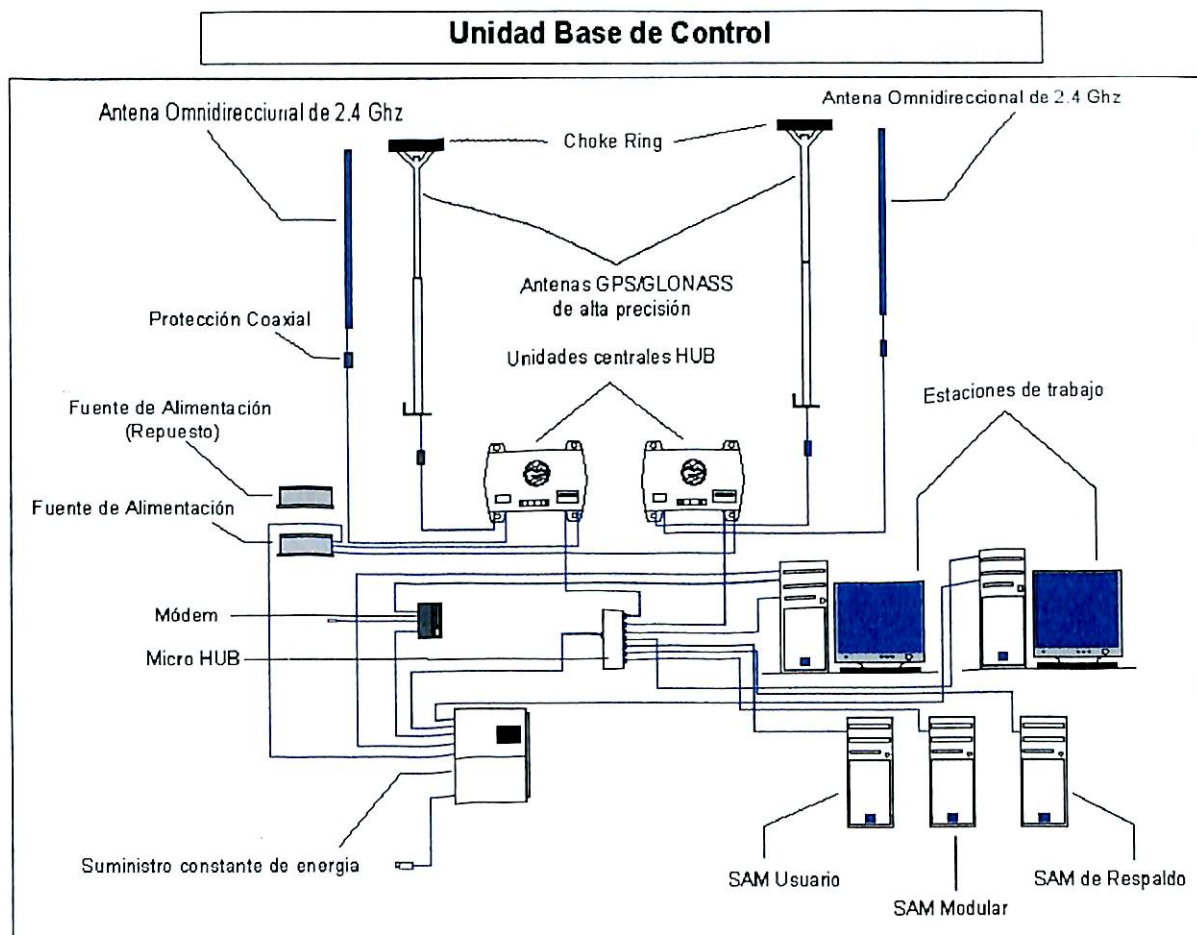


Fig. 5.1 Diagrama de Equipos de la Unidad Base de Control

5.3.2 Unidad Repetidora Móvil o Fija

Esta unidad se puede definir como una antena de gran capacidad de transmisión, compuesta por un gran número de dispositivos GPS y de comunicación inalámbrica (Ver Fig. 5.2).

La unidad repetidora tiene como función principal retransmitir la señal enviada desde la pala hacia la unidad base de control o viceversa, cuando existe problemas de línea a la vista entre la pala y la unidad base de control.

La unidad repetidora se clasifica en dos tipos en dos tipos; Móvil o Fija; la móvil a diferencia de la fija se puede cambiar de posición de acuerdo al movimiento y posición de las palas con respecto a la unidad base de control, con el fin de tener una cobertura total de transmisión, la fija es una unidad no movable la cual se instala en lugares estratégicos ya probados, que tiene como función retransmitir la señal enviada desde la pala hacia la unidad base de control o viceversa.

5.3.2.1 Componentes Principales Unidad Repetidora Móvil

- a. Una caja NEMA, la cual contiene una Unidad Central Repetidora, con un radio de espectro disperso de 2.4 Ghz
- b. Una antena omnidireccional de 2.4 Ghz
- c. Un dispositivo de protección contra rayos
- d. Una antena GPS para facilitar el proceso de instalación y análisis de cobertura
- e. Un receptor GPS de alta precisión
- f. Un sistema de alimentación eléctrica que contiene:
 - Un panel solar de 24 V
 - Baterías recargables de 24 V
- g. Carro Móvil para facilitar el transporte

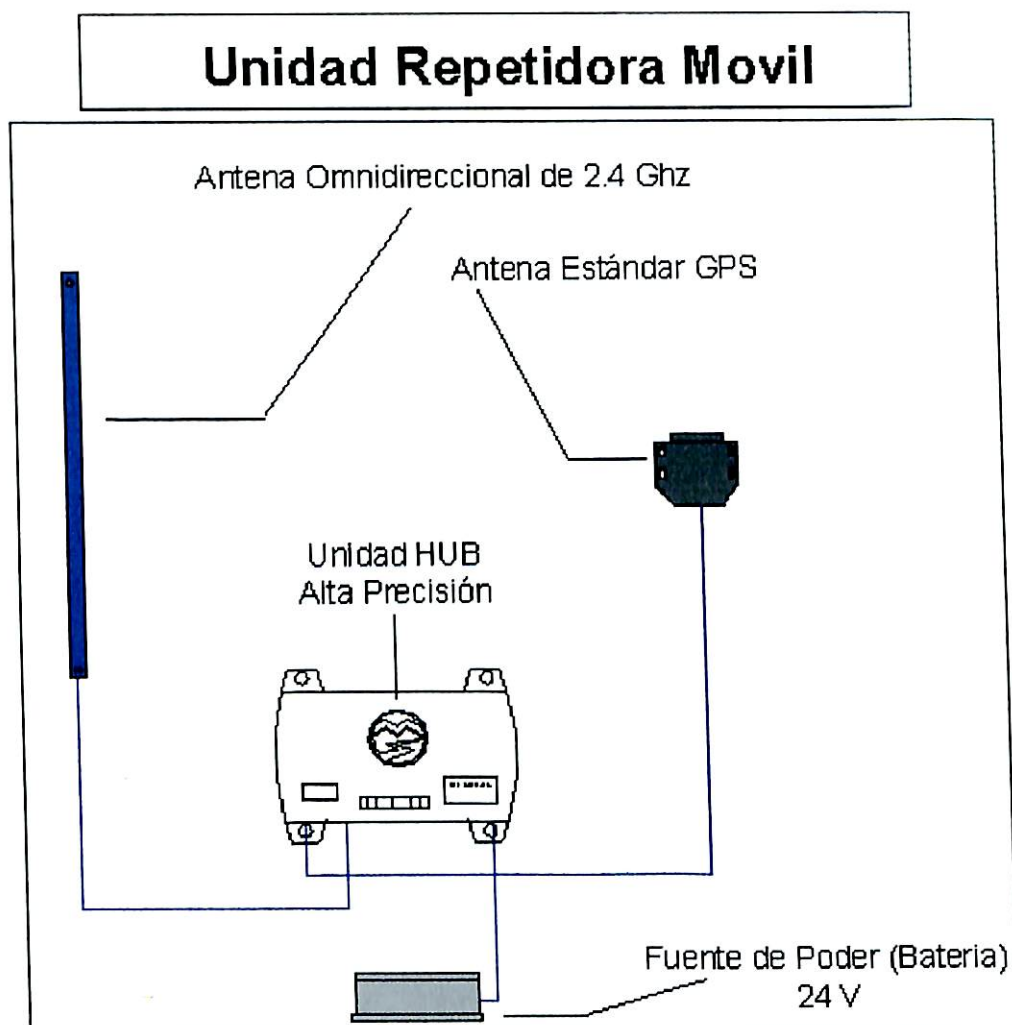


Fig. 5.2 Diagrama de dispositivos Unidad Repetidora Móvil

5.3.2.2 Componentes Principales Unidad Repetidora Fija

- a. Una caja NEMA, la cual contiene una Unidad Central Repetidora, con un radio de espectro disperso de 2.4 Ghz
- b. Una antena de 2.4 Ghz direccional de 120 grados de cobertura.
- c. Un dispositivo de protección contra rayos
- d. Una antena GPS/GLONASS con Choke Ring

5.3.3 Unidad Móvil Computarizada (pala)

Esta unidad es la más importante dentro del sistema, ya que aquí es donde se originan los datos de operación de la pala.

La información es captada por las antenas GPS y procesada por la unidad HUB con el objetivo entregar los datos a la consola del operador.

A su vez en esta unidad se podrá enviar y recibir información hacia y desde la unidad base de control (sistema de despacho), con destino a la base de datos del sistema o a la consola gráfica a color, según corresponda (Ver Fig. 5.3).

5.3.3.1 Componentes Principales Unidad Móvil Computarizada

La unidad móvil computarizada se compone de los siguientes dispositivos para su funcionamiento

- a. Una Unidad central HUB móvil GPS de alta precisión, que contiene:
 - Un receptor GPS, marca Ashtech GG 24
 - Un Procesador A29K
- b. Dos Antenas de radio de espectro disperso de 2.4 Ghz
- c. Dos antenas GPS de alta precisión GPS/GLONASS con Choke Ring
- d. Una pantalla CGC (Consola Gráfica a color) de 26.4 cm sensible al tacto
- e. Un sistema de alimentación eléctrica que contiene:
 - Un regulador de Voltaje
 - Una fuente de alimentación

- Un interruptor On/Off para el sistema de alimentación eléctrica del sistema

f. Un interruptor de pedal de despacho de camión

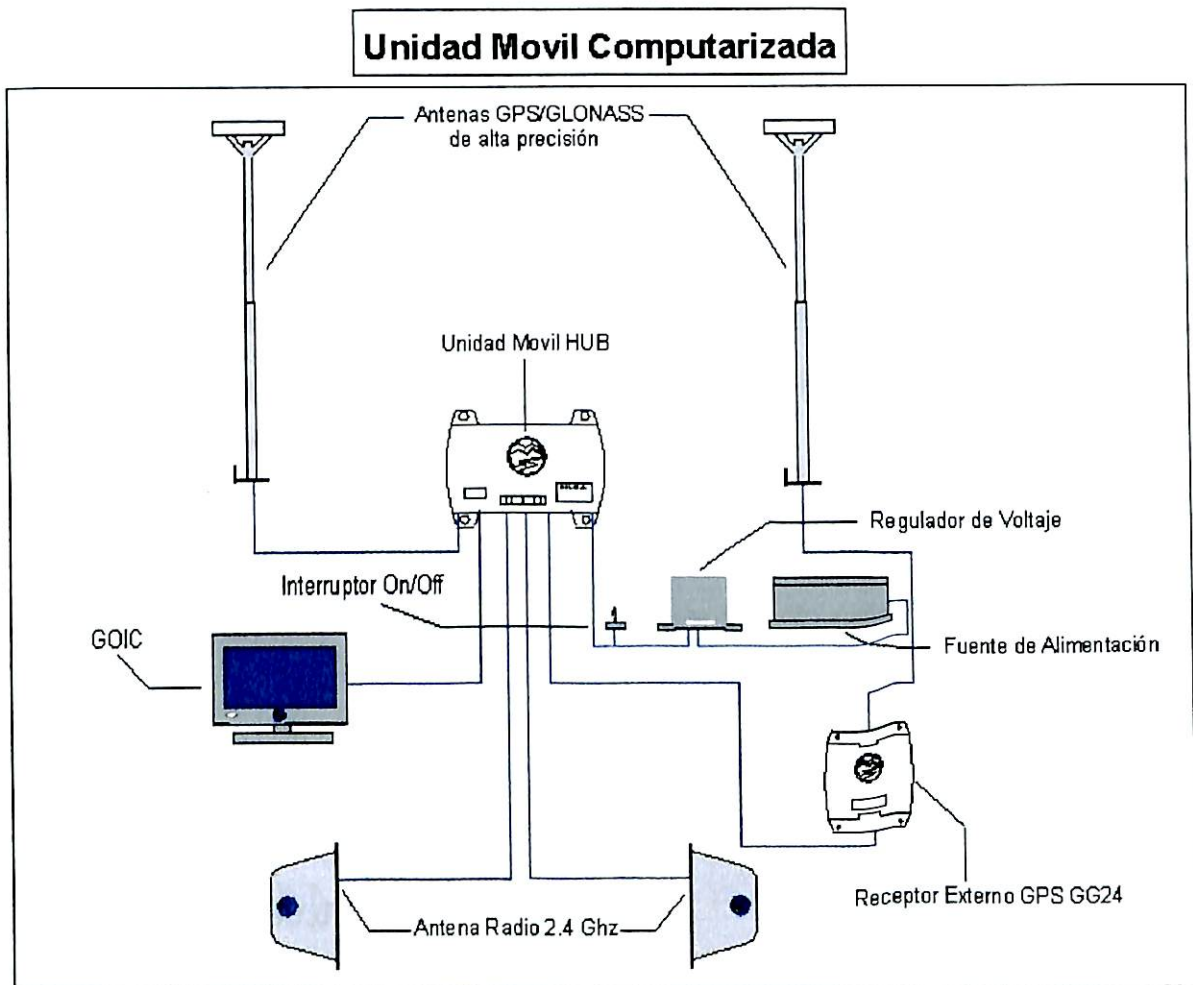


Fig. 5.3 Diagrama de dispositivos Unidad Móvil Computarizada

5.4 Componentes Red Inalámbrica de Espectro Disperso de 2.4 ghz

Este nuevo sistema de comunicaciones llamado Masterlink perteneciente a Modular Mining Systems Inc, es una red dinámica e inalámbrica de comunicaciones de espectro disperso de 2.4 Ghz para minas.

Esta red no tiene conexión física por medio del cual realizar la transmisión de ondas, razón por la cual se le llama inalámbrica.

La tecnología de espectro disperso se define como una tecnología de transmisión simultánea de información a una gran cantidad de equipos con una gran velocidad de transmisión.

La cantidad de información que se puede enviar por unidad de tiempo es de 2 Mb/seg, con lo cual se obtiene un incremento significativo en la cantidad de datos que se pueden enviar por pala a través de las microondas de 2.4 Ghz. Este tipo de red reduce a su vez las interferencias producidas por otras señales de menor capacidad, que pudiesen perjudicar en algún momento la comunicación entre la gran cantidad de equipos de la unidad Carguío palas.

Los dispositivos de esta nueva red, están montados en las tres unidades principales del sistema:

- Unidad base de control o despacho
- Unidad repetidora móvil
- Unidad móvil computarizada

Con los siguientes equipos:

5.4.1 Unidad Base de Control

a. Dos unidades centrales Hub, en la cual se encuentra un radio de datos de espectro disperso de 2.4 Ghz

- **Dispositivo HUB**

La unidad HUB, es un componente principal dentro del sistema, que se define como un concentrador y distribuidor de información. El cual a través de una serie de canales de datos de entrada y salidas permite la distribución de información en tiempo real (isocronas), de archivos de datos o imágenes de gran tamaño.

La HUB permite la distribución de datos de gran tamaño y cantidad en un ambiente saturado de información, debido a que la HUB posee un gran número de canales, los cuales son usados con el fin de entregar información al sistema o en su defecto obtener información de éste.

Los canales tienen como finalidad realizar una función independiente en la Hub, esto se entiende como si cada canal tuviera su propio Hub para la entrada y salida de información. Esto hace que el sistema distribuya la información por cada canal y a cada sector de requiera la entrada o salida de información. Con esto se evitan problemas de caídas de sistema o de velocidad en la entrega de datos (Ver Fig. 5.4).

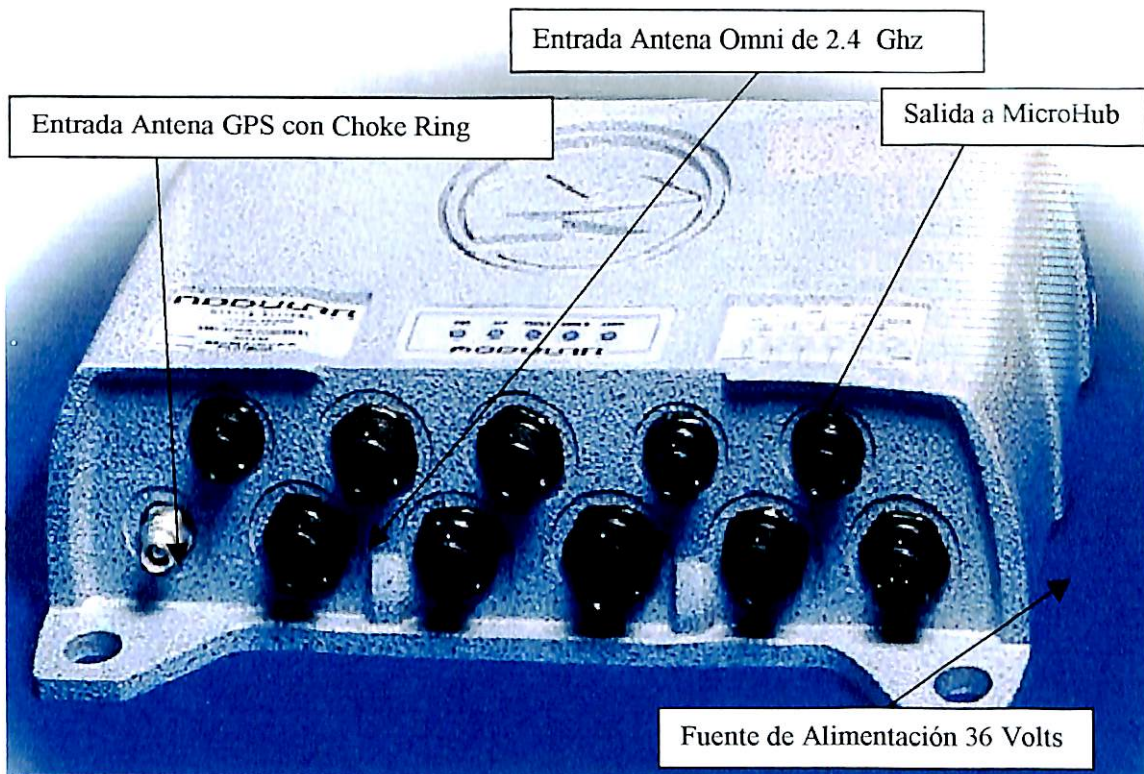


Fig. 5.4 Componente HUB de la Unidad Base de control (Despacho)

Como se ve en la figura 5.4, la HUB posee un gran número de canales sin usar, los cuales llamaremos con el nombre de canales reserva.

Dentro de la HUB se encuentra un gran número de dispositivos entre ellos un radio de espectro disperso, el cual es capaz de transmitir señales de gran capacidad a través de la antena Omnidireccional de 2.4 Ghz. Esta radio al estar en el interior del Hub se evita la necesidad de ocupar un canal de entrada y solo se ocupa un canal de salida hacia el microhub y desde aquí a las estaciones de trabajo.

◆ Especificaciones técnicas de la HUB

Voltaje de Funcionamiento (Volt)	24 Volt
Potencia (Watts)	11.6 Watts
Sistema Operativo	Tiempo Real
Radio interno	Espectro Disperso
Temperatura de Operación (°C)	-20 a +70 ° C
Dimensiones (cm)	35.6 × 26.2 × 9.4 cm
Peso del Hub (Kg)	4.30 Kg

Tabla 5.1 Especificaciones técnicas de la HUB

Además la Hub posee altos índices de resistencia a agentes propios de la operación minera, tales como:

- Vibración
- Humedad
- Impacto
- Corrosión
- Resistencia al agua

- b. Una antena de radiofrecuencias Omnidireccional de 2.4 Ghz tipo Choke Ring

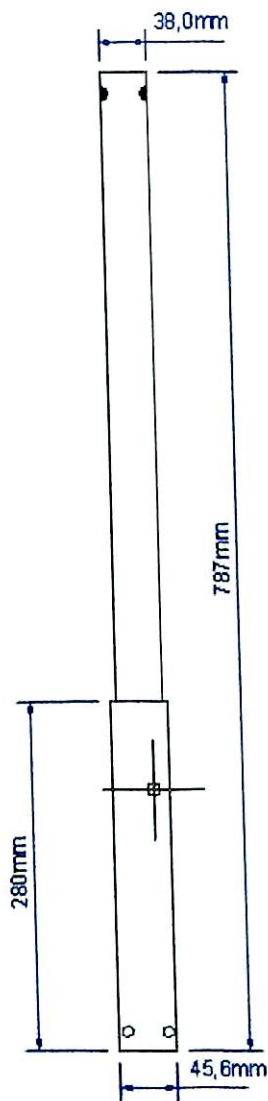


Fig. 5.5 Antena omnidireccional de 2.4 Ghz

La antena omnidireccional de 2.4 Ghz permite la transmisión de datos desde la unidad base de control a las demás unidades constituyentes del sistema. Esta antena recibe y entrega información a través del radio de la Hub (Ver Fig. 5.5).

- **Especificaciones técnicas de la Antena Omnidireccional**

Rango de Frecuencia (Ghz)	2.4 – 2.483 Ghz
Potencia (Watts)	200 Watts
Ganancia (dB)	10.40 Db
Angulo de Cobertura (°)	360 °
Diámetro de alcance (Km)	12.9 Km
Peso (Kg)	2.30 Kg
Color	Blanco

Tabla 5.2 Especificaciones técnicas antena omnidireccional

c. **Un MicroHub**

Este dispositivo es un Hub con menor capacidad. Posee 8 puertos, de los cuales dos son para la entrada de los Hub receptores de información y el resto es para las estaciones de trabajo y las unidades SAM de conexión para el usuario, de respaldo y para Modular Mining Systems.

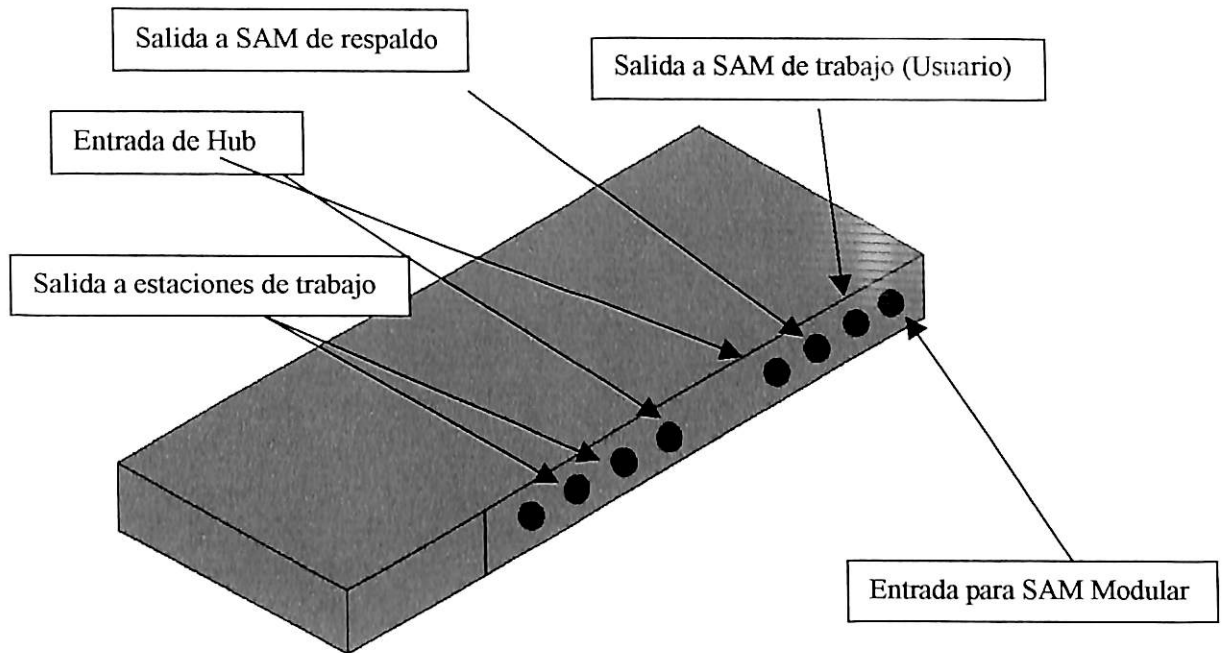


Fig. 5.6 Componente Microhub de la unidad base de control

Como se aprecia en la figura 5.6 el microhub posee entrada tanto para los Hub como para el SAM de Modular Mining Systems. Estas entradas y como su nombre lo dice es para ingresar o modificar información del sistema. Las salidas del microhub están destinadas a las estaciones de trabajo (despachadores), a la SAM de la red de trabajo y a la SAM de respaldo. Estas salidas también tienen interacción con el sistema ya que es posible modificar algunos parámetros de la base de datos del sistema desde las estaciones de trabajo como de los PC de los usuarios.

5.4.2 Unidad Repetidora Móvil

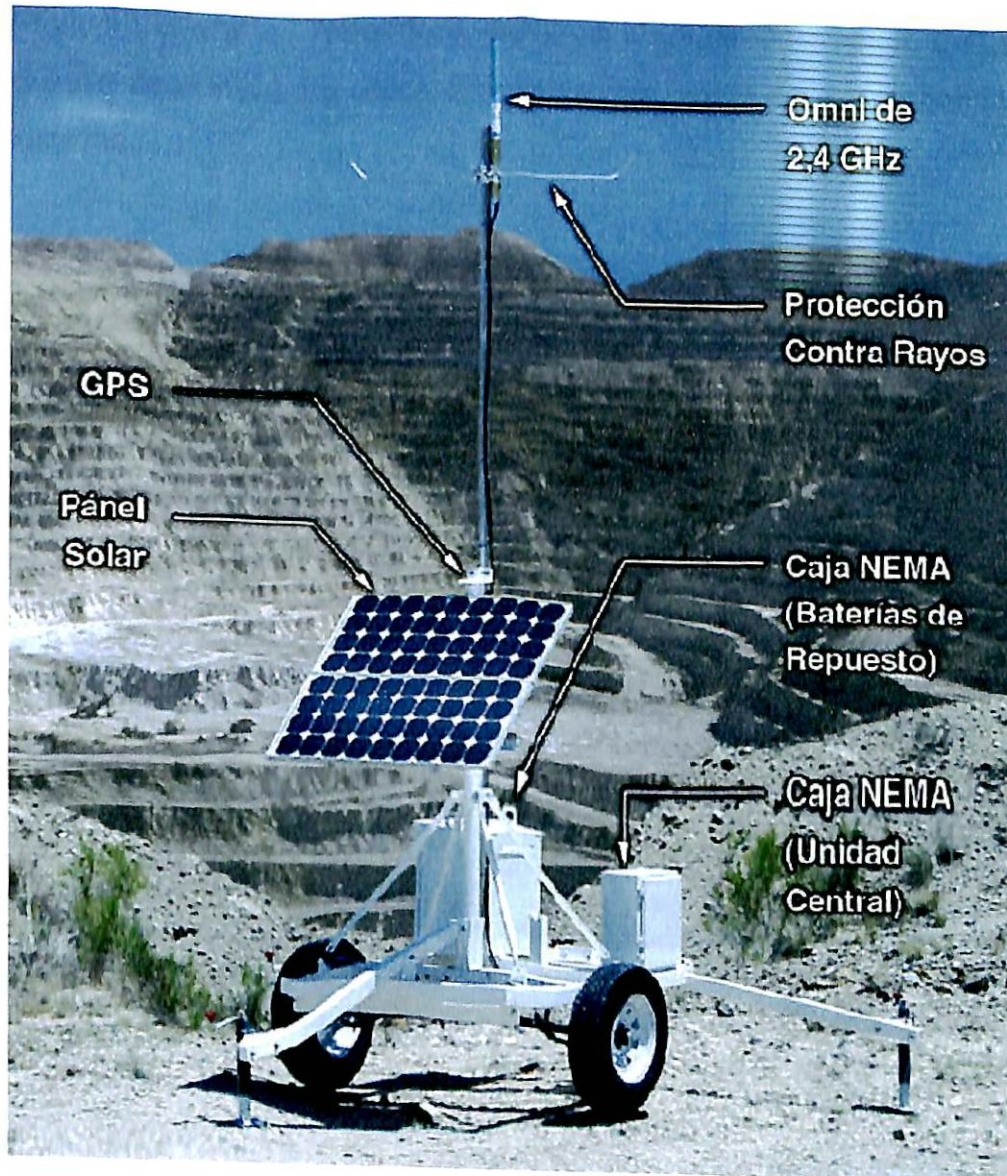


Fig. 5.7 Unidad Repetidora Móvil

Esta unidad posee el mismo Hub y la misma antena omnidireccional de la unidad base de control.

- a. Una caja nema, en la cual se encuentra un Hub con una Unidad Central Repetidora, con un radio de espectro disperso de 2.4 Ghz

◆ Dispositivo HUB

Este dispositivo de la unidad repetidora móvil es técnicamente igual al Hub de la unidad base de control. La única diferencia que existe es en la cantidad de puertos usados.

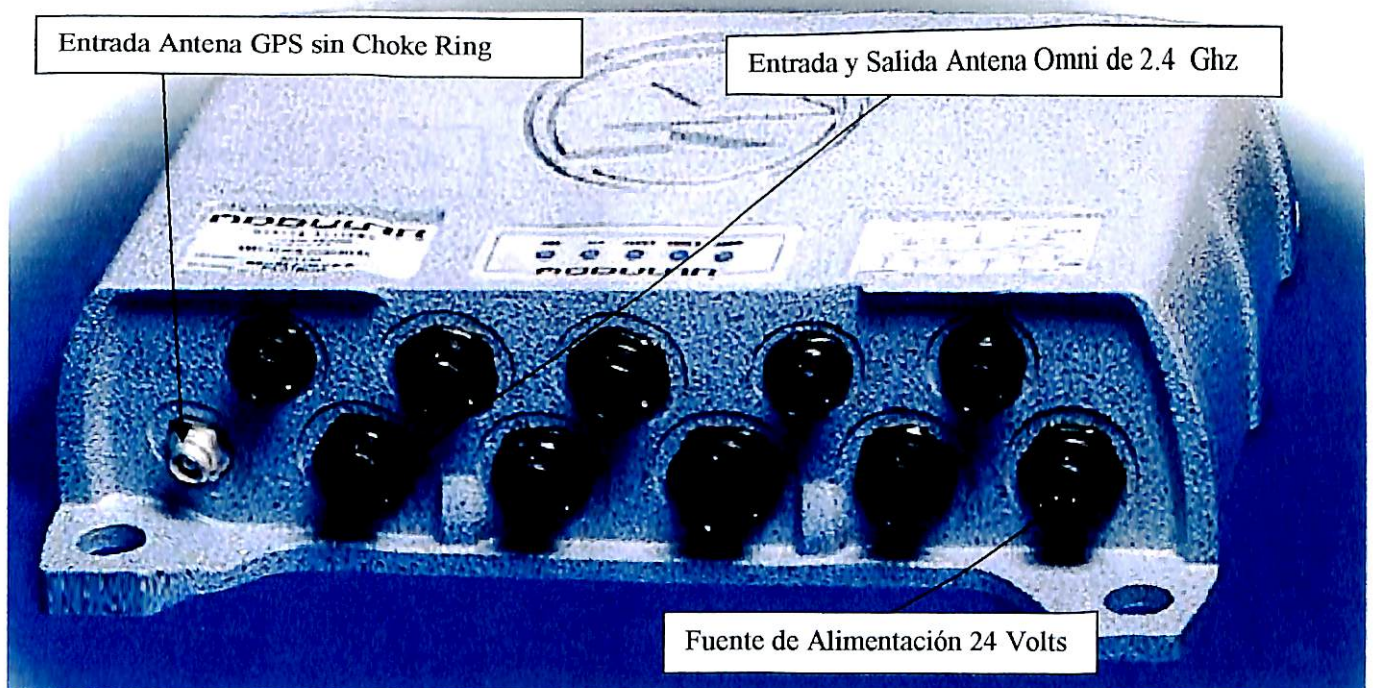


Fig. 5.8 Componente HUB de la Unidad Repetidora Móvil

Como se aprecia en la figura 5.8, las entradas y salidas están destinadas solamente a retransmitir la señal, ya que esta unidad no posee un dispositivo de almacenamiento de información.

Esta Hub posee además una unidad central repetidora la cual esta compuesta por un radio de espectro disperso, el cual retransmite la señal enviada por las unidades principales de la red inalámbrica a través de la antena omnidireccional de 2.4 Ghz.

b. Antena Omnidireccional de 2.4 Ghz

Esta antena posee las mismas características técnicas y eléctricas que posee la antena de la unidad base de control. La única diferencia que existe es en el montaje, ya que esta antena esta montada en un mástil de 5.5 metros para obtener una mayor cobertura.

◆ Unidad Repetidora Fija

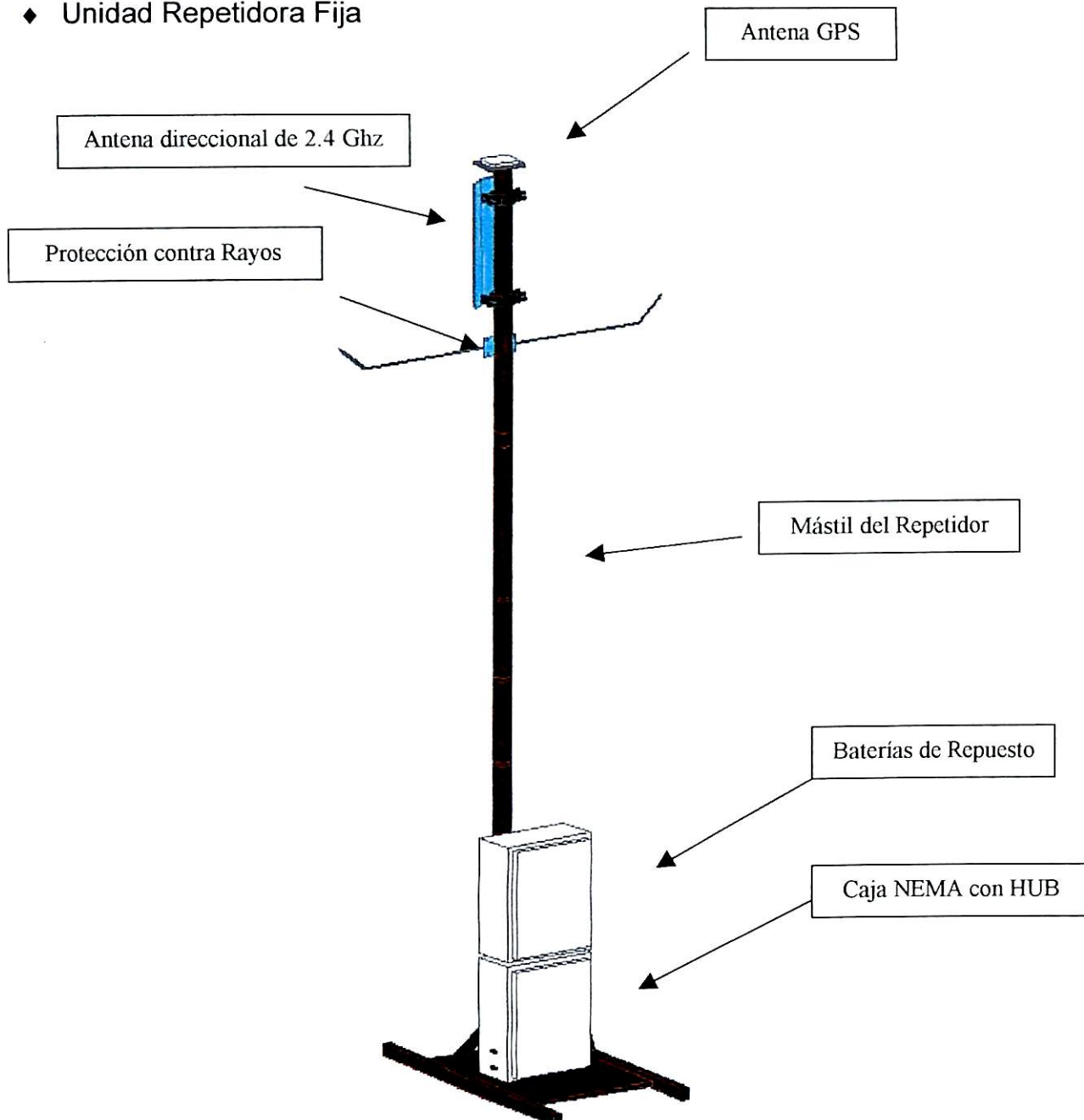


Fig. 5.9 Unidad Repetidora Fija

Esta unidad posee el mismo HUB perteneciente a la unidad repetidora Móvil.

- a. Una unidad HUB montado al interior de una caja NEMA

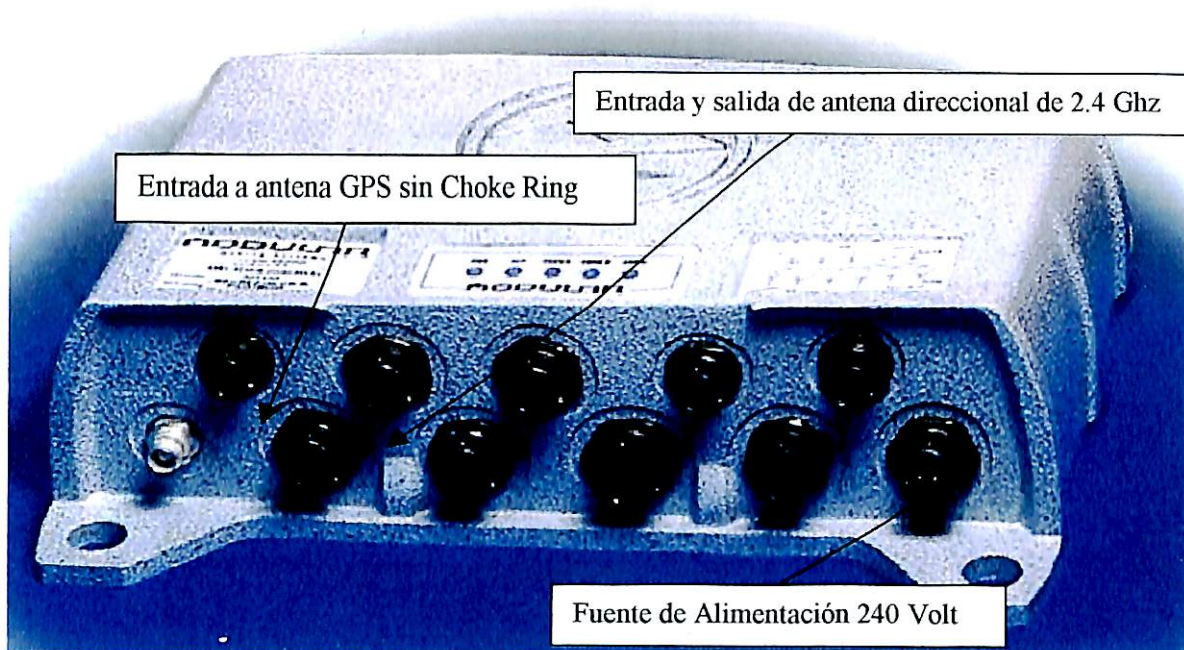


Fig. 5.10 Dispositivo HUB unidad repetidora fija

- b. Antena direccional de 2.4 Ghz

Esta antena se monto en esta unidad debido principalmente a que este repetidor esta ubicado en lugares estratégicos de la mina apuntando a lugares específicos (Palas), razón por la cual se instalo una antena direccional de 2.4 Ghz.

Esta antena esta siempre en línea a la vista entre dos o más componentes de comunicación, por lo que la utilización de una antena omnidireccional no se justifica.

La antena transmite a una razón de 2 Mb/seg y a una frecuencia de 2.4 Ghz.

5.4.3 Unidad Móvil Computarizada

a. Unidad Central Hub móvil

◆ Dispositivo HUB

Este dispositivo de la unidad móvil computarizada (palas), posee los siguientes puertos de entrada y salida.

Puertos de Entrada	Puertos de Salida
Antena GPS A	Antena de Radio A
Antena GPS B	Antena de Radio B
Antena de Radio A	Consola Gráfica a Color
Antena de Radio B	
Fuente de Alimentación	

Tabla 5.2 Puertos de entrada y de salida de la Hub

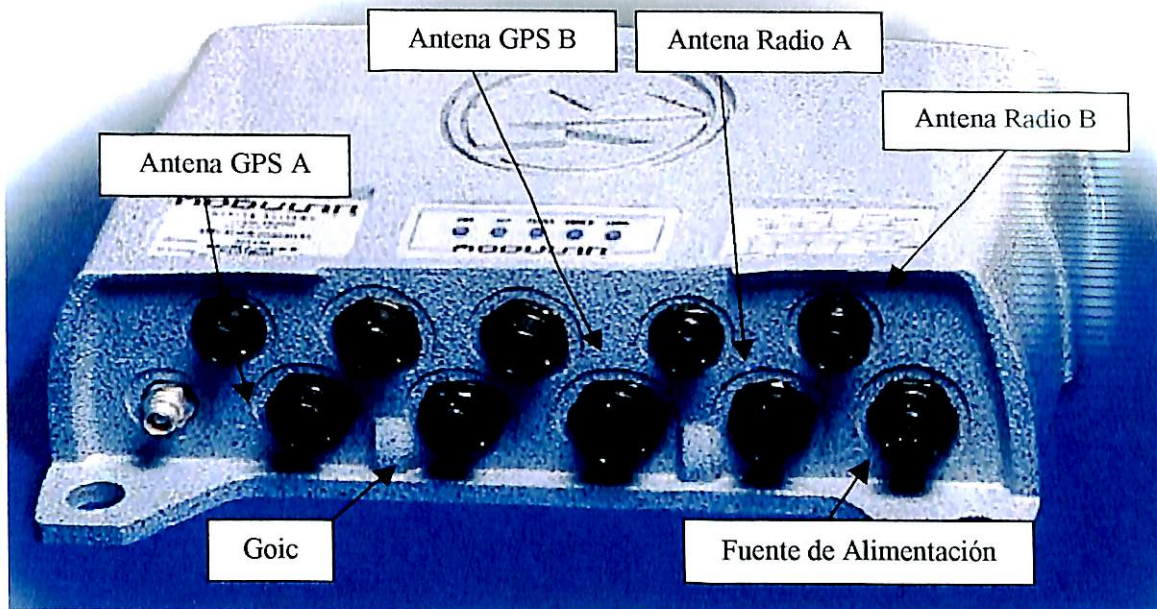


Fig. 5.11 Componente HUB Unidad Móvil Computarizada

b. Dos Antenas de radio de espectro disperso de 2.4 Ghz

La antena de radio es un dispositivo que contiene la radio y antena en una misma estructura, razón de su nombre y por la cual es de fácil mantención y montaje. Esta antena es utilizada por las palas, montadas en lugares estratégicos para obtener una mayor cobertura de señal (Ver Figura 5.12).

La antena tiene la función de entregar o recibir información desde o hacia la unidad base de control a través de los repetidores o en forma directa al sistema de despacho.



Fig. 5.12 Radio de espectro disperso de 2.4 Ghz montada en Palas

◆ **Especificaciones Técnicas de la Antena de Radio de Espectro Disperso**

Rango de Frecuencia (Ghz)	2.4 - 2.483 Ghz
Velocidad Transmisión de datos	1 a 2 Mb/Seg
Potencia (Watts)	1 Watts
Angulo de Cobertura (°)	190°
Diámetro de alcance (Km) ambas antenas	± 13 Km
Temperatura de Operación	-55 a +70 °C
Color	Gris
Peso aprox. (Kg)	1 Kg

Tabla 5.4 Especificaciones técnicas antena de radio

C. Una pantalla CGC GOIC, (Consola Gráfica a color) de 26.4 cm sensible al tacto

La consola gráfica del equipo de carguío (Goic) es el equipo con que el operador interactúa con el sistema de despacho Dispatch. Esta entrega información general y detallada acerca de la operación de la pala al operador.

La GOIC es una pantalla sensible al tacto, no requiere botones de acceso, razón por la cual es de fácil operación y de fácil acceso para el operador (Ver Figura 5.13).



Fig. 5.13 Consola Gráfica a Color (Goic) montada en Palas

◆ **Especificaciones técnicas de la consola gráfica a color (Goic)**

Sistema Operacional	RTK Tiempo Real
Dimensiones Físicas (cm)	22.0 × 30.0 × 9.3 cm
Peso (Kg)	3.07 Kg
Pantalla (Diagonal)	26.4 cm
Full Pixeles	640 × 480 pixeles
Luminancia (Ajustable)	1000 nit
Alimentación de entrada (Volt)	12 – 32 Volt
Potencia Máxima (Watts)	25 Watts
Rango de temperatura de Operación (°C)	-10 a +50 °C

Tabla 5.5 Especificaciones técnicas GOIC

A su vez la Consola gráfica a color posee alta resistencia a agentes, tales como

- Vibración
- Humedad
- Impacto
- Corrosión
- Resistencia al agua

5.5 Componentes Principales del Sistema GPS de Alta Precisión de la Unidad Carguío Palas

El sistema GPS de alta precisión posee una tecnología por medio de la cual se pueden obtener posiciones y ubicaciones geográficas, por medio de coordenadas X, Y, Z, medidas en latitud, longitud y cota.

Este sistema utiliza dos sistemas de satélites, el sistema americano NAVSTAR IV y GLONASS de Rusia.

Al utilizar dos sistemas de satélites, se pueden captar un mayor número de satélites con los cuales obtener las posiciones GPS, con ello el sistema puede obtener un grado de precisión mucho mayor, ya que el grado de precisión en las lecturas depende del número satélites con los cuales realizar las mediciones.

Este sistema posee dispositivos de medición en las tres unidades principales del sistema:

- Unidad base de control o despacho
- Unidad repetidora móvil
- Unidad móvil computarizada

5.5.1 Unidad Base de Control

- a. Dos Unidades Centrales Hub con GPS de alta precisión, que contienen:
- Un receptor GPS modelo GG24 interno

Este receptor se encuentra dentro y en cada uno de los Hub componentes de la unidad base de control (Ver Fig. 5.14).

El receptor GPS GG24 recibe la información captada por la antena GPS de alta precisión(A y B), y este la transforma en coordenadas numéricas X, Y, Z. La precisión de esta conversión va a depender de la calidad de la señal GPS y del número de satélites a la vista.

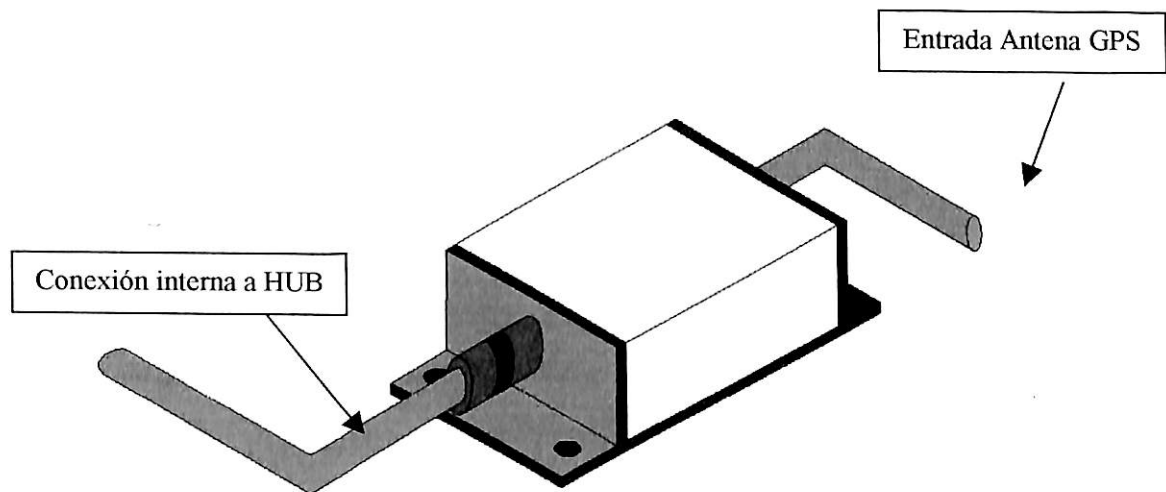


Fig. 5.14 Receptor GPS de alta precisión Interno GG24

- b. Dos antenas GPS/GLONASS con Choke-Ring

Estas antenas son las encargadas de captar las señales emitidas por los satélites Norteamericanos (NAVSTAR) y Rusos (GLONASS).

❖ Choke Ring

El Choke Ring es un dispositivo de las antenas GPS que cumplen la función de captar la señal emitida por los satélites con una mejor recepción y cobertura (Ver Fig. 5.16).

Esto quiere decir que en lugares o zonas con baja recepción de señal GPS, ya sea por condiciones ambientales o topográficas, el Choke Ring va a captar las señales GPS emitidas por los satélites en condiciones y lugares en que otra antena no lo haría.

La antena GPS se instala en el interior del Choke Ring en forma simple y rápida. Es de fácil mantención y de alta resistencia a impactos, vibraciones y a condiciones climáticas adversas.

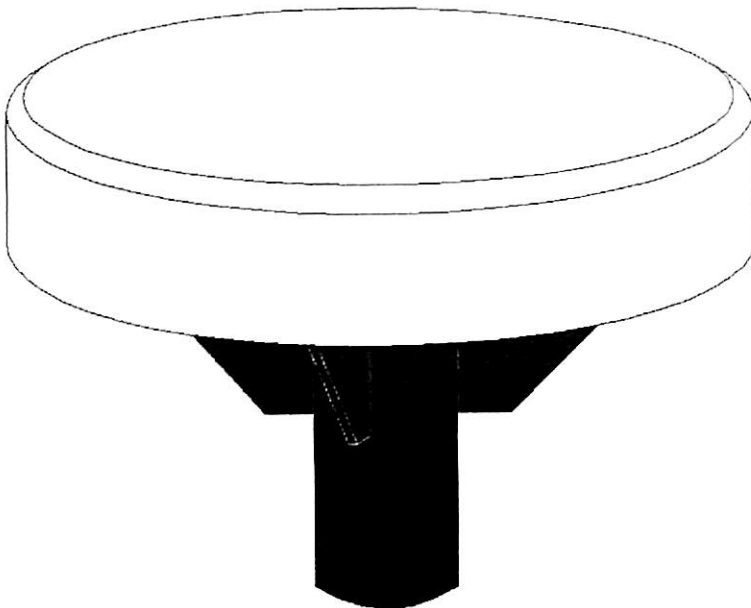


Fig.5.16 Choke Ring para antenas GPS de alta Precisión

5.5.2 Unidad Repetidora Móvil

- a. Antena GPS (sin Choke Ring), para facilitar el proceso de instalación y análisis de cobertura

Esta antena es de iguales características a la antena GPS de la Unidad Base de Control pero sin la carcasa de protección.

Esta antena se instaló en los repetidores móviles (Fig. 5.17), con el fin de facilitar su instalación en un lugar específico de la mina y para facilitar y aumentar la cobertura de transmisión de datos, bajo el concepto de línea a la vista.

La antena esta montada en una estructura metálica de alta calidad, con el fin de facilitar su montaje en el repetidor.

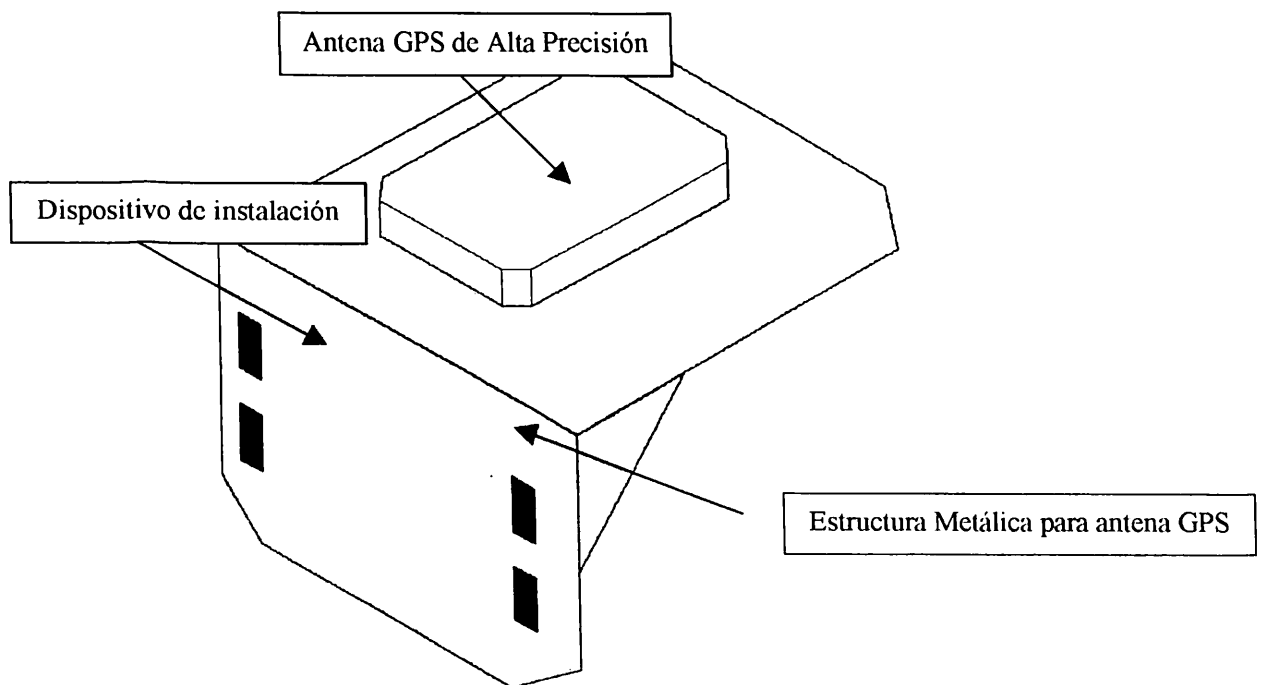


Fig. 5.17 Antena GPS (sin Choke Ring) de alta precisión para repetidores móviles

- b. Receptor GPS GG24 de alta precisión interno

Este dispositivo posee las mismas características técnicas del receptor GPS GG24 de la unidad base de control (despacho).

El cual al igual que en la unidad base de control, va a calcular las coordenadas (X, Y, Z), del repetidor a través de la información entregada por la antena GPS.

5.5.3 Unidad Repetidora Fija

- a. Una antena GPS de alta precisión (Figura 5.18).
- b. Receptor GPS GG24 de alta precisión (dentro de dispositivo HUB)



Fig. 5.18 Antena GPS de alta precisión para la Unidad Repetidora Fija

5.5.4 Unidad Móvil Computarizada (pala)

- a. Una Unidad central HUB móvil GPS de alta precisión, que contiene:
 - Un receptor GPS, marca Ashtech GG24: de iguales características al de la Unidad Base de Control y Unidad Repetidora Móvil
- b. Dos antenas GPS de alta precisión GPS/GLONASS del tipo Choke Ring: de iguales características al de la Unidad Base de Control.

- b. Receptor GPS GG24 de alta precisión interno

Este dispositivo posee las mismas características técnicas del receptor GPS GG24 de la unidad base de control (despacho).

El cual al igual que en la unidad base de control, va a calcular las coordenadas (X, Y, Z), del repetidor a través de la información entregada por la antena GPS.

5.5.3 Unidad Repetidora Fija

- a. Una antena GPS de alta precisión (Figura 5.18).
- b. Receptor GPS GG24 de alta precisión (dentro de dispositivo HUB)



Fig. 5.18 Antena GPS de alta precisión para la Unidad Repetidora Fija

5.5.4 Unidad Móvil Computarizada (pala)

- a. Una Unidad central HUB móvil GPS de alta precisión, que contiene:
 - Un receptor GPS, marca Ashtech GG24: de iguales características al de la Unidad Base de Control y Unidad Repetidora Móvil
- b. Dos antenas GPS de alta precisión GPS/GLONASS del tipo Choke Ring: de iguales características al de la Unidad Base de Control.

c. Receptor externo GPS de alta precisión Modelo GG24

Este dispositivo se encuentra ubicado en el exterior del Hub debido a que este ya contiene un receptor GPS para, el cual esta conectado a una de las antenas GPS de la unidad (Ver Fig. 5.19).

Este receptor es idéntico al receptor GG24 ubicado en la unidad base de control y en la unidad repetidora móvil.

Este receptor se instalo en una caja de protección de modular, con el fin de proteger al dispositivo contra:

- Vibración
- Humedad
- Impacto
- Corrosión
- Agua
- Variaciones térmicas

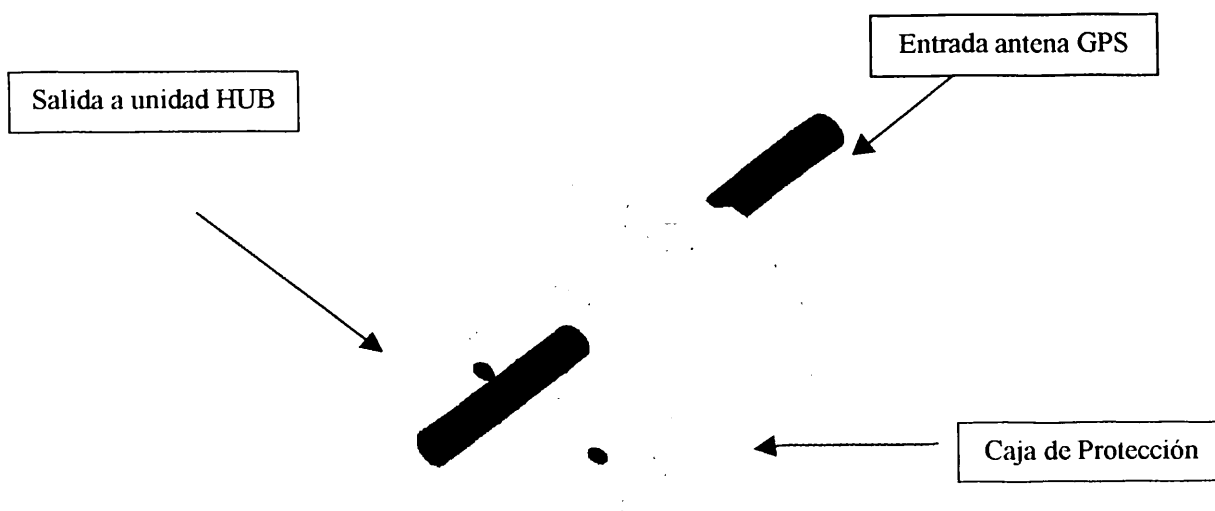


Fig. 5.19 Receptor externo GPS GG24 con caja de protección

CAPITULO 6: MONTAJE DE EQUIPOS Y OPERATIZACIÓN DEL SISTEMA GPS Y RED INALÁMBRICA

6.1 Introducción

Los montajes adecuados de sistemas eléctricos o mecánicos son los que aportan en gran medida el funcionamiento óptimo de un sistema.

Razón por la cual se le debe tomar gran importancia el modo y tipo de instalación de los dispositivos de un sistema, con el fin de lograr una mayor disponibilidad operativa tanto de los equipos en funcionamiento como del sistema en su totalidad.

Para lograr una mayor disponibilidad de los equipos, el montaje se debe distinguir entre montaje mecánico de los dispositivos y montaje eléctrico de los dispositivos.

En este contexto el montaje fue realizado por la empresa Modular Mining Systems, Inc., con requerimientos de la Unidad Carguío Palas de Mina Chuquicamata.

6.2 Montaje de los Dispositivos de las Unidades Principales del Sistema

Antes de referirnos al montaje de las unidades principales, definiremos dos conceptos fundamentales:

- **Montaje Preventivo:** Es aquel que involucra la óptima instalación de los componentes desde un punto de vista preventivo. Con el fin de cuidar al equipo y a las personas
- **Montaje Operativo:** Es aquel que involucra la óptima instalación de los componentes desde un punto de vista operativo, con el fin de asegurar el óptimo funcionamiento de los componentes.

Estos dos conceptos al aplicarlos en forma conjunta se obtiene un montaje óptimo de los equipos, ya que considera a los componentes desde un punto de vista de la seguridad y de la continuidad operativa.

6.2.1 Montaje en la Unidad Móvil Computarizada o Equipo de Campo

A esta unidad se le realizó un montaje de tipo preventivo de primera prioridad con el fin de proteger los equipos, esto se debe a:

- a. Los equipos están instalados en Palas, razón por la cual los equipos deben estar expuestos a:
 - Vibraciones por movimientos de la pala
 - Golpes por caídas de material o por movimientos bruscos realizados por el operador.

- b. Los equipos están expuestos a las condiciones ambientales propias de la frente de carguío, por lo cual se encuentran expuestos a:
 - Gran cantidad de Polvo
 - Bruscos cambios de temperatura

6.2.1.1 Requerimientos Para la Unidad Móvil Computarizada

- a. Los equipos deben soportar vibraciones propias de la operación carguío palas
- b. Los equipos deben ser resistentes a golpes propios de la operación en la frente de carguío
- c. Los equipos deberán tener protección contra el polvo
- d. Los equipos deberán soportar y operar bajo extremas condiciones de temperatura

6.2.1.2 Montaje Consola Gráfica a Color en Palas

Para la instalación de la CGC se consideraron tres aspectos:

a. Modelo de Pala

Se considero las dimensiones físicas de la cabina por modelo de pala, con el fin de montar la consola en forma optima por modelo de pala.

b. Funcionalidad con el operador de la Pala:

- La consola se instaló en un lugar de fácil acceso y manipulación por parte del operador
- La consola se instaló en un lugar adecuado que no dificulte la operación normal de la pala

c. Montaje preventivo

Se realizo un montaje preventivo con el fin de proteger a la consola contra vibraciones proporcionada por la operación propia del carguío y golpes ocasionados por el operador de la pala.

❖ Montaje de Consola según modelo de Pala

Para esta instalación se consideraron las tres flotas de palas de mina Chuquicamata:

- Montaje preventivo de Consolas

Con el fin de proteger al equipo contra vibraciones y golpes que se pudiesen producir bajo las condiciones de carguío, las consolas se montaron sobre estructuras rígidas las cuales absorben las vibraciones producto de los continuos movimientos de la pala en la fase de carguío.

- Montaje Operativo de Consolas

Los principales factores que influyeron en el montaje operativo de las consolas fueron dos:

- a. Dimensiones Físicas de la cabina del operador de pala
- b. Comodidad del Operador

Las consolas para cada modelo de Pala, fueron instaladas en un lugar determinado, el cual respondía a los requerimientos del operador y se acomodaba a las dimensiones físicas de la cabina.

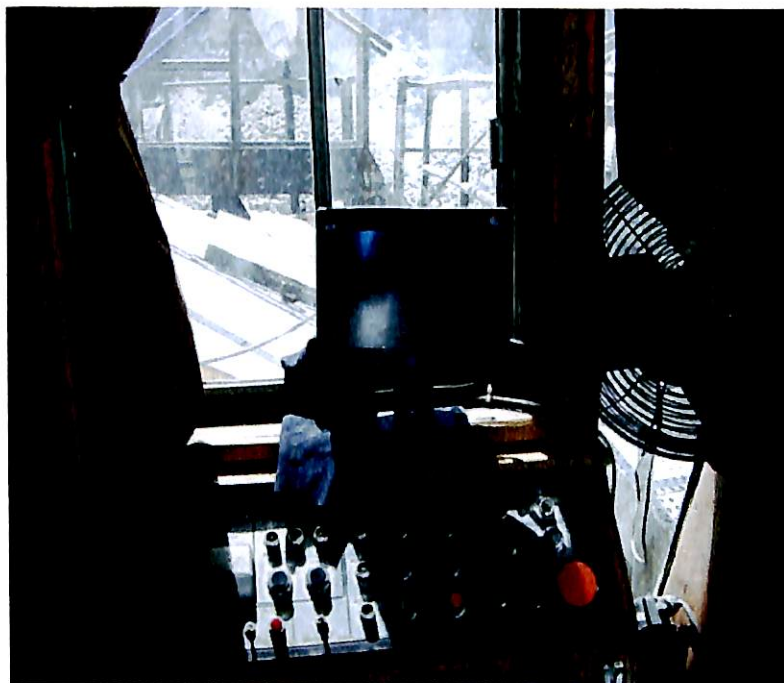


Fig. 6.1 Consola Gráfica a color en palas de 34 yd³ (91-96)

Como se aprecia en la figura 6.1, la consola fue instalado al costado izquierdo de la cabina del operador. Esto por las dimensiones físicas de la cabina que impedían instalar la consola en la parte delantera, ya que dificultaba la visión del operador.



Fig. 6.2 Consola Gráfica a color en palas de 56 yd³ (100-101)

Como se aprecia en la figura 6.2, las dimensiones físicas de la cabina del operador hacen posible la instalación de la consola en la parte delantera izquierda de esta.



Fig. 6.3 Consola Gráfica a color en palas de 73 yd³ (200-230)

En este caso la consola fue instalada en la parte delantera derecha de la cabina del operador, esto por requerimientos de los operadores y por las dimensiones de cabina de la pala (Ver Fig. 6.3).

6.2.1.3 Montaje Antenas Receptoras GPS de Alta Precisión con Choke Ring

La ubicación y las consideraciones de instalación fueron las mismas para los tres tipos de palas de mina Chuquicamata.

Para la instalación de estas antenas se consideraron dos aspectos principales:

a. Montaje Operativo

Las antenas se instalaron en los vértices opuestos de la estructura de la pala (Ver Fig. 6.4).

Un vértice que se considero fue la parte superior de la cabina del operador y la otra el vértice opuesto a esta.

El fin de esta ubicación es la de alcanzar una mayor disponibilidad GPS con el beneficio de obtener lecturas mas precisas para alimentar al sistema.

Estas antenas fueron montadas en un mástil metálico con el objetivo de ganar cobertura en señal GPS.

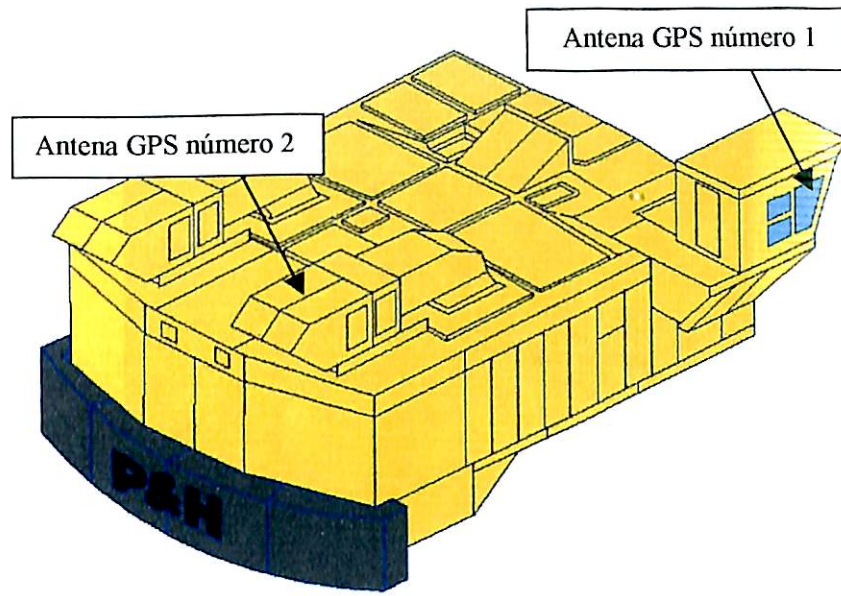


Fig. 6.4 Estructura de la Pala con ubicación de las antenas GPS con Choke Ring

b. Montaje Preventivo

El circuito eléctrico de estas antenas fue dispuesto en forma interna con el fin de proteger los dispositivos de la antena contra el polvo.

La antena GPS fue protegida con una estructura metálica llamada Choke Ring, la cual protege a la antena de golpes y del polvo.

El mástil de las antenas esta empotrado en la estructura de la pala y sujeto a dos patas con el fin de absorber las vibraciones propias de la operación de carguío (Ver Fig. 6.5 y 6.6).



Fig. 6.5 Antena GPS número 1



Fig. 6.6 Antena GPS número 2

6.2.1.4 Montaje Antenas de Radio de 2.4 ghz

Para la instalación de estas antenas de radio se consideraron dos aspectos principales, los cuales fueron aplicados en forma uniforme para las flotas de palas.

La ubicación de las antenas de radio es la misma para todos los modelos de palas de Mina Chuquicamata.

a. Montaje Operativo

Con el fin de alcanzar una máxima cobertura de señal en red inalámbrica de 2.4 Ghz, las antenas fueron montadas en los vértices opuestos de la estructura de la pala.

Una ubicación de esta antena es en la parte superior lateral de la cabina del operador, mientras que la otra se ubica en el vértice opuesto en la cara lateral de la estructura de la pala.

A su vez la ubicación de estas antenas esta directamente ligada a alcanzar áreas de barrido más grandes para la mejor utilización de los repetidores móviles o fijos (Ver Fig. 6.7 y 6.8).

b. Montaje Preventivo

Esta antena es de un material altamente resistente a impactos y a los cambios bruscos de temperatura que ocurren en la mina.

A su vez esta antena fue empotrada en una estructura metálica, la cual se encuentra unida a la cabina del operador por medio de un material que absorbe las vibraciones ocasionadas por los movimientos propios de la pala.

El circuito eléctrico que alimenta a esta antena esta dispuesto en forma interna a una fuente de alimentación, con el fin de proteger al circuito del polvo y contra incidentes que podría ocasionar el montaje externo de la red eléctrica.

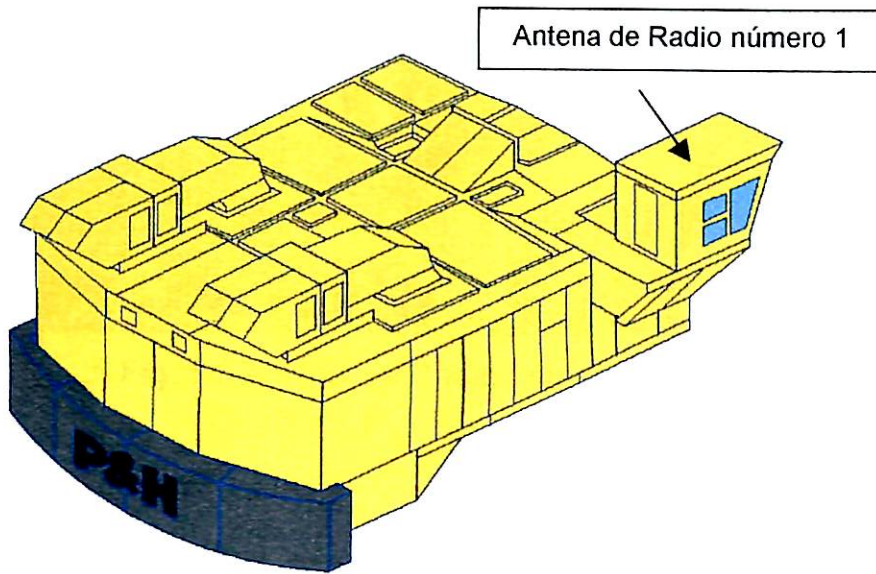


Fig. 6.7 Antena de Radio de 2.4 Ghz número 1

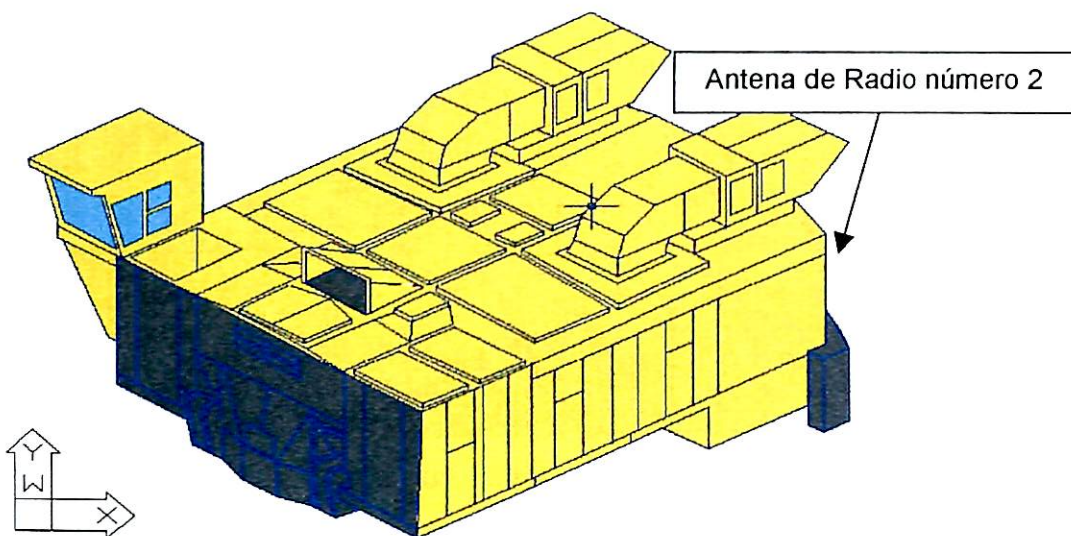


Fig. 6.8 Antena de Radio de 2.4 Ghz número 2

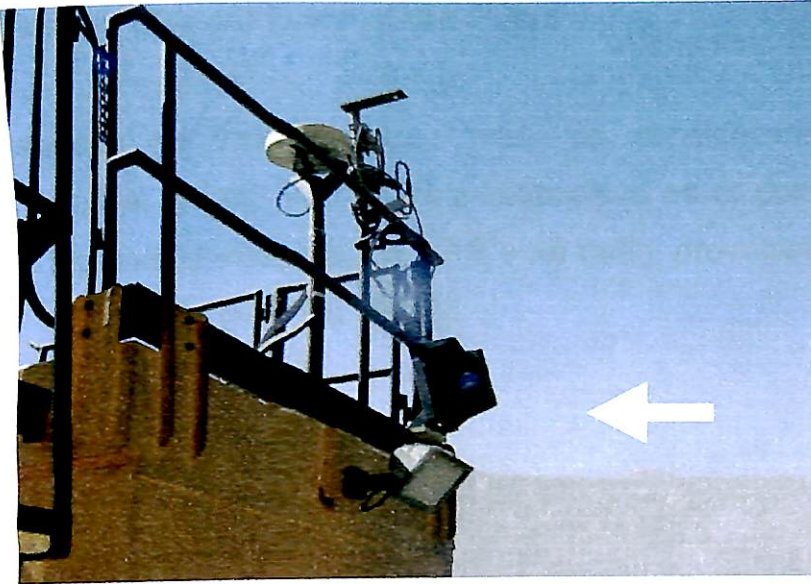


Fig. 6.9 Antena de Radio número 1



Fig. 6.10 Antena de Radio número 2

6.2.1.5 Montaje Dispositivo Hub en Palas

Para la instalación del Hub en las palas se consideraron aspectos preventivos de primer orden, ya que este dispositivo es el computador del sistema, a el llega toda la información GPS y de radio, proveniente de datos de terreno y de Despacho (Ver Fig. 6.11).

- **Montaje Preventivo Hub**

- **Ubicación Hub**

Esta unidad con el fin de no quedar expuesta a las condiciones ambientales propias de la frente de carguío y con la intención de no perjudicar la operación del operador, la Hub se instaló en la sala de máquinas de las palas.

- **Protección contra el Polvo y otros agentes**

Con la intención de proteger a la unidad Hub contra el polvo y otros agentes, se realizo una instalación preventiva de la Hub, dentro de una caja metálica color blanca, la cual cumple la función de proteger los circuitos eléctricos y conexiones contra el polvo, agua y posibles incendios.

Esta caja metálica cumple con normas internacionales llamada NEMA referente a cuidados y mantención de equipos eléctricos (Ver Figura 6.11).

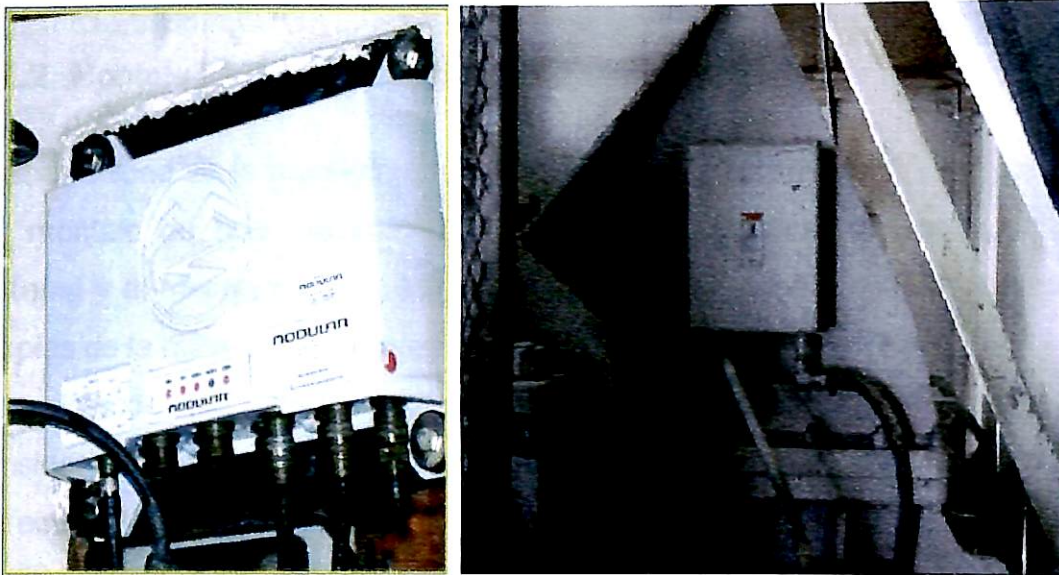


Fig. 6.11 Hub descubierta y Hub con caja NEMA de protección.(Sala de máquinas de palas)

- Protección contra vibraciones

La Hub es un dispositivo que aguanta una gran cantidad de vibraciones continuas, así como movimientos bruscos que realiza la pala.

A pesar de esta cualidad la Hub fue montada sobre una resina, empotrada mediante pernos a la estructura interna de la pala. Esta resina cumple la función de absorber vibraciones y proteger al equipo contra movimientos bruscos realizados por la pala.

- Circuito Eléctrico

Las conexiones y disposición de las redes eléctricas, se montaron en forma interna dentro de la sala de máquinas de la pala. Esto con el fin de proteger las redes y conexiones eléctricas y de datos de la Hub, de agentes tales como polvo, incendios y del tráfico de personas de mantención eléctrica que opera dentro de la sala de máquinas.

6.2.2 Montaje Unidad Repetidora: Móvil y Fija

A esta unidad se le practicó un montaje de tipo operacional en conjunto con un montaje de tipo preventivo, con el fin de optimizar la operación del sistema y al mismo tiempo cuidar el equipo de las condiciones ambientales propias de la mina y a la gente que manipula el equipo.

Con el fin de realizar un montaje adecuado de las antenas se tomaron en consideración los requerimientos operativos y preventivos de la instalación del equipo.

6.2.2.1 Consideraciones Tomadas para el Montaje Operacional de las Antenas Móviles y Fijas

- a. Las antenas móviles y algunas fijas debían estar siempre en línea a la vista con las palas
- b. Las antenas fijas o móviles no debían influir en el tráfico normal de camiones de extracción
- c. Las antenas móviles debían estar siempre en línea a la vista con los repetidores fijos
- d. Las antenas fijas debían estar siempre en línea a la vista con el sistema de despacho (Unidad Base de Control)
- e. Las antenas móviles tenían que ser de fácil transporte y montaje, razón por la cual las antenas están montadas sobre un carro neumático para su transporte.

6.2.2.2 Consideraciones para el Montaje Preventivo de las Antenas M3viles y Fijas

- a. Cada antena deb3a estar protegida con una reja con el fin de proteger a la antena contra golpes de rocas o contra la manipulaci3n de componentes de la antena por parte de extra3os que pudiesen da3ar o ser perjudicados f3sicamente por el equipo.
- b. Cada antena al estar expuesta al polvo y a las variaciones de temperatura de la mina, deb3an estar protegidas mediante el uso de cajas NEMA para proteger a la HUB y a la bater3a de repuesto del equipo.
- c. La antena GPS de alta precisi3n tendr3a que estar protegida por una carcaza pl3stica de alta resistencia.

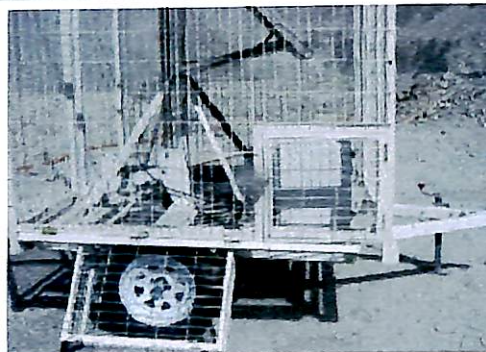
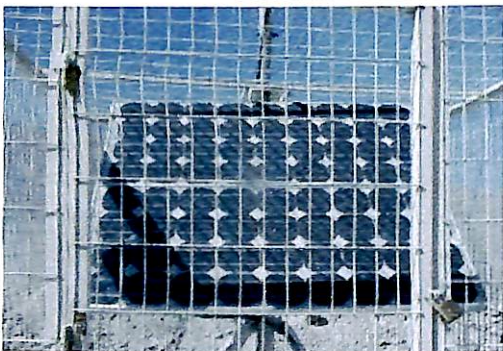
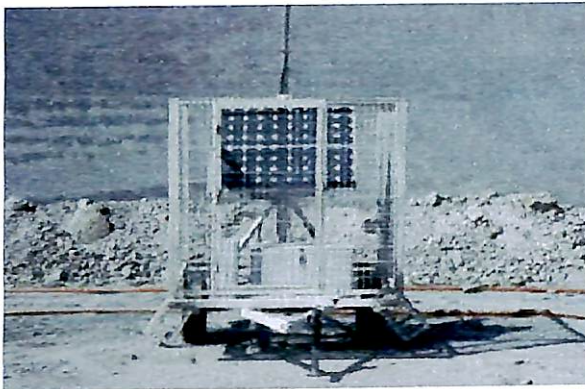


Fig. 6.12 Montaje Preventivo de Antenas

En la figura 6.12 se aprecia la reja protectora de la unidad y las cajas NEMA para los dispositivos HUB y Batería de repuesto.

6.2.2.3 Montaje Operativo de las Antenas Móviles y Fijas

- Ubicación de las antenas

Para la ubicación y el número óptimo de antenas se consideraron variables tales como; Ubicación y movimientos de las palas, topografía de la mina actual y futura considerando el desarrollo de las expansiones y la distancia entre la unidad base de control y palas.

Situación actual de la Mina

a. Ubicación de Expansiones

Actualmente el Rajo cuenta con un número de 10 Palas P&H, ubicadas en distintas expansiones diferenciadas según el tipo de material y mineralización.

La mina tiene un número de seis expansiones diferenciadas en expansiones de mineral, sulfuro de baja ley y lastre (Ver Tabla 6.1).

Nombre Expansión	Tipo Material	Ubicación (Dirección; Cota)
34	Lastre	Norte – Oeste; 2584
39	Sulfuro	Fondo Mina; 2219 – 2201
40	Sulfuro	Norte – Este; 2497 – 2480
41	Lastre y Sulfuro de baja ley	Este; 2636
42	Lastre	Norte – Este; 2834
47	Lastre	Oeste; 2631 – 2532

Tabla 6.1 Ubicación de Expansiones en Mina Chuquicamata

b. Ubicación de Palas según expansión.

Las palas se asignan a cada expansión de acuerdo a la capacidad de carguío de éstas y a la prioridad de mineral que exista (Ver Figura 6.13 y Tabla 6.2).

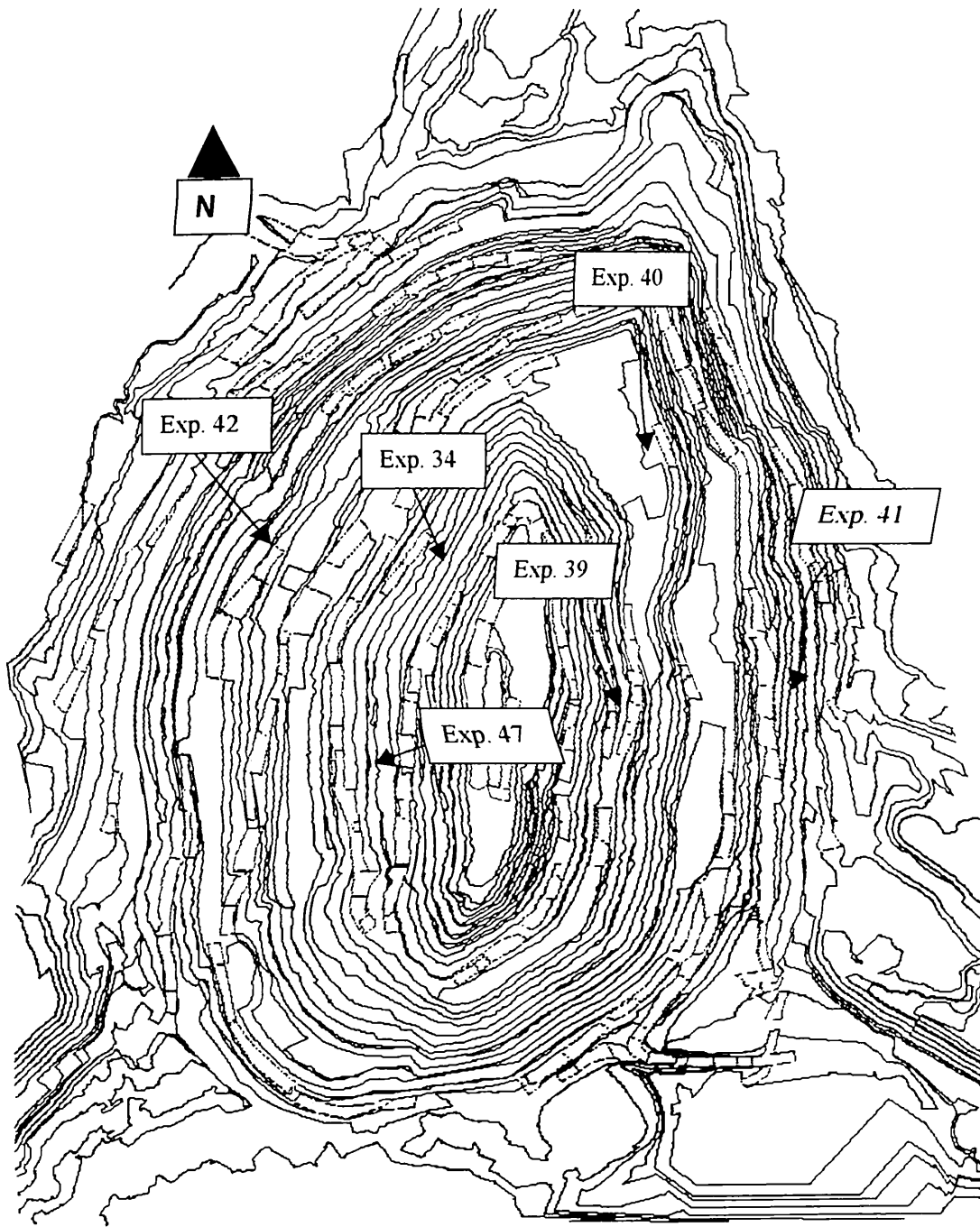


Fig. 6.13 Expansiones actuales de Mina Chuquicamata

Pala	Expansión	Material	Cota
91	47 Oeste	Lastre	2671
92	42 Norte	Lastre	2834
93	34 Norte	Sulfuro	2497
94	41 Este	Lastre	2636
95	34 Norte	Lastre	2584
96	39 Este	Sulfuro	2219
100	47 Oeste	Lastre	2532
101	40 Este	Lastre	2497
200	41 Este	Lastre	2636
230	40 Este	Sulfuro	2480

Tabla 6.2. Ubicación de Palas según expansión

6.2.2.4 Ubicación de los Repetidores

Considerando todo lo anterior se procedió a instalar los repetidores fijos en sectores estratégicos de la mina.

En aquellos sectores de la mina en donde no habrá un cambio topográfico radical que pueda afectar en gran medida a la red inalámbrica de espectro disperso de 2.4 Ghz, se instalaron los repetidores fijos. Estos se montaron en tres sectores principales de la mina con línea a la vista entre las expansiones medias y superiores y algunos de estos con línea a la vista con el nivel inferior, el cual necesita de un repetidor móvil ya que por avances de la pala y por la cota (Pala 96), se cambia continuamente la topografía de la mina, por lo que se perjudica a la comunicación ya que se pierde la línea a la vista entre los repetidores fijos y la pala por encajonamiento de esta, razón por la cual necesita de un repetidor móvil.

Todos los repetidores fijos se encuentran con Línea a la vista a la unidad base de control (Despacho) y el repetidor móvil se encuentra actualmente con línea a la vista entre los repetidores fijos y el repetidor de la unidad base de control, esta ultima condición no siempre se cumple ni tampoco es requisito para él óptimo funcionamiento del sistema, ya que la función de los repetidores fijos es comunicar al móvil con la unidad base de control.

Con el fin de aumentar la cobertura de señal se instaló en los niveles superiores de la mina un repetidor móvil el cual aumenta la disponibilidad del sistema.

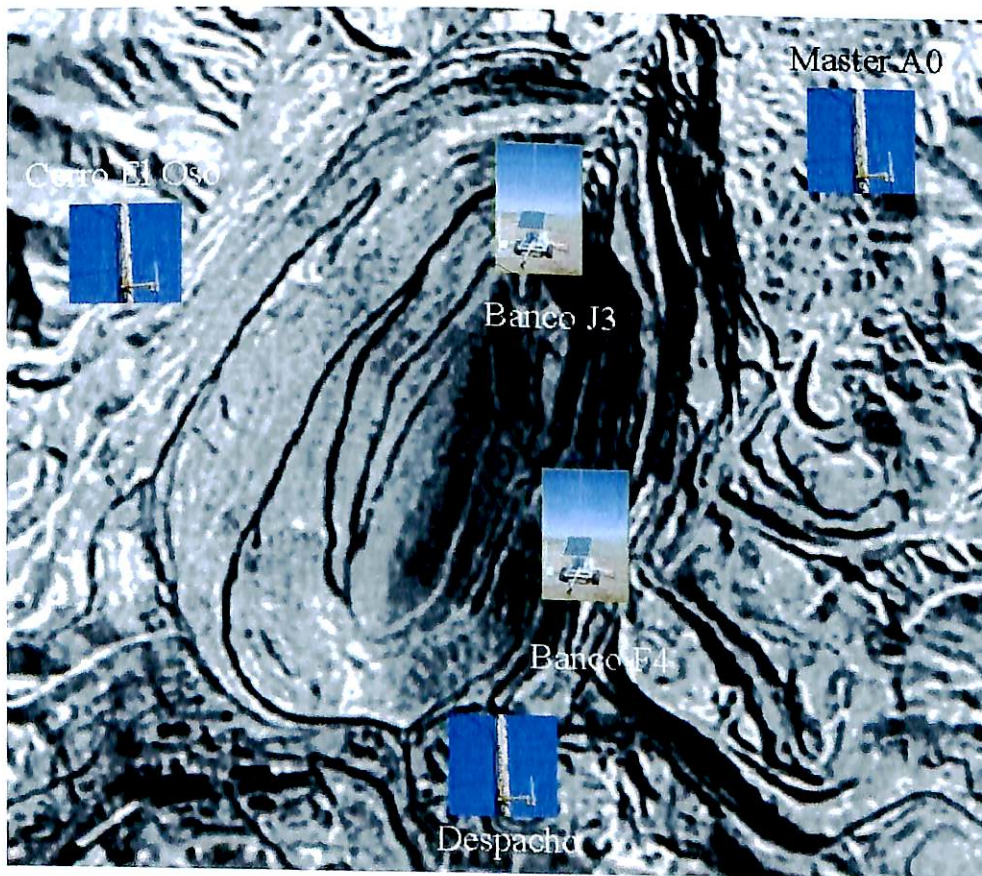


Fig. 6.14 Ubicación de los Repetidores Fijos y Móviles

Como se puede apreciar en la figura 6.14 los repetidores fijos de sistema de despacho, Cerro el Oso, Master A-0, y el móvil del Banco F4, cubren los sectores medios y superior del rajo.

En la tabla 6.3 se muestran las ubicaciones y coberturas de los repetidores.

Repetidor	Ubicación	Cota	Area Cobertura
Fijo	Despacho	2818	Sector Norte Mina
Fijo	Cerro el Oso	3200	Sector Este Mina
Fijo	Master A-0	3004	Sector Sur – Oeste Mina
Móvil	Banco F4	2818	Sector Oeste Mina
Móvil	Banco J3	2517	Expansiones inferiores Mina

Tabla 6.3. Ubicación repetidores y áreas de cobertura

6.2.3 Montaje de Dispositivos en la Unidad Base de Control (despacho)

Para instalar los equipos GPS y de red inalámbrica se consideraron varios puntos con el fin de sacar máximo provecho al sistema:

Consideraciones tomadas:

- Realizar un montaje del tipo preventivo en la unidad
- Realizar un montaje del tipo operativo en la unidad

6.2.3.1 Montaje Preventivo

Con el fin de cuidar el equipo y a las personas y de asegurar una Confiabilidad del funcionamiento del sistema, se instalaron los equipos con

requerimientos establecidos para su instalación. Para esto se consideró el lugar físico en donde se instalaron y a las condiciones en las cuales iban a quedar expuestos.

- Dispositivo Hub

Este dispositivo no requiere de un montaje operativo, ya que su función es recibir información en forma física, por lo que su instalación operativa no es relevante.

La instalación preventiva de este equipo es fundamental, ya que habrá que protegerlo contra la humedad, golpes, vibración y contra los cambios de temperatura bruscos de la mina.

Para esto el equipo se instalo en un cuarto de la unidad base de control, al cual solo ingresa personal de Modular o gente autorizada por estos.

En el interior se encuentran los dispositivos Hub, los cuales están protegidos de la humedad y los cambios de temperatura, mediante un sistema de ventilación y refrigeración que mantiene a una temperatura constante a los equipos con el objetivo de asegurar su optimo funcionamiento.

- Unidades SAM

Tres de las cinco SAM, se encuentran ubicadas dentro del mismo cuarto del dispositivo Hub. Estas son:

SAM usuario: la cual esta conectada a la red para su utilización a nivel administrativo

SAM respaldo: la cual respalda toda la información del sistema

SAM modular: con la cual trabaja Modular Mining Systems, ingresando información al sistema

Como se puede apreciar estas SAM son de mucha importancia, razón por la cual se debe realizar un montaje preventivo de primer orden, principalmente contra la humedad y a los cambios bruscos de temperatura.

Para esto las SAM están protegidas mediante un sistema de ventilación y refrigeración que mantiene a las unidades trabajando en forma óptima y sin interrupciones.

A estos dos dispositivos fueron a los que se les dio mayor importancia en su montaje preventivo ya que son el cerebro de todo el sistema y de ellos depende la disponibilidad de utilización del sistema.

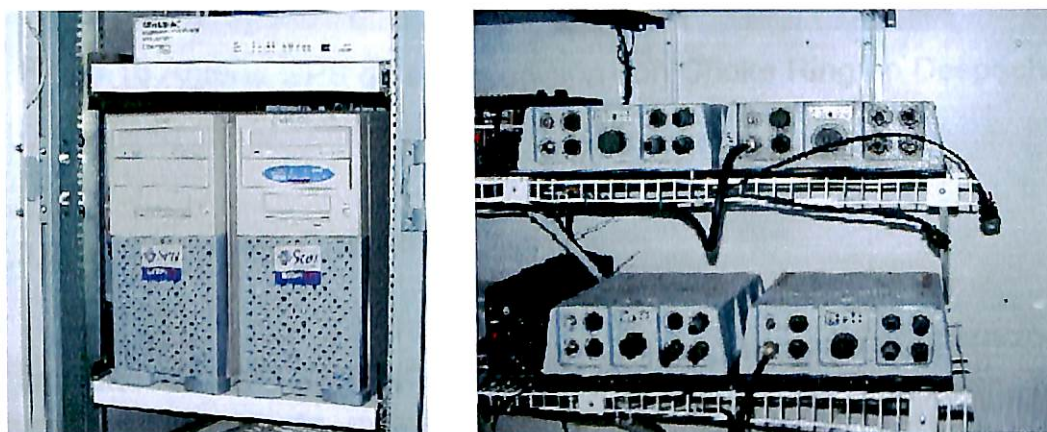


Fig. 6.15 Unidades SAM de respaldo y de Modular y Dispositivos Hub desconectados

- Antena GPS de alta precisión

Con el fin de proteger a esta antena de golpes y vibraciones y de asegurar su continuidad operativa, se monto en una base metálica con un mástil de alta resistencia, para evitar excesivas vibraciones producidas por el viento o por movimientos bruscos producto de la energía liberada en las tronaduras.

La antena GPS se protegió con una carcasa metálica color blanca llamada Choke Ring con lo que se protege a la antena de golpes, la cual cumple a su vez una función operativa (Ver Figura 6.16).



Fig. 6.16 Antena GPS de alta precisión con Choke Ring en Despacho

6.2.3.2 Montaje Operativo

La finalidad de este montaje es la de obtener la máxima utilización del sistema con el fin de evitar interrupciones que pudiesen perjudicar la continuidad operativa del sistema de red inalámbrico y GPS.

Los principales dispositivos que influyen directamente con el montaje operativo son:

- Antena Omnidireccional de 2.4 Ghz

Se montaron dos antenas omnidireccionales en el techo de la unidad base de control o despacho sobre un mástil, con el fin ganar altura y con ello aumentar la Confiabilidad del sistema y su cobertura (Ver Fig. 6.17).

Estas dos antenas están de frente hacia el rajo y cubren casi el 100 % del área de excavación de todas las palas.

- Antena GPS de Alta Precisión con Choke Ring

Esta antena se monto sobre un mástil metálico con el fin de ganar altura y cobertura (Ver Fig. 6.17).

La antena fue montada sobre una carcasa metálica color blanca llamada Choke Ring, la cual sirve para obtener mayores señales GPS y con eso obtener un mayor número de satélites a la vista.

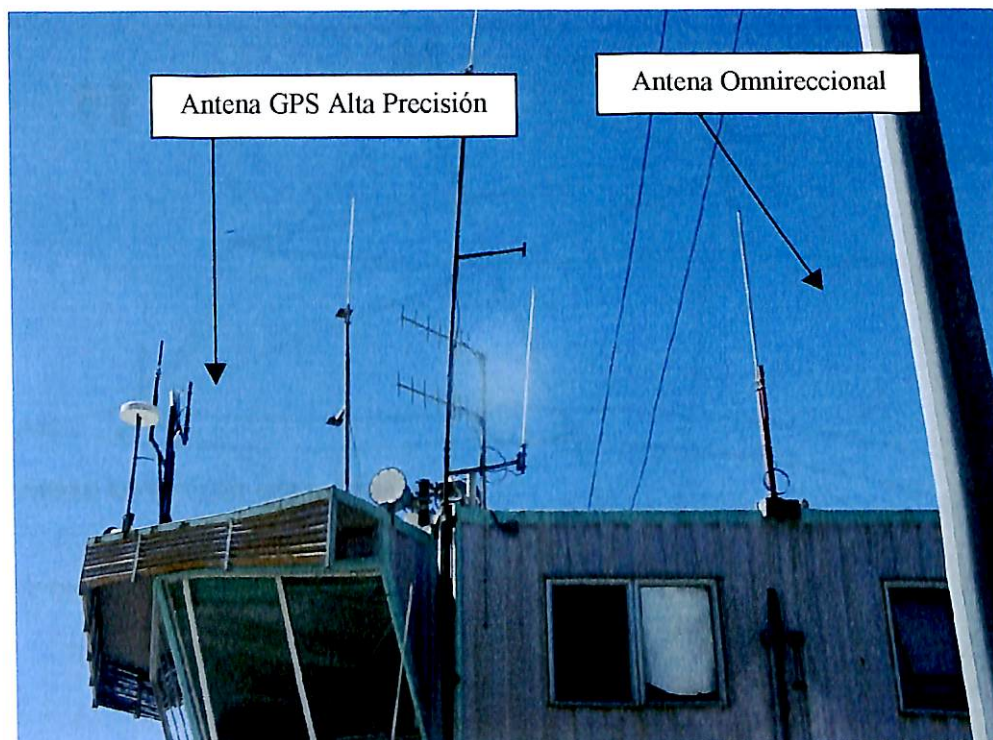


Fig.6.17 Antena GPS y Antena Omnidireccional de 2.4 Ghz

6.3 Operatización Sistema GPS de Alta Precisión y Red Inalámbrica de 2.4 ghz en Palas

A continuación se describe el sistema operativo GPS de alta precisión y de red inalámbrica de 2.4 Ghz, para todas las unidades que conforman el sistema, es decir, para la unidad móvil computarizada o equipos de campo, unidades repetidoras y unidad base de control o despacho.

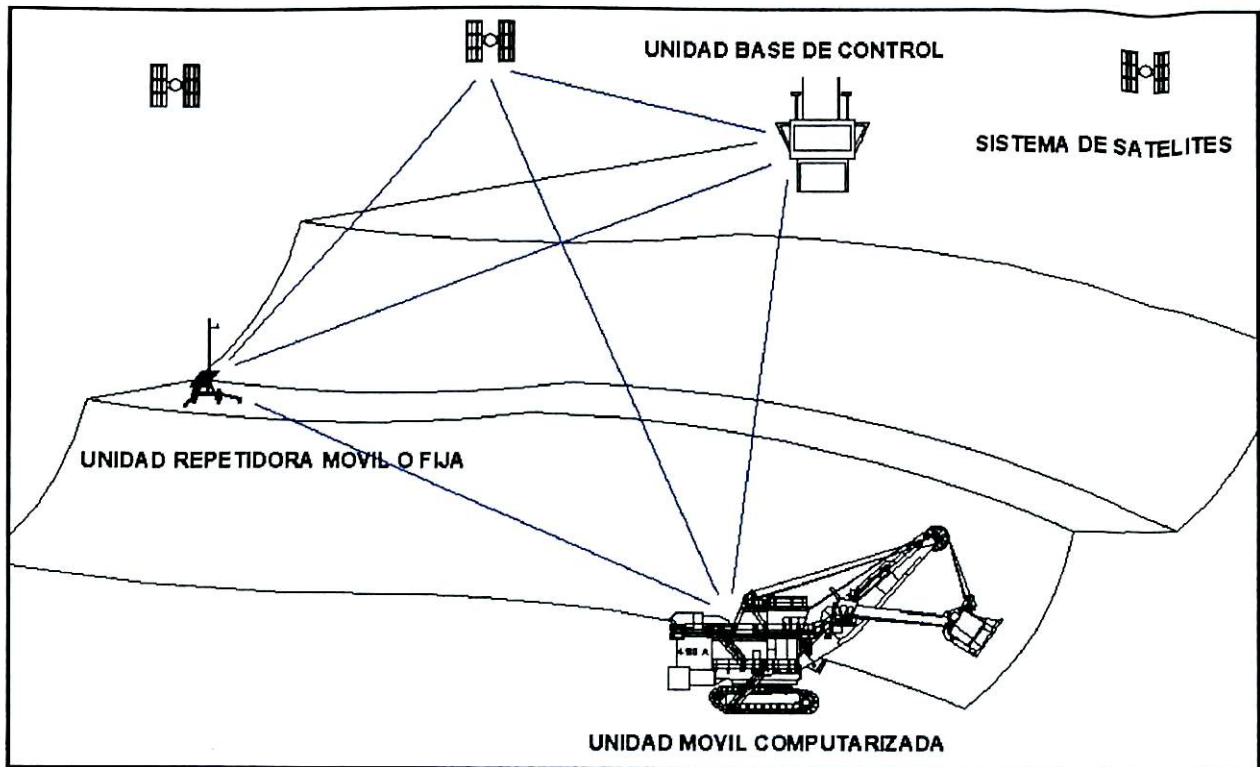


Fig. 6.18 Diagrama general de funcionamiento del sistema GPS y red inalámbrica para palas

6.3.1 Sistema GPS de Alta Precisión en Equipo de Campo: Palas

El sistema GPS en palas es un sistema llamado de alta precisión el cual utiliza lo último en tecnología de posicionamiento satelital para realizar mediciones.

El diagrama de funcionamiento de este sistema en palas, es el siguiente

(Ver Figura 6.19):



Fig. 6.19 Diagrama de Flujo en Palas

- **Lecturas GPS**

Cada pala cuenta con dos antenas GPS de alta precisión con Choke Ring, el cual le da mayor cobertura de satélites.

Estas antenas captan las señales emitidas por los sistemas satelitales Norteamericanos y Rusos, razón por la cual se le llama alta precisión, ya que cuenta con un gran número de satélites para realizar las lecturas y con ello los cálculos.

La calidad de las lecturas va a depender de la posición de las palas y de los satélites a la vista, ya que si una pala se encuentra encajonada en un banco va a perder cobertura satelital al no tener línea a la vista con satélites, esto ocurre generalmente en las expansiones inferiores de la mina (Expansión 39) A su vez la precisión de las lecturas GPS, van a depender del número de satélites disponibles en órbita.

- **Procesamiento de la Información**

Para realizar un buen procesamiento de información y con ello entregar datos confiables al sistema, es necesario contar con un número óptimo de satélites con varias lecturas, según los objetivos de cálculo.

- **Número óptimo de satélites**

El sistema GPS de alta precisión necesita de un número de satélites mínimos para calcular las coordenadas X,Y,Z, de la posición de las palas (Ver Tabla 6.4).

Para obtener la posición de la pala en el plano (X,Y), es necesario tener un mínimo de 5 satélites para entregar una información con un nivel de precisión óptimo y un error medido en centímetros.

Para obtener la posición de la pala en el espacio Z, es necesario tener un mínimo de 8 satélites con el fin de entregar una información de alta precisión y con un error medido en centímetros.

- **Nivel de precisión del sistema**

Con el número óptimo de satélites el sistema entrega el siguiente nivel de precisión para la posición de la pala (X,Y,Z).

Número de satélites	Coordenadas	Nivel de Precisión	Error estimado (cms)
5	X,Y	Alto	± 2 a 3
8	Z (Cota)	Alto	± 5

Tabla 6.4 Niveles de Precisión GPS en Palas

- Obtención de coordenadas X,Y de Palas

Cuando las antenas están recibiendo señales con un número óptimo de satélites, el sistema comienza a calcular la posición en el plano X,Y de las palas.

Este cálculo el sistema lo calcula de la siguiente manera:

Cada antena recibe señales GPS y con ellas se calcula la posición X, Y de cada antena.

Las antenas están ubicadas en posiciones fijas y con distancias conocidas respecto al centro de la superestructura de la pala. Con esa información el sistema realiza un cálculo matemático para cada antena y calcula un valor promedio entre las dos antenas usando los valores GPS, con respecto al centro de la superestructura de la pala. Con ello se obtiene la posición X, Y de las palas, medido en el centro de la superestructura de esta.

- Obtención coordenada Z de la Pala (Cota)

Cada antena recibe señales GPS con las cuales se calcula la cota para cada antena.

Cada antena está a una distancia vertical fija con respecto a la superficie inferior de las orugas de la pala.

Con esta información el sistema realiza una resta entre la cota de cada antena y la distancia vertical fija de cada antena con respecto a nivel inferior de la pala. En este cálculo se obtienen dos cotas de la pala con un nivel de precisión alto, el cual mediante un promedio entre las dos lecturas se obtiene una cota única para la posición de la pala.

También se realizan correcciones GPS con el fin de tener un grado de precisión mayor, desde la unidad base de control.

- Movimientos de la Pala

Con la ayuda de lecturas de cada antena en el plano X,Y, es posible conocer en tiempo real los movimientos que realiza la pala en la fase de carguío.

El sistema realiza comparaciones entre la posición inicial de la pala (cargando) y la posición final de esta (descarga). Esta comparación se realiza únicamente con los valores X,Y de las posiciones finales de cada antena.

Para saber si la pala giro a la derecha o a la izquierda, se realiza una comparación entre los datos X,Y de las antenas en su posición final, ya conocido el inicial (Ver Fig. 6.20).

$(X'1, Y'1)$ = Posición final antena número 1

$(X'2, Y'2)$ = Posición final antena número 2

Si:

Valores de comparación	Movimiento de la Pala
$X'1 > X'2$ $Y'1 > Y'2$	Pala giro a la derecha Giro inferior a 180°
$X'1 > X'2$ $Y'1 < Y'2$	Pala giro a la derecha Giro superior a 180°
$X'1 < X'2$ $Y'1 > Y'2$	Pala giro a la izquierda Giro inferior a 180°
$X'1 < X'2$ $Y'1 < Y'2$	Pala giro a la izquierda Giro superior a 180°

Tabla 6.5 Movimientos de la pala según comparación de coordenadas finales de antenas

Estos cálculos el sistema los realiza para cada carga que realiza la pala y lo representa en forma gráfica en la consola del operador y en las gráficas de mina de despacho y de los usuarios del sistema.

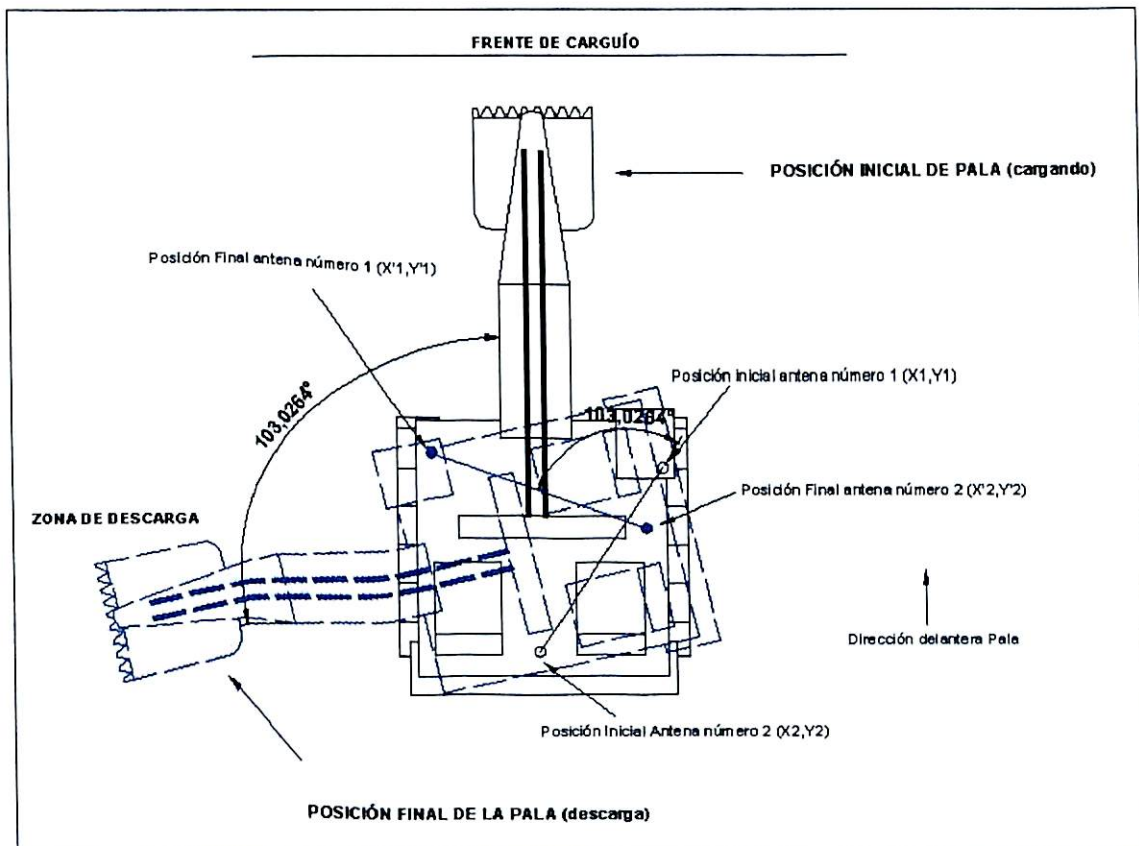


Fig. 6.20 Representación de los movimientos de la pala con su ángulo de giro

- Determinación del ángulo de giro

Esta opción aun no esta habilitada en el sistema, pero se podría habilitar en un futuro con el fin de establecer ángulos óptimos de giro con el fin de reducir el ciclo de carguío y con ello aumentar el rendimiento de la pala.

Para determinar el ángulo de giro se toman dos posiciones de la pala:

a. Posición Inicial

b. Posición Final

Con estas posiciones se trazan rectas entre las antenas 1 y 2, en su posición inicial y final, y se calculan las ecuaciones que definen las posiciones iniciales y finales de la carga y descarga de material.

Estas ecuaciones se calculan con las magnitudes de las coordenadas X, Y. Para calcular el ángulo de giro el sistema intersecta estas dos rectas y calcula el ángulo interno entre las dos rectas inicial (carga) y final (descarga), medido en unidad de grados, (Ver Fig. 6.20).

- **Entrega de la Información**

La información es entregada al sistema Dispatch (Despacho) para su procesamiento, mediante la red inalámbrica de 2.4 Ghz, a las unidades SAM de trabajo, de respaldo, de usuarios y de modular.

A su vez esta información es entregada ya procesada por el sistema Dispatch a la consola gráfica del operador, a través de la red inalámbrica a la Hub y desde aquí a la consola.

6.3.2 Sistema GPS en Unidad Repetidora Móvil y Fija

Estas unidades cuentan con una antena GPS de alta precisión sin Choke Ring, protegida por una carcasa plástica de alta resistencia.

El objetivo del GPS en estas unidades es la de facilitar la instalación de las antenas en los lugares óptimos según topografía para alcanzar una mayor y mejor cobertura de señales de comunicación de la red inalámbrica.

6.3.3 Sistema GPS en Unidad Base de Control

Esta unidad cuenta con dos antenas GPS de alta precisión con Choke Ring. Esta unidad tiene coordenadas fijas de las antenas X,Y,Z, determinadas por topografía, la cual sirve como referencia para calcular el error de las lecturas GPS que se están tomando.

Las lecturas X,Y,Z, que calcula el sistema las compara con las coordenadas fijas de las antenas, es decir, establece, un error de medición en las coordenadas, y este se lo aplica en tiempo real a las lecturas GPS que realiza el equipo de campo o palas.

Con esta aplicación se logran mediciones más exactas y con una holgura de error mas baja, con el fin de establecer de manera más exacta los desniveles que lleva la pala o si esta llevando o no una línea de programa de excavación.

6.4 Operatización de la Red Inalámbrica de 2.4 ghz en las Unidades Componentes del Sistema

A continuación se describe el sistema de funcionamiento de la red inalámbrica de 2.4 Ghz, el cual es un sistema que requiere una alta disponibilidad de funcionamiento, ya que por medio de esta red, se envían todos los paquetes de información al sistema Dispatch y las unidades de campo (Palas).

La alta disponibilidad de este sistema va a depender de un óptimo montaje y de una adecuada mantención de los equipos, por lo que todas las consideraciones de funcionamiento de este sistema, están basadas teóricamente en un óptimo montaje y mantención de los distintos dispositivos componentes de la red.

6.4.1 sistema de red inalámbrica en equipos de campo: palas

El diagrama de funcionamiento de este sistema en palas se refleja en la figura 6.21:

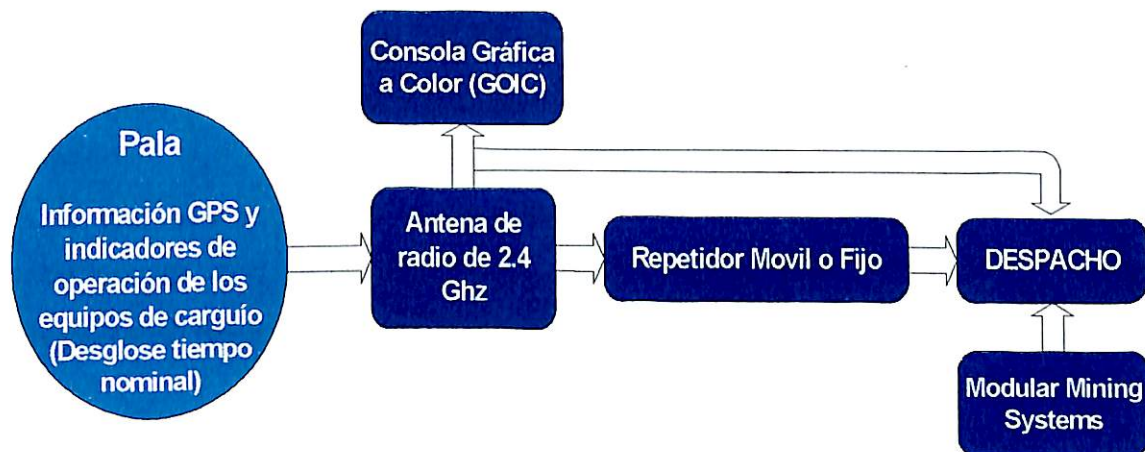


Fig. 6.21 Esquema explicativo del sistema de red inalámbrico en Palas

La pala genera información relacionada con datos GPS y de operación misma de la pala (toneladas cargadas y desglose de tiempos), esta información es la que alimenta al sistema Dispatch.

La antena de radio de espectro disperso de la pala envía la información en tiempo real al sistema de despacho, por medio de los repetidores ubicados estratégicamente en la mina. A su vez estos datos pueden ser enviados en forma directa al sistema de despacho desde la pala en el caso de haber línea a la vista entre las antenas omnidireccionales de despacho y la antena de radio de la pala.

La cantidad de información que se puede enviar por unidad de tiempo es de 2 mega bit, lo que equivale a 2.000.000 de bits por segundo. Esto lo hace el sistema a una velocidad de onda de 2.4 Ghz, concepto de microondas, por lo

que el sistema no posee interferencias ya que transmite a una velocidad de 2.400 millones de ciclos por segundo.

Una vez que la onda llega al repetidor este retransmite la señal al Despacho o si es necesario lo retransmite a otro repetidor en caso de no existir línea a la vista.

Esta señal se retransmite en las mismas condiciones de su origen.

Cuando la señal llega al sistema de despacho, la información contenida es procesada por el sistema Dispatch y genera los reportes requeridos para gestión.

A su vez desde el sistema de despacho es enviada información a la pala, relacionada con actualizaciones de mineralización de bancos, línea de programa o nivel de piso en caso de requerir rampas (Ver figura 6.21).

6.4.2 Sistema de Red Inalámbrica en Unidades Repetidoras: Fijas o Móviles

Diagrama de funcionamiento de Repetidores con sistema de red inalámbrico de 2.4 Ghz



Fig. 6.22 Diagrama Funcionamiento red Inalámbrica en repetidores móviles o fijos

La pala envía la señal a un destino, puede ser a un repetidor o directamente al sistema de despacho.

En el caso de enviar la señal al repetidor, este reenviará la señal en las mismas condiciones de origen al despacho o a otro repetidor si así se requiere.

A su vez el sistema de Despacho puede enviar información en tiempo real a las palas a través de la red inalámbrica por medio de los repetidores móviles o fijos (Ver Fig. 6.22).

6.4.3 Sistema de Red Inalámbrica en Unidad Base de Control: Despacho

Este es el esquema más complejo de todas las unidades componentes del sistema inalámbrico, ya que aquí se calculan y se envían datos a través de la red inalámbrica, a su vez a esta unidad le llega toda la información proveniente de la mina de las unidades de palas y camiones (Ver Fig. 6.23).

El esquema de funcionamiento de esta unidad es el siguiente:

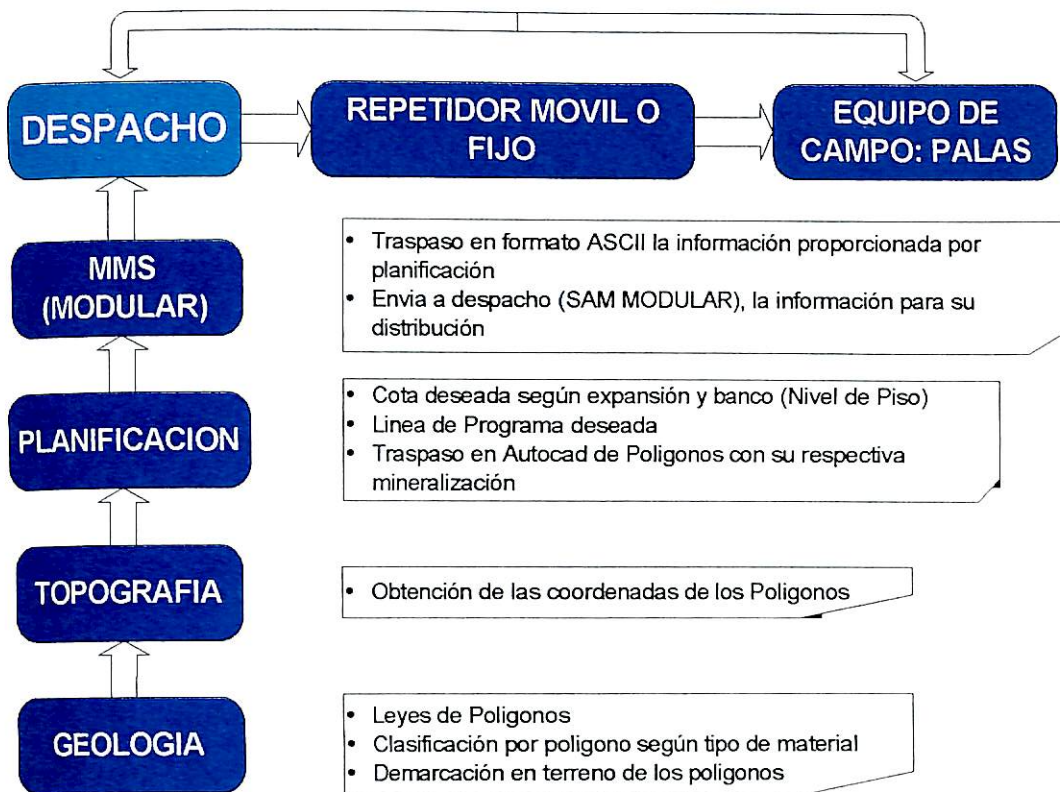


Fig. 6.23 Diagrama de Flujo del sistema operativo de red inalámbrica en unidad base de control (Despacho)

6.4.3.1 Entrada de Datos a Despacho

• Equipos de Campo

La entrada de datos a esta unidad se hace por medio de la red inalámbrica de 2.4 Ghz, que tiene como origen los equipos de campo y de la información proporcionada por modular.

La información proveniente de las palas es enviada a través de la red inalámbrica, la cual llega a uno de los Hub ubicados en el despacho, desde aquí la información es enviada a las SAM de trabajo en donde se procesa la información de campo.

Una vez procesada la información, esta es utilizada en tiempo real por el despachador con el fin de tener un mejor control de la mina, y a su vez la información procesada es enviada a las SAM de respaldo y de usuarios.

Desde la SAM de usuarios es distribuida la información en red a cinco PC, los cuales están habilitados con el fin de extraer informes estadísticos o el tiempo real de la operación minera, por parte de los usuarios del sistema.

- **Modular Mining Systems**

La empresa Modular entrega información topográfica y de leyes al sistema de despacho, proveniente de la información entregada por planificación.

Planificación recibe los datos de topografía, los cuales se encargan de obtener las coordenadas y limitar los polígonos según grado de mineralización (Lastre, Sulfuro de Baja Ley o Sulfuro). La información de leyes y sectores mineralizados es entregada por geología, por lo tanto topografía se encarga de limitar topográficamente los polígonos de excavación.

Una vez que la topografía y la clasificación según ley por polígono esta realizada, esta información es entregada a planificación, quienes le agregan a este informe, la línea de programa deseada según expansión y por pala, y a su vez establecen el nivel de piso requerido según expansión o por pala.

Esta información es trabajada en Autocad, por lo tanto Modular recibe la información de planificación en este formato. Por su parte modular procesa esta información y la envía a la SAM de modular en formato ASCII, y desde aquí se envían los datos vía red inalámbrica a la unidad de campo (palas).

Esta información se puede apreciar en forma gráfica en tiempo real en la consola gráfica a color del operador de la pala (Ver Figura 6.24).

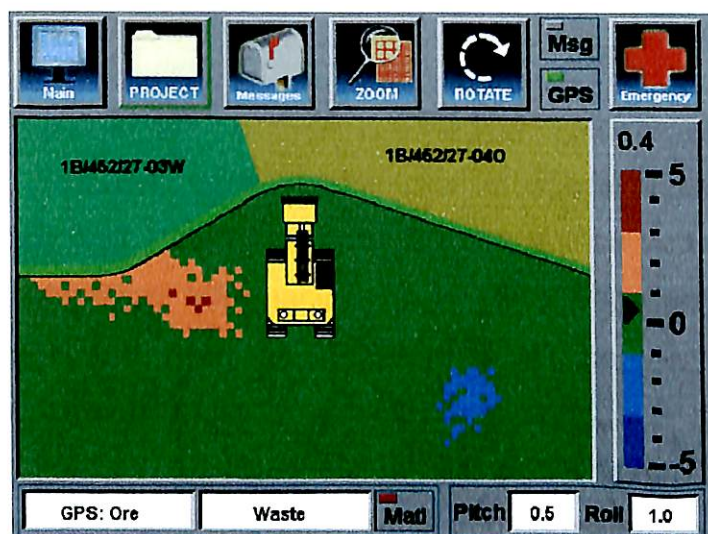


Fig. 6.24 Ventana Consola operador de Pala con clasificación por polígono y control del nivel de piso

- **Entrega de Datos desde Despacho**

Básicamente la entrega de información desde el sistema de despacho, se hace a través de la red inalámbrica de 2.4 Ghz, a un repetidor móvil o fijo, y desde aquí al equipo de campo (Palas).

El contenido de esta información es relacionada con la topografía de los polígonos, clasificación por tipo de material (Lastre, Sulfuro de baja ley y Sulfuro), nivel de piso y línea de programa deseada.

6.5 Interacciones y Utilización del Sistema GPS

El sistema GPS funciona en conjunto con el sistema Dispatch, mediante el cual es posible ingresar información o utilizar la información para fines de gestión. Esto se traduce en una interacción del sistema cuando se ingresa o se cambia algún dato en el Dispatch y su utilización cuando el sistema es ocupado para fines estadísticos o de gestión.

6.5.1 Operador de Palas

La principal interacción entre el sistema GPS y el Operador de la pala, ocurre en la consola gráfica a color, con la cual el operador interactúa con el sistema Dispatch (Ver manual en Anexo N° 8), y a su vez con los gráficos GPS, los que entregan información de bancos o polígonos clasificados topográficamente según tipo de material, nivel de piso llevado y requerido y línea de programa en forma gráfica.

Con esta información el operador de la pala podrá controlar y apreciar en tiempo real, si está cumpliendo o no, con el tipo de material a cargar, nivel de piso y línea de programa.

- **Control Nivel de Piso**

El operador de la pala mediante un buen uso de la información entregada por la consola, podrá ir siguiendo la operación de la pala y como está va llevando el nivel de piso.

En la consola existe un indicador de altura el cual indica si la pala esta sobre el nivel deseado o bajo. Esta información es de fácil y rápida comprensión por lo que el operador de la pala, debería darse cuenta en forma continua si necesita subir un poco el nivel de piso o si es necesario comenzar a bajar el nivel de piso en caso de estar arriba de la cota deseada.

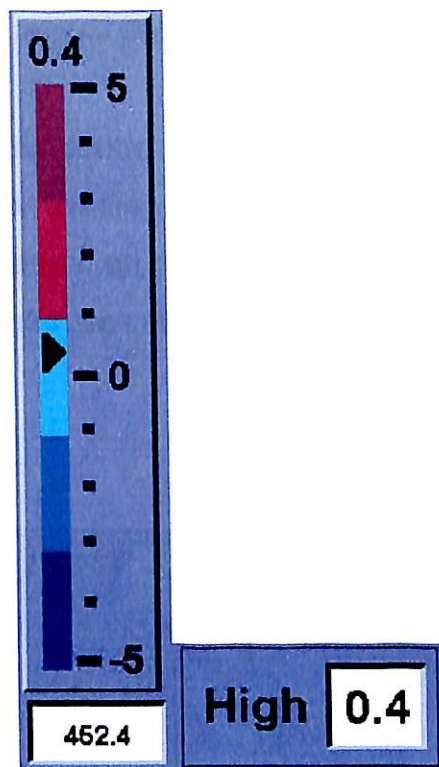


Fig. 6.25 Indicador de altura de la pantalla GPS de la consola del operador

- **Control Dilución**

En la pantalla GPS de la consola el operador puede apreciar la división por polígono de excavación clasificado por tipo de material. Esto se muestra en función de la ubicación de la pala, precisamente del balde, por lo que el operador tiene un control selectivo por tipo de material, reduciendo de esta manera la Dilución de material.

El operador de la pala debe ingresar el tipo de material a cargar. Esta información es comparada con la que tiene el sistema acerca del polígono y su tipo de material.

Si el sistema advierte que no concuerdan los tipos de materiales, en la pantalla aparecerá una luz roja parpadeando en el indicador monitoreo de material de la consola, si los materiales concuerdan entonces aparecerá una

luz verde sin parpadear la cual indica que el tipo de material ingresado es el correcto para cargar.

Esto es un gran beneficio dentro de la operación carguío palas, ya que es posible realizar una excavación selectiva de material y un control de camiones por tipo de material en caso de estar cargando por los dos lados la pala con dos tipos de materiales (Ver Fig. 6.26).

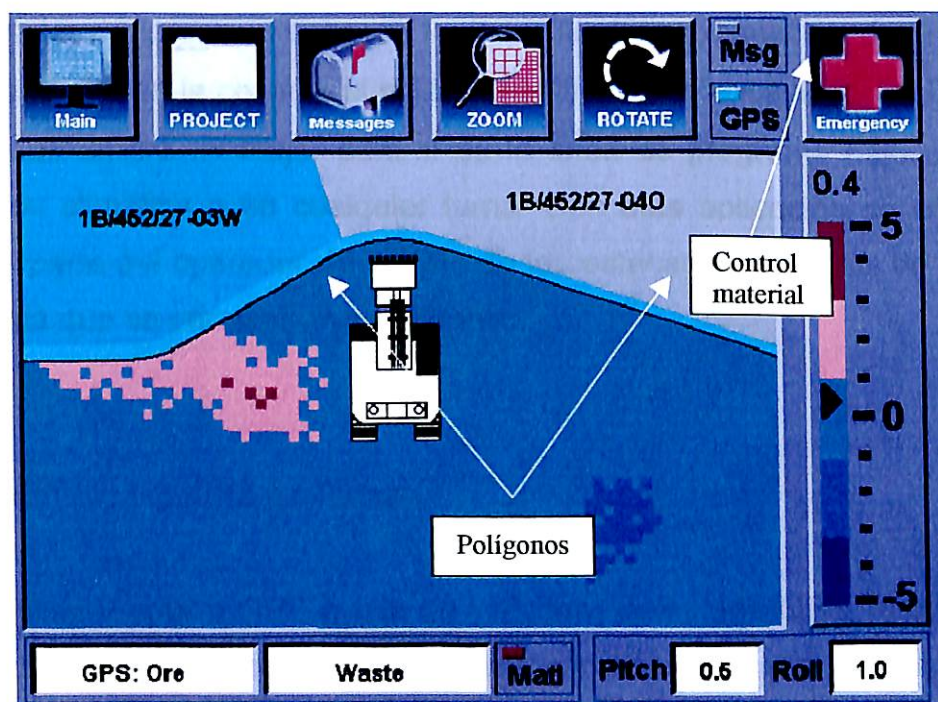


Fig. 6.26 Pantalla alta precisión de palas con el indicador de altura y monitoreo de material

- **Control Línea de Programa**

La línea de programa es un factor de mucha importancia dentro de una planificación minera, ya que de ella depende los cumplimientos en el desarrollo de las expansiones.

Al no cumplir una línea de programa se tiene como resultado el mal desarrollo de expansiones inferiores del rajo y con ello la reducción en el volumen de sulfuro a extraer y a su vez existe una mala estabilidad geotécnica de los bancos de la mina.

El operador de la pala al estar en la etapa final de excavación de un banco, podrá apreciar en la consola si está en los límites de excavación del banco, por lo que tendrá un mejor control de la línea de programa bajo cualquier condición climática o en cualquier turno. Con esta aplicación se elimina el uso por parte del operador de la pala de las estacas indicadoras de línea de programa que se encuentran en el banco.

- **Disponibilidad GPS en Palas**

En la misma pantalla GPS existe un indicador de estado GPS, el cual indica sí el sistema está con cobertura de satélites y con que grado (Ver Fig. 6.27).

Este indicador posee cuatro estados referente a la cobertura del sistema GPS:

- Luz Roja que no parpadea indica que el sistema no esta recibiendo información de las antenas GPS.

Esto ocurre por un breve lapso de tiempo, sin embargo si esto continua, el operador de la pala deberá reportarlo a un supervisor por posible falla del sistema

- Luz Roja parpadeando indica que el sistema esta recibiendo información GPS pero que no es confiable para realizar mediciones de posicionamiento.
- Luz verde parpadeando indica que el sistema esta recibiendo información óptima para calcular las coordenadas horizontales de la ubicación de la pala, pero que no es posible determinar la cota z de ésta.
- Luz verde sin parpadear, indica que la información GPS esta OK.

De todos estos indicadores el operador de la pala debería estar atento con el fin de sacar el máximo de provecho al sistema, y en caso de falla deberá reportarlo.



Fig. 6.27 Indicador de Estado GPS

6.5.2 Despachador

La función principal del despachador con el sistema GPS, es la de ir revisando los niveles de piso de las palas y su estado GPS, en la pantalla niveles de piso del sistema de Despacho.

En el caso de no llevar un nivel de piso óptimo y al no encontrar respuesta correctiva del operador, y con estado GPS OK, el despachador deberá enviar un mensaje vía red inalámbrica al operador de la pala con el fin de que este tome una medida correctiva de su actual nivel de piso (Ver Fig. 6.28).

Cons.	Hora	Pala	Estado	Ubicación	Estado GPS	Actual	Deseada	Diferencia	Polvorazo	Recargar Información
?	11:33:20	091	Disponible	47W-H3	Pos	-	2673,0	-	47W-H3/14A-L	
?	11:33:22	092	Disponible	42N-2818	Pos	-	2818,0	-	42N-2818/5A-L	
?	11:33:38	093	Disponible	34N-2497	Ok	2499,8	2497,0	2.8	34N-2497/11A-S	
?	11:33:23	094	Disponible	41E-2619S	Ok	2612,3	2619,0	-6.7	41E-2619S/2A-L	
?	11:33:27	095	Disponible	34N-2584	Ok	2583,4	2584,0	-0.6	34N-2584/34A-L	
?	11:33:28	096	Disponible	39E-03	Ok	2200,9	2200,0	0.9	39E-03/21A-S	
?	11:33:30	100	Disponible	47W-2532	Ok	2529,9	2532,0	-2.1	47W-2532/30A-L	
?	11:33:29	101	Disponible	40E-2463N	Ok	2460,6	2463,0	-2.4	40E-2463N/232A-S	
?	11:33:36	200	Disponible	41E-2619	Ok	2613,3	2619,0	-5.7	41E-2619/3A-L	
?	11:33:37	230	No Operativo	40E-2480	Ok	2479,4	2480,0	-0.6	40E-2480/8A-SBL	

Fig. 6.28 Pantalla de niveles de piso por pala y estado GPS.

6.5.3 Utilización del Sistema GPS: Usuarios del Sistema

El usuario del sistema puede acceder a través de una cuenta Dispatch, con la cual se conecta a la SAM de usuarios ubicada en el sistema de Despacho, a través de la red divisional.

Los usuarios del sistema son variados, destacándose los siguientes:

- **Jefe Unidad Carguío Palas;** quien revisa el estado de GPS y de los niveles de Piso y si es necesario tomara medidas correctivas de acuerdo a la situación
- **Ingenieros de Producción;** al tener una información en tiempo real, los ingenieros de producción pueden advertir la situación actual del nivel de piso de las palas y tomar medidas correctivas en tiempo real.

- **Ingenieros de Gestión;** los cuales podrán realizar reportes diarios o por turno, de la disponibilidad GPS y de los niveles de piso llevados por las palas.

Esta información se encuentra en el sistema de despacho, en la pantalla niveles de piso (Figura 6.28). Para ver los movimientos de las palas en tiempo real, es posible acceder a gráficas de mina del sistema Dispatch y desde ahí a módulos Palas con la cual se elige el número de palas y se selecciona la opción movimientos, esta tarda unos segundos en mostrar el movimiento de la pala en tiempo real (Giros), a su vez esta pantalla indica el nivel de piso llevado por la pala.

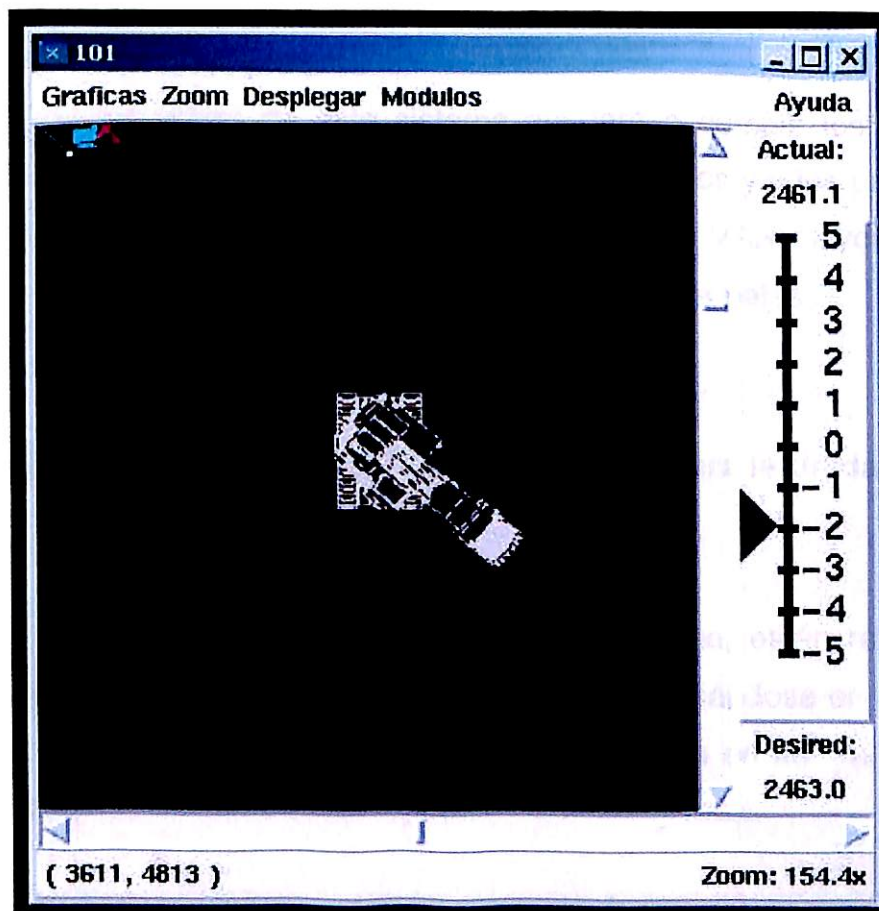


Fig. 6.29 Movimientos de la Pala en tiempo real e indicador de nivel de Piso de la Pala

Capítulo 7: BENEFICIOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA GPS Y RED INALÁMBRICA DE MODULAR MINING SYSTEMS INC.

7.1 Introducción

Este sistema y basándose en las características operacionales que posee, podrá ayudar y mejorar algunas falencias en las prácticas operacionales de la unidad carguío palas, como lo es la reducción de los eventos arreglos de cancha, traslado y acomodo de pala y control dilución.

Este beneficio traerá como resultado una mayor productividad de los equipos, una mayor utilización efectiva y un menor costo unitario por operación y por proceso productivo.

A su vez los beneficios de este sistema ayudará a cumplir los planes de producción y de costos unitarios asociados a los equipos y a los procesos de Mina, con lo cual se pretende tener utilidades con un VAN mayor a cero al realizar la evaluación económica del proyecto GPS para palas.

7.2 Beneficios del Sistema GPS Alta Precisión Para la Unidad Carguío Palas

Los beneficios potenciales que entregará este sistema, están relacionados con la operación directa de las palas. Por lo cual y basándose en lo anterior, el éxito en el cumplimiento de estos beneficios estará en las manos de los operadores de palas y sus supervisores.

Los beneficios de este sistema son los siguientes:

Control del Nivel de Piso y reducción de los metros perforados
Control de la Línea de Programa
Control de la Dilución

7.2.1 Control del Nivel de Piso (np)

El nivel de piso en una faena minera se define como la cota por la cual se debería desplazar una pala por el material a excavar, con el fin de cumplir los planes de expansión y de desarrollo de la mina (Ver Fig. 7.1).

La pala al no llevar el nivel de piso solicitado por planificación perjudicará de manera significativa a los costos de operación, productividad y a los planes de desarrollo de expansiones de la mina.

7.2.1.1 Generación de los Niveles de Piso

Planificación Mina entrega información a perforación sobre los metros a perforar en un banco y junto a ello le indica la cota de inicio y de término de la perforación, esto lo calcula planificación de acuerdo a los planes de desarrollo y de negocio de la mina.

Una vez que se ha perforado, tronadura carga los tiros hasta la cota solicitada por planificación mina, en el caso de tener pasadura, tronadura rellena esos metros con el material que dejó la perforadora.

Una vez tronado, la pala vuelve a la frente y comienza la etapa de carguío. Esta etapa debe ser supervisada constantemente por personal de topografía con el fin de ir controlando el nivel de piso que lleva la pala en su avance por la frente tronada.

Cuando la pala no está llevando el piso, se le solicita a movimiento de tierras que realice la operación de arreglo de cancha, para esto la pala debe parar su operación y en algunos casos la pala se debe retirar de la frente de

carguío para que el tractor pueda arreglar la cancha. Estos tiempos son tiempos perdidos dentro de la operación palas, lo que es muy perjudicial para cumplir los planes de producción de la mina.

Cuando la pala ha dejado un desnivel entre la cota teórica y la real al momento de perforar, se obtiene como resultado un mayor gasto en la perforación, ya que para cumplir con la cota final de perforación, se deben perforar una mayor cantidad de metros para llegar a la cota solicitada por planificación.

7.2.1.2 Pérdidas que se Obtienen al no Llevar un Nivel de Piso

- ❖ Menor productividad de los equipos
- ❖ Menor utilización de los equipos
- ❖ Costo unitario mayor en las operaciones de carguío, transporte camiones y movimiento de tierras
- ❖ Gasto mayor de perforación
- ❖ Falta de cumplimiento de los planes de producción
- ❖ Mal desarrollo de las expansiones al no llegar al mineral en el tiempo establecido

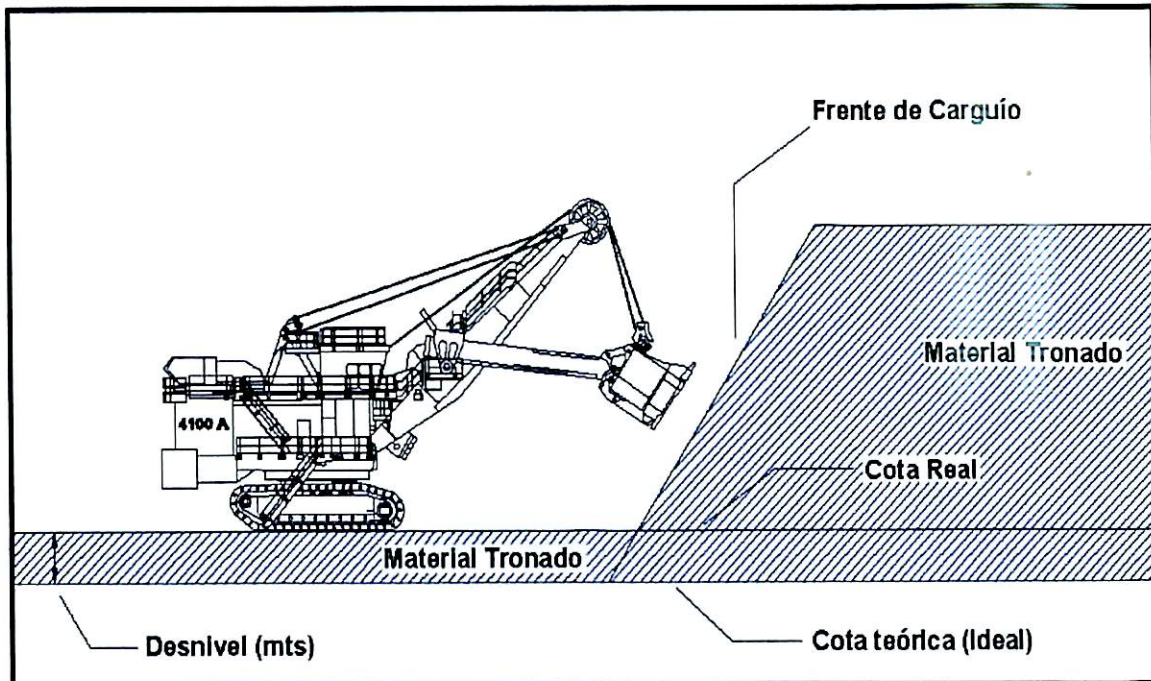


Fig. 7.1 Actual situación que se presenta con relación al nivel de piso

Como se muestra en la figura 7.1 existe un volumen de material no cargado, al no llevar la pala el nivel de piso adecuado, a su vez se obtendrá como resultado la sobreperforación por no llevar el piso (Ver Fig. 7.2).

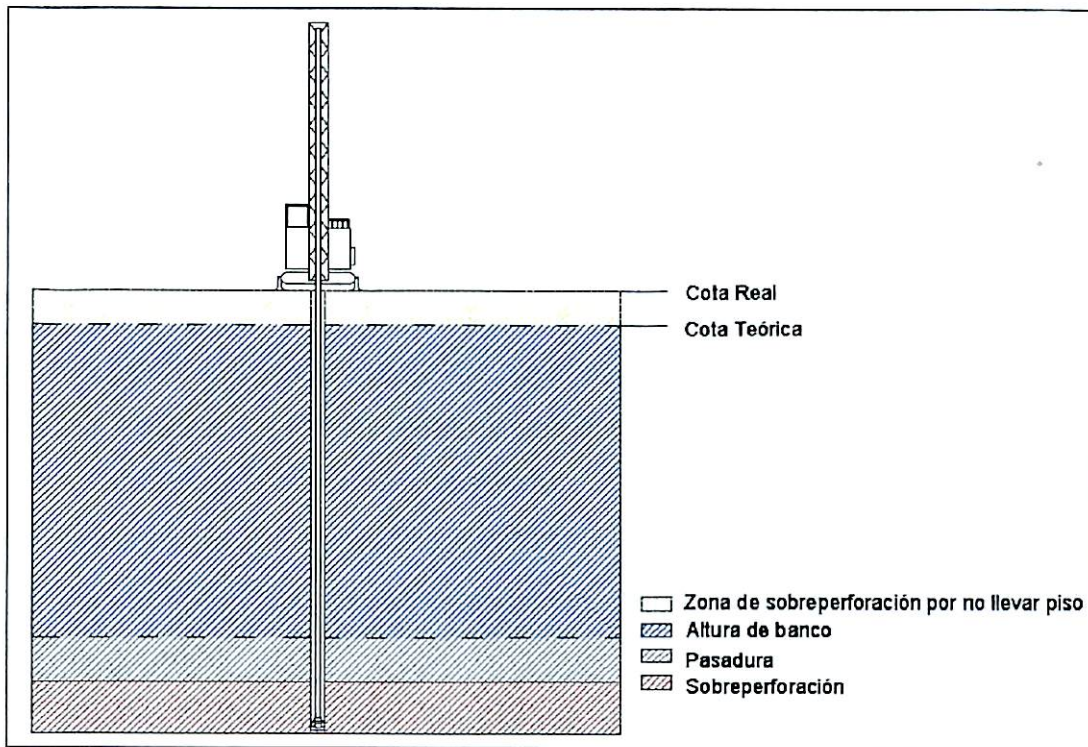


Fig. 7.2 Sobreperforación por no llevar el nivel de Piso

Con el nuevo sistema GPS de alta precisión se podrá controlar en tiempo real la cota real que llevan los equipos, por lo cual el operador de la pala podrá darse cuenta si está llevando un nivel de piso adecuado o si hay que detener la pala en el instante óptimo para el arreglo de la cancha.

Con esto se obtiene las siguientes ventajas del sistema GPS con relación al nivel de piso.

7.2.1.3 Ventajas que se Obtienen al Cumplir con el Nivel de Piso

- ❖ Continuidad operativa del tiempo efectivo
- ❖ Dentro del tiempo efectivo, la pala no tendrá que interrumpir su operación de carguío. Ya que al existir detenciones, estas inciden en los rendimientos de la pala, al no existir continuidad en la fase de carguío.

- ❖ Mayor productividad de los equipos
- ❖ Se obtiene un mayor tonelaje en la producción por turno
- ❖ Aumento de la utilización efectiva de palas y camiones al reducirse los tiempos de traslado de pala y arreglos de cancha
- ❖ Disminución de tiempos por concepto de traslado de pala y arreglo de cancha (detenciones no programadas), lo que se traduce en un aumento en las horas efectivas de los equipos
- ❖ Se obtiene un menor costo unitario en las etapas de carguío, transporte, tronadura y movimiento de tierras
- ❖ Aumenta la productividad y utilización de los equipos
- ❖ Se obtiene un menor gasto en perforación al perforar los metros necesarios
- ❖ Ayuda a cumplir con los planes de producción diarios, mensuales y anuales
- ❖ Aumenta el tonelaje cargado
- ❖ Control y comparación en tiempo real gracias a la red inalámbrica de 2.4 Ghz, de la cota real versus la teórica
- ❖ Se obtiene un adecuado desarrollo de expansiones.
- ❖ Controla el nivel de piso y cumple con los planes de producción

A su vez como beneficio operacional se tiene que al ocupar de manera adecuada este sistema por parte del operador de la pala, es posible excavar en la construcción de una rampa, es decir, excavar en pendiente.

7.2.2 Control de la Línea de Programa (lp)

La línea de programa es aquella que limita en forma paralela o perpendicular el avance de la pala. Esta línea es la que define el ancho del banco superior en la que se encuentra la pala (Ver capítulo 2).

Generación de la línea de Programa

La línea de programa es calculada por planificación de acuerdo a los planes de producción de la mina y por condiciones geomecánicas de estabilidad de talud.

Esta información planificación la genera en Autocad, señalando las coordenadas de los límites de la línea de programa. Esta información es enviada a topografía la cual tiene como función marcar en terreno mediante la utilización de estacas los límites de la línea de programa.

A su vez planificación envía esta información a Modular y desde aquí a los equipos de campo en forma gráfica.

El cumplir o no con la línea de programa traerá como consecuencias desviaciones positivas o negativas en la producción programada y en los gastos de operación (Ver Figura 7.3).

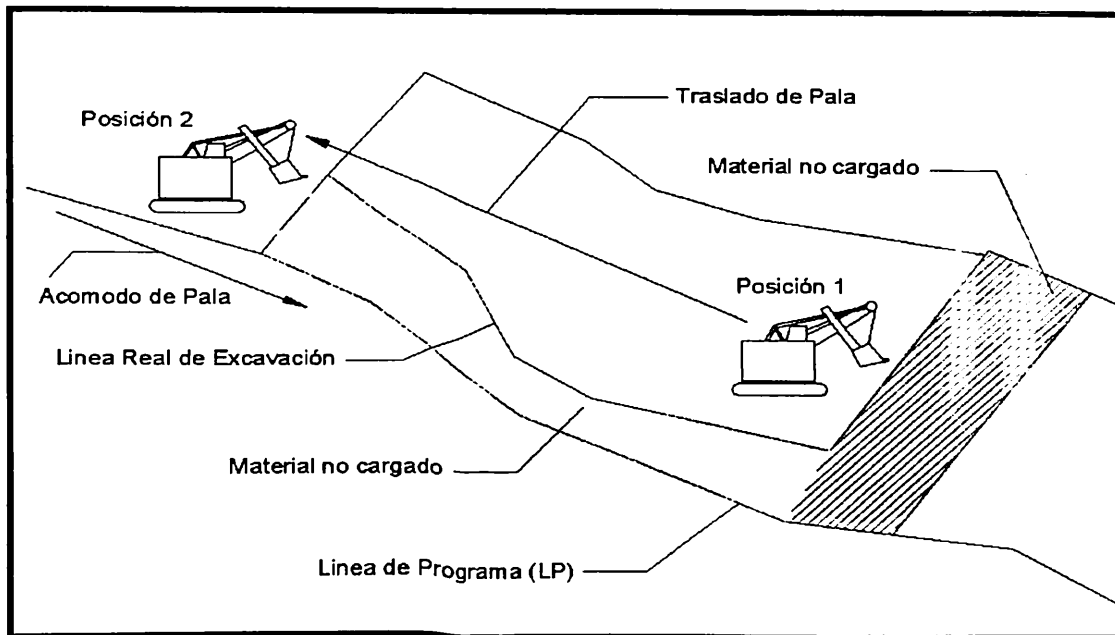


Fig. 7.3 Representación del cumplimiento de la Línea de Programa

7.2.2.1 Desventajas al no Llevar una Línea de Programa

Disminución en las horas efectivas y en la productividad de palas y camiones.

Cuando la pala no está llevando la línea de programa en función de su avance, esta deberá en algún instante determinado devolverse a cargar el volumen no cargado y con ello cumplir con la línea de programa.

Cuando la pala se devuelve existe un tiempo no efectivo (Det. No Programada), llamado traslado de pala y en la fase de carguío un acomodo de pala con mayor frecuencia, esto significa una disminución en las horas efectivas y a su vez una baja en la productividad de la pala y en los camiones, al no tener fuente de carguío (Ver Figura 7.4).

A su vez cuando la pala carga en línea de programa, las condiciones estrechas de carguío hacen que los ciclos de carguío aumenten y con ello el rendimiento efectivo del equipo disminuye a un 78% de acuerdo a un análisis estadístico realizado en terreno.

Aumento en el costo unitario por proceso unitario

Al no cumplir con los planes de producción establecidos se obtiene como consecuencia un aumento en el costo unitario por cobre y molibdeno fino producido contenido en concentrado.

Mal desarrollo de las expansiones

Como consecuencia de no llevar la línea de programa se tiene como resultado el mal desarrollo de las expansiones futuras de la mina, principalmente las expansiones inferiores del rajo, esto referido a tonelaje y a topografía de las expansiones.

Esto se debe a que los bancos de producción poseen un determinado ancho establecido de acuerdo a condiciones geomecánicas. Por tal motivo el ancho resultante en las expansiones inferiores de la mina será menor, con el fin de asegurar la estabilidad de taludes. Esto tiene como consecuencia un impacto en las toneladas cargadas totales y de mineral principalmente.

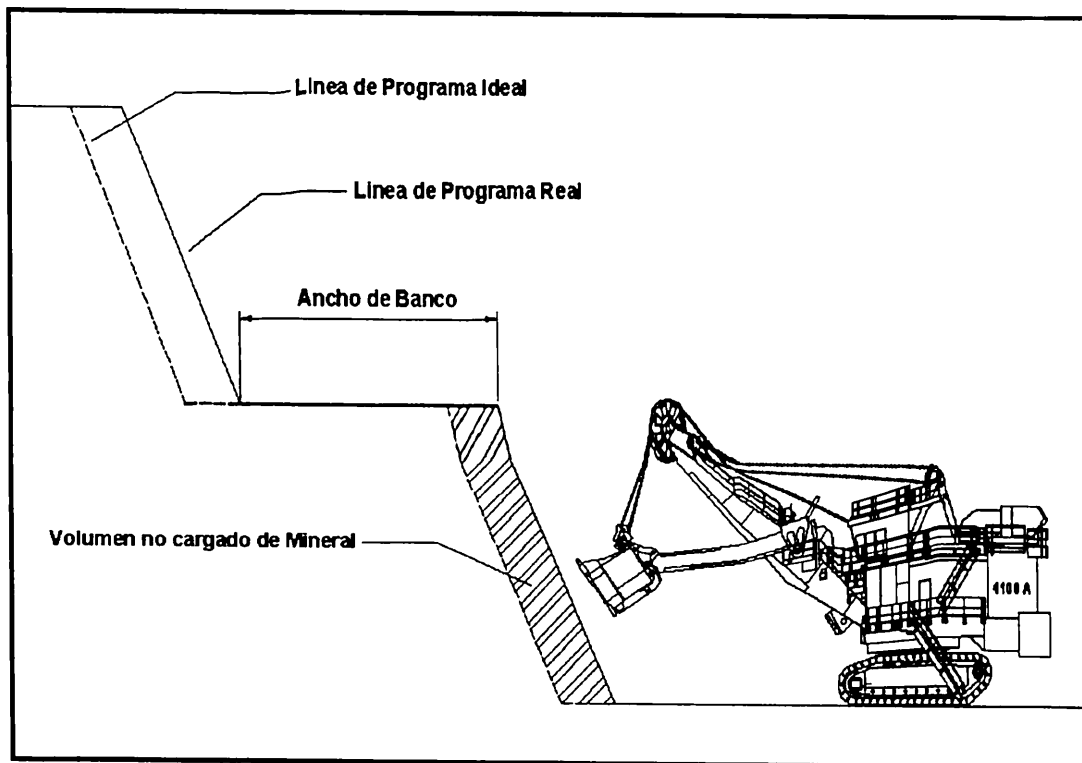


Fig. 7.4 Volumen de material no cargado por Línea de Programa.

Con la implementación del GPS de alta precisión, el operador de palas podrá ir controlando en tiempo real el cumplimiento de la línea de programa, mediante la correcta utilización de esta herramienta, usando para esto la consola gráfica color, la cual es la principal herramienta con la que cuenta el palero respecto a información GPS.

7.2.2.2 Ventajas al Cumplir la Línea de Programa (LP)

Estas ventajas se obtienen a partir de la adecuada utilización del sistema GPS de alta precisión y de la red inalámbrica de 2.4 Ghz.

- ❖ Aumento de las Horas efectivas y de la productividad en Palas y camiones

Con la nueva implementación del GPS, el operador de la pala podrá ir siguiendo en tiempo real el avance de la pala con respecto a la línea de programa. Esto significa que al ir controlando la línea de programa, los tiempos por traslado de pala y acomodo de pala, se reducirán como consecuencia del cumplimiento de la línea de programa.

Este beneficio significa una aumento en las horas efectivas y con ello el beneficio en la productividad en palas y camiones.

A su vez y como consecuencia de cargar en una frente adecuada (no estrecha ni encajonada), se obtiene un cumplimiento en los rendimientos normales de la pala (Ver tabla 7.1 y Fig. 7.5)

Año X			
Flota	Rendimiento en LP	Rendimiento Caso base	Baja en el Rendimiento
73 yd ³	5500	6766	81,29%
56 yd ³	4071	5298	76,84%
34 yd ³	2154	2837	75,92%

Tabla 7.1 Rendimientos en Línea de Programa y Rendimientos en condiciones normales de carguío (Ton/Hr efectiva). Fuente: Información adquirida en terreno

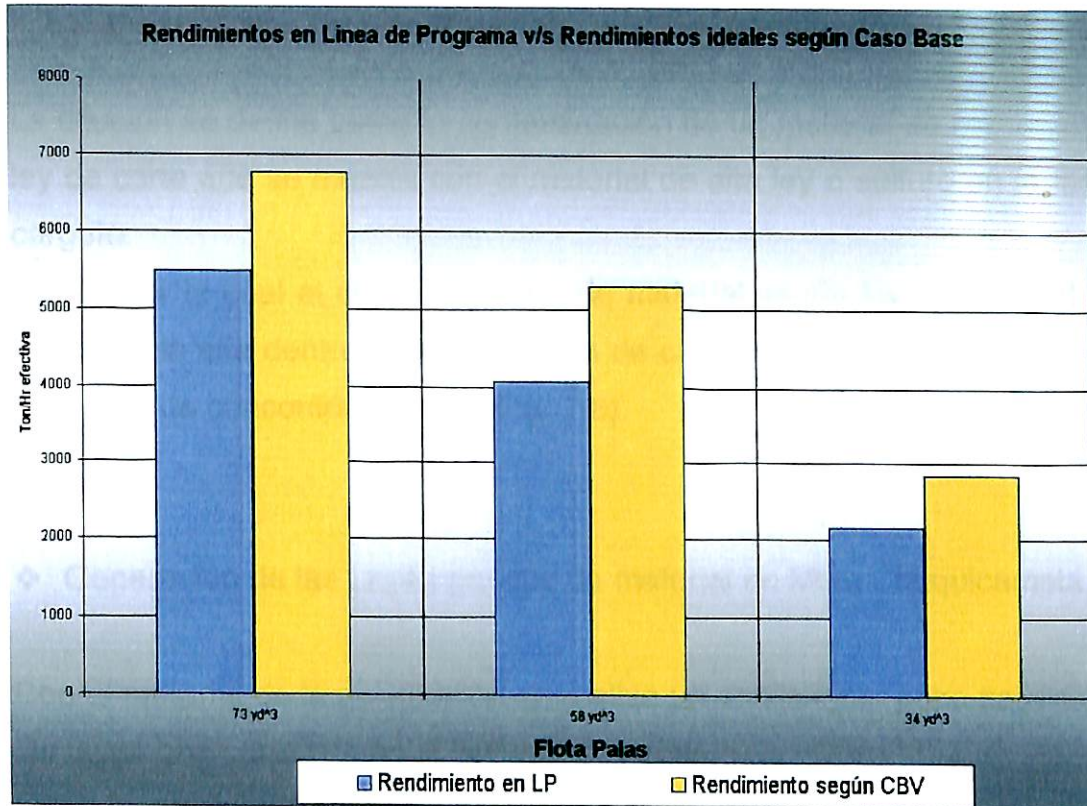


Fig. 7.5 Gráfico comparativo de los Rendimientos en Línea de Programa y Caso Base

Reducción del costo unitario total MINCO. con el aumento en la productividad, se obtiene como consecuencia una reducción en los costos unitarios por cobre y molibdeno fino contenido en concentrado, esto a raíz de invertir solamente en insumos.

Adecuado desarrollo de expansiones

Al llevar una línea de programa adecuada establecida por planificación, se obtiene como beneficio el cumplir con condiciones geomecánicas de la estabilidad de taludes, ello significa el cumplimiento de los desarrollos de las expansiones inferiores en términos de productividad y el hecho de obtener un volumen mayor de mineral a la vista.

7.2.3 Control por Tipo de Material: Dilución

La dilución se define como la contaminación de un material de menor ley a la ley de corte que se mezcla con el material de alta ley o sulfuro en la fase de carguío.

Razón por la cual el control por tipo de material según ley, se hace de una importancia alta dentro de la operación de carguío con el fin de optimizar los procesos de concentración (Ver Fig. 7.6).

❖ Generación de las Leyes por tipo de material en Mina Chuquicamata.

Con el material de la perforación se realiza un análisis por pozo para calcular las leyes que caracterizan al banco por cargar.

Cuando existe un cambio por tipo de material según ley, se calculan las distancias medias entre pozos con el fin de clasificar al banco según material.

Posteriormente topografía toma en terreno las coordenadas del banco por tipo de material y se las envía a planificación.

Planificación envía esta información a Modular en formato Autocad, y desde aquí se envía la información a las palas en formato ASCII. A su vez se ingresa al sistema Dispatch, información de ley por pala y expansión.

La información que recibe las unidades de campo contiene datos de leyes y coordenadas por banco y clasificados por polígonos según ley y nombre de éste.

7.2.3.1 Desventajas por Mezcla de Material: Dilución

La principal desventaja por mezcla de material es la reducción de las leyes de sulfuro enviadas a chancado, esto por la mezcla principalmente de sulfuro de baja ley con una ley menor a 0.5 % (Figura 7.6). Por lo que al cubicar la zona real cargada por la pala nos da como resultado una ley inferior a la ley programada.

Como consecuencia de la falta de cumplimiento de las leyes para el proceso de concentración, se obtiene un costo unitario por fino contenido en concentrado mayor, esto por la falta de utilización de los recursos tanto en chancado, molienda y en la etapa de flotación.

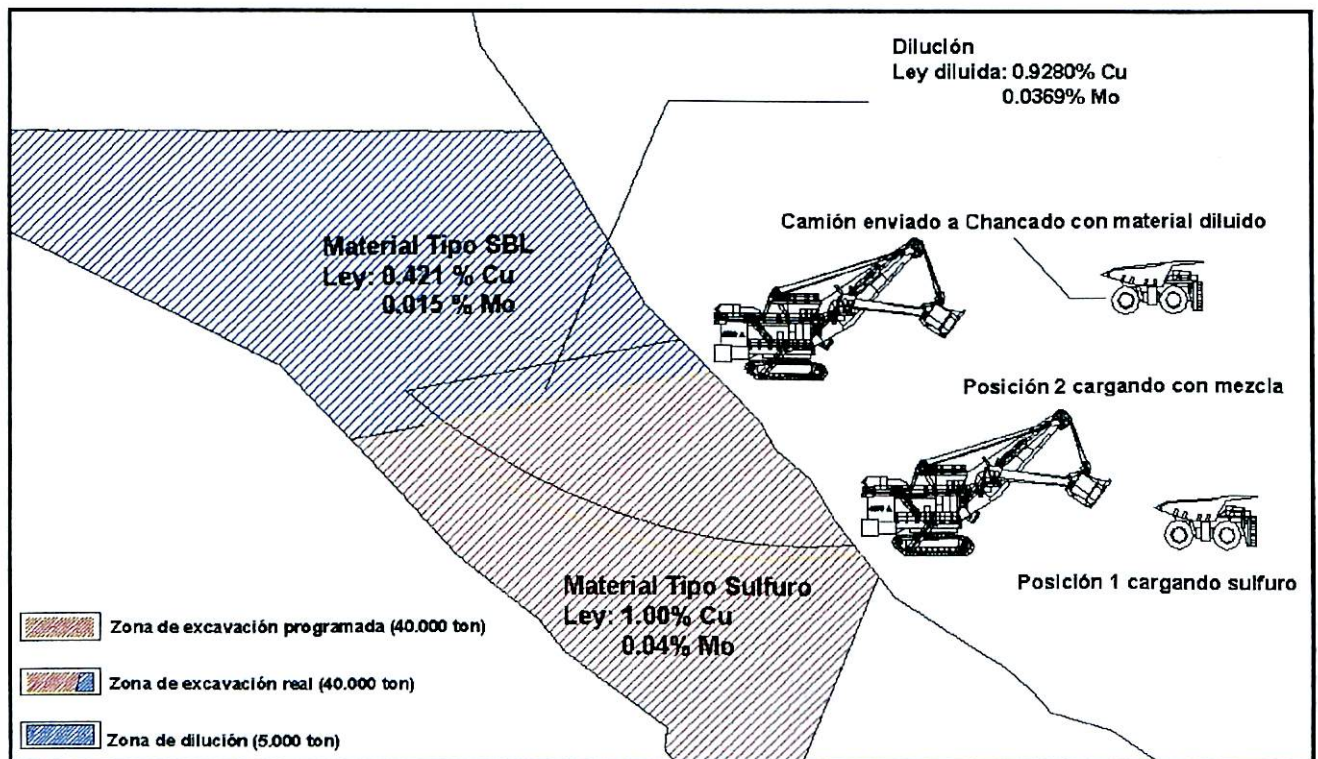


Fig. 7.6 Dilución actual en Mina Chuquicamata

7.2.3.2 Ventajas del Control por Tipo de Material: Dilución

Con la implementación del GPS de alta precisión se podrá tener un control por tipo de material según ley. Estas ventajas son las siguientes:

- ❖ Se obtiene un cumplimiento de las leyes requeridas por chancado, lo que se traduce en una disminución del costo unitario por fino contenido en concentrado al invertir solo en insumos.

- ❖ Es posible tener un control selectivo por tipo de material en la fase de carguío, es decir, la pala puede cargar por cada lado, en el caso de cargar por ambos lados, materiales distintos.

Con lo anterior y con la correcta utilización del Dispatch, es posible despachar a camiones provenientes de una misma pala, a dos destinos diferentes, con lo cual también existe un control por mezcla al administrar en forma óptima el material transportado por camiones (Fig. 7.7), Ejemplo: Pala 96 esta enviando camiones a Chancado y a Botadero.

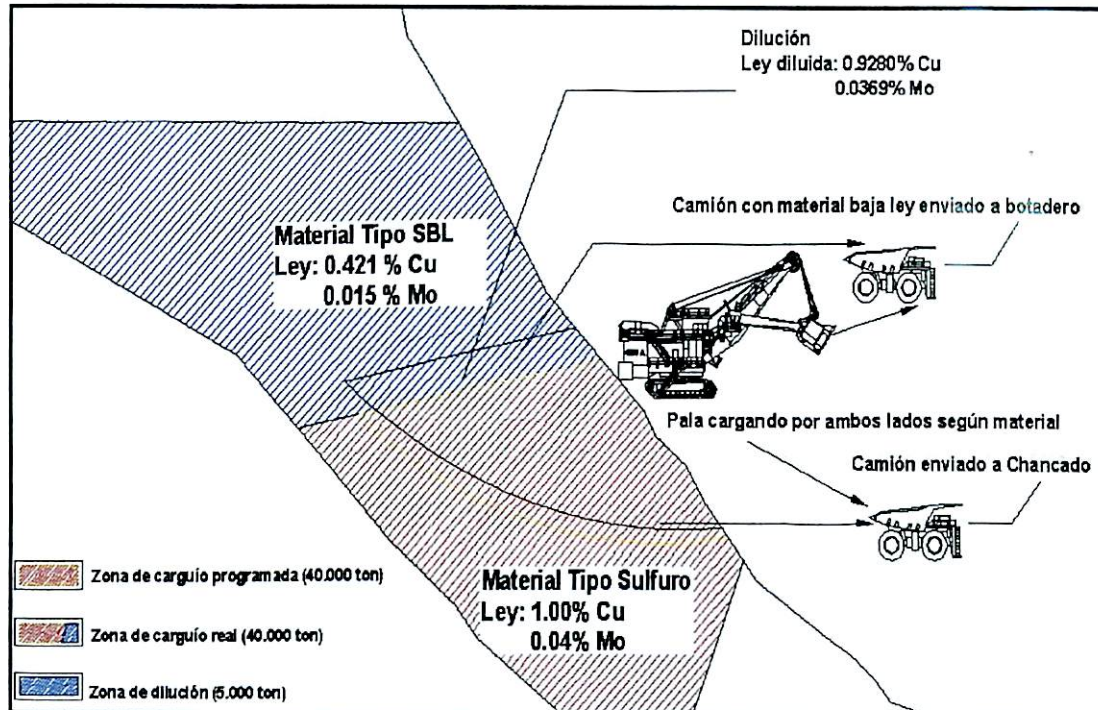


Fig. 7.7 Control por tipo de material utilizando tecnología GPS de alta precisión.

7.3 Factores que Inciden en el Cumplimiento del Beneficio: Nivel de Piso, Línea de Programa y Control Dilución

El cumplir o no, con los valores esperados de los beneficios, va a pasar por realizar mejoras en las prácticas operacionales y tener un buen concepto del significado de la tecnología GPS, por parte de operadores y supervisores de las operaciones en mina Chuquicamata.

Los factores que perjudican el cumplimiento de los beneficios del sistema GPS, están bajo la responsabilidad y compromiso de la unidad de carguío de palas y de las otras unidades de operación mina.

7.3.1 Responsabilidades Asociadas al Cumplimiento de los Beneficios

7.3.1.1 Responsabilidades Internas

Unidad Carguío de Palas

Tiene la responsabilidad y compromiso de asegurar el cumplimiento de los niveles de piso usando para ello la tecnología de alta precisión GPS.

Las personas involucradas dentro de la unidad para asegurar la funcionalidad del sistema son las siguientes:

Jefe Unidad Carguío de Palas

Operadores Mayores

Operadores Especialistas

Los cuales tienen como función aplicar y supervisar la optima operación del sistema GPS y del cuidado de sus dispositivos

7.3.1.2 Responsabilidades Externas

La responsabilidad externa del compromiso nivel de piso esta sujeta a varias unidades de operación de la mina. Las cuales son las siguientes:

Unidad Movimiento de tierras

Que tiene como función principal interactuar con el operador de la pala con el fin de ir corrigiendo desniveles en forma continua, utilizando para ello la herramienta GPS.

Unidad de Tronadura

Tiene como función realizar una adecuada secuencia de tronadura, con el fin de dejar una frente de carguío en óptimas condiciones para cargar y con ello cumplir con los niveles de piso esperados, al tener una mejor penetración la pala en la frente.

Modular Mining Systems Inc.

La empresa modular tiene como función principal asegurar una alta disponibilidad del sistema GPS y de comunicaciones, para ello deberá prestar una adecuada mantención y soporte a todos los dispositivos de los sistemas GPS y de red inalámbrica, esto para asegurar la funcionalidad del sistema y con ello el cumplimiento de los niveles de piso esperados.

Disponibilidad Satelital

El sistema al tener un número adecuado de satélites podrá realizar cálculos en forma confiable de la ubicación de la pala. En caso contrario, la Confiable de la lecturas hace que sea imposible utilizar de manera segura las lecturas GPS. Esto ocurre generalmente cuando la pala se

encajona en los niveles inferiores de la mina o por que el sistema no posee satélites a la vista.

7.4 Cuantificación de los Beneficios que sé Obtendrán con la Implementación del Sistema GPS de Alta Precisión en la Unidad Carguío Palas.

Para realizar esta cuantificación de los beneficios, es necesario conocer la norma en la cual se mide la gestión en la unidad carguío palas.

Esta norma es la llamada Norma Asarco (Ver Figura 7.8), la cual define y clasifica tiempos e indicadores de operación.

Asarco es una herramienta muy utilizada en Mina Chuquicamata para medir la utilización de un equipo y a la vez indica las falencias operativas que están perjudicando la óptima utilización de este.

Razón por la cual se utilizó esta norma con el fin de identificar aquellas variables medidas en tiempo en la cual puede incidir el GPS de alta precisión.

7.4.1 Esquema Global de la Norma Asarco

Distribución de Tiempos						
Nominales						
Disponibles				Fuera de Servicio		
				Mec. Terrano	Mantenion	NoDispMan
Operativos			Reserva			
Efectivos	Detención		Perd. Operacional			
	Prog	No Prog	Esperas			

Fig.7.8 Esquema Norma Asarco

7.4.1.1 Distribución de Tiempos

Nominal: es el tiempo total del periodo de medición.

Ejemplo: el tiempo nominal de un día son 24 horas

Disponible: es el tiempo que el equipo esta mecánicamente habilitado para trabajar

Fuera de Servicio: es el tiempo que un equipo esta fuera de servicio ya sea por mantención programada o imprevistos eléctricos o mecánicos ocurridos durante la operación.

Operativo: es el tiempo en que el equipo esta siendo utilizado por un operador, cumpliendo labores relacionadas directamente a la producción.

Reserva: es el tiempo en que el equipo esta mecánicamente habilitado para trabajar, pero que no esta realizando dicha labor por razones tales como: Falta de operador, pala cumplió cuota de producción o no tiene camiones asignados por alguna prioridad de otra pala en un instante determinado.

Efectivo: es el tiempo en que el equipo se encuentra realizando las labores habituales de producción, en caso de las palas se refiere a: Tiempo cargando, Tiempo de giro cargado, Tiempo de descarga en camiones, Tiempo de giro descargado.

Detención Programada: es el tiempo en que el equipo está fuera de su labor por un periodo determinado, no tiene problemas electro mecánicos y que son solo por entrada – salida de turno y colación.

Detención no programada: es el tiempo en que un equipo está fuera de su labor por un periodo determinado, no teniendo problemas eléctrico – mecánicos, por ejemplo:

Arreglos de Cancha

Traslado de Pala

Acomodo de Pala

Mover pala por tronadura

Pérdidas Operacionales: son los tiempos en los cuales el equipo no esta cumpliendo las labores para el cual fue diseñado, por ejemplo para palas es el tiempo en el cual debe esperar camiones para cargar.

Con esta distribución de tiempos es posible optimizar el tiempo efectivo mediante un análisis de gestión. Este análisis de gestión también esta normado por la Norma Asarco, la cual entrega indicadores de gestión que se

utilizan con el fin de realizar estudios relacionados con la operación para identificar falencias y con ello optimizar estas, para aumentar la efectividad del equipo.

7.4.1.2 Indicadores de Gestión

Los indicadores de gestión son aquellos índices que se utilizan para evaluar la efectividad de un equipo y identificar sus falencias en función de la distribución de tiempos. Estos índices son los siguientes:

Disponibilidad: indica la utilización del tiempo disponible en función del tiempo nominal. Este índice se utiliza para conocer el porcentaje fuera de servicio de un equipo. Se calcula de la siguiente manera:

$$Disponibilidad\% = \left(\frac{TiempoDisponible}{TiempoNominal} \right) \times 100$$

Utilización Efectiva: es la utilización efectiva del equipo en función disponible, es decir indica cuanto se utilizó realmente el equipo del tiempo disponible. Se calcula de la siguiente manera:

$$UtilizaciónEfectiva\% = \left(\frac{TiempoEfectivo}{TiempoDisponible} \right) \times 100$$

Rendimiento efectivo: son las toneladas cargadas por hora efectiva de un periodo determinado. Se calcula de la siguiente manera.

$$\text{RendimientoEfectivo(Ton / hrEfectiva)} = \left(\frac{\text{ToneladasCargadas}}{\text{HorasEfectivas}} \right)$$

7.4.2 Situación Actual Mina Chuquicamata Según Caso Base: Indicadores de Gestión

El escenario actual y proyectado según caso base sin la implementación del GPS en términos de productividad y gestión por pala y total flotas es el siguiente:

Distribución de Tiempos Caso Base para la Unidad Carguío Palas

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE PALAS CASO BASE VIGENTE							
	Pala yd ³	Nº de equipos	Días Año	Horas Nominales	Horas Fuera de Servicio	Horas disponibles	Horas efectivas
0	34	6	362	52128	6880,9	45247,10	27210,78
	56	2	362	17376	2258,9	15117,12	9105,03
	73	3	362	26064	2606,4	23457,60	14126,69
1	34	6	362	52128	6880,9	45247,10	28097,00
	56	2	362	17376	2328,4	15047,62	9348,29
	73	3	362	26064	2814,9	23249,09	14413,38
2	34	4	362	34752	4622,0	30129,98	19113,60
	56	3	362	26064	3310,1	22753,87	14413,40
	73	3	362	26064	3127,7	22936,32	14543,70
3	34	2	362	17376	2397,9	14978,11	9608,93
	56	3	362	26064	3466,5	22597,49	14517,64
	73	4	362	34752	4031,2	30720,77	19704,39
4	34	0	362	0,00	0,00	0,00	0,00
	56	4	362	34752	4483,0	30268,99	19600,13
	73	4	362	34752	3857,5	30894,53	19982,38

Tabla 7.2 Distribución de Tiempos según Caso Base por año y por pala (2003-2007), numerados según proyecto de 0 a 4 años.

DISTRIBUCION DE TIEMPOS TOTAL FLOTAS SEGUN CASO BASE VIEGENTE							
Año	Total Flotas	Nº de equipos	Días Año	Horas Nominales	Horas Fuera de Servicio	Horas disponibles	Horas efectivas
0	Palas	11	362	95568	11746,2	83821,82	50442,50
1	Palas	11	362	95568	12024,2	83543,81	51858,7
2	Palas	10	362	86880	11059,8	75820,18	48070,7
3	Palas	9	362	78192	9895,6	68296,37	43831,0
4	Palas	8	362	69504	8340,48	61163,52	39582,51
Total				330144	41320,1	288823,9	183342,8

Tabla 7.3 Distribución de Tiempos según Caso Base por año y por total flotas (2003-2007)

Indicadores de Gestión Caso Base para la Unidad Carguío Palas

INDICADORES DE GESTIÓN UNIDAD CARGUÍO PALAS SEGÚN CASO BASE VIGENTE						
	Pala yd ³	Nº de equipos	Disponibilidad %	Utilización efectiva %	Toneladas cargadas Ton	Ton/hr efectiva
0	34	6	86,8%	60,1%	77.185.000	2836,56
	56	2	87,0%	60,2%	48.241.000	5298,28
	73	3	90,0%	60,2%	95.575.000	6765,56
1	34	6	86,8%	62,1%	80.941.000	2880,77
	56	2	86,6%	62,1%	50.588.000	5411,47
	73	3	89,2%	62,0%	106.235.000	7370,58
2	34	4	86,7%	63,4%	53.783.000	2813,86
	56	3	87,3%	63,3%	75.632.000	5247,34
	73	3	88,0%	63,4%	105.885.000	7280,47
3	34	2	86,2%	64,2%	25.964.000	2702,07
	56	3	86,7%	64,2%	73.024.000	5030,02
	73	4	88,4%	64,1%	136.312.000	6917,85
4	34	0	0,0%	0,0%	0,00	0,00
	56	4	87,1%	64,8%	98.042.000	5002,11
	73	4	88,9%	64,7%	137.258.000	6868,95

Tabla 7.4 Indicadores de Gestión según Caso Base por año y por pala (2003-2004)

INDICADORES DE GESTIÓN TOTAL FLOTAS UNIDAD CARGUÍO PALAS SEGÚN CBV

Año	Pala yd ³	Nº de equipos	Disponibilidad %	Utilización efectiva %	Toneladas cargadas Ton	Ton/hr efectiva
0	Palas	11	87,71%	60,18%	221.001.000,0	4381,245855
1	Palas	11	87,42%	62,07%	237.764.000,0	4584,84503
2	Palas	10	87,27%	63,40%	235.300.000,0	4894,873196
3	Palas	9	87,34%	64,18%	235.300.000,0	5368,352301
4	Palas	8	88,00%	64,72%	235.300.000,0	5944,544212
Total			87,48%	63,48%	943.664.000,0	5146,991058

**Tabla 7.5 Indicadores de Gestión según Caso Base por año y por Flota Total
(2003-2004)**

7.4.3 Cuantificación de los Beneficios Operacionales con el Sistema GPS de Alta Precisión en Palas

Basándose en la descripción de los beneficios del GPS con relación al Nivel de Piso, Línea de Programa y Dilución. Se identificaron las variables medidas en tiempo que se relacionan al sistema GPS de alta precisión.

7.4.3.1 Nivel de Piso: Arreglos de Cancha por no Llevar el Nivel de Piso

Los tiempos identificados para este beneficio, son aquellos relacionados como consecuencia de no llevar un nivel de piso.

Estos tiempos son los arreglos de cancha y específicamente por no llevar el piso, el cual corresponde a una detención no programada, estos datos se obtuvieron de la base de datos del sistema Dispatch.

Con el objetivo de proyectar estos tiempos por arreglo de cancha se realizó una metodología de análisis con el propósito de realizar una proyección hasta el año 2007.

Metodología empleada

Se analizaron datos estadísticos de 12 muestras (meses), con relación al arreglo de cancha por no llevar piso, utilizando para ello información proporcionada por la base de datos del sistema de despacho Dispatch (Ver Anexo 3).

El arreglo de cancha se realiza generalmente en los medios turnos (colación), razón por la cual se restò este tiempo al total ya que en ese periodo la pala no se encuentra operando. Con esta información se realizó un análisis estadístico con el fin de conocer el comportamiento de las detenciones no programadas por arreglo de piso en base disponible, con el fin de encontrar alguna tendencia de comportamiento para realizar una proyección adecuada.

Se estudio el porcentaje de frecuencias de las detenciones no programadas por arreglo de piso en base disponible, obteniendo el siguiente resultado (Ver Tabla 7.6):

Equipo: Palas	Disponible	Horas s/turn	Frec.en Base Disponible	Frec. Por Flota
91	7014,7	22,13	0,32%	0,26%
92	7499,0	12,94	0,17%	
93	7349,7	29,17	0,40%	
94	6894,3	17,37	0,25%	
95	7197,0	18,68	0,26%	
96	7443,7	14,51	0,19%	
100	7455,0	11,89	0,16%	0,17%
101	7152,3	12,72	0,18%	
200	7395,5	9,66	0,13%	0,14%
230	7538,0	11,47	0,15%	
Desviación estándar			0,08%	0,06%

Tabla 7.6 Frecuencia de Detenciones no Programadas por arreglos de piso en base Disponible.

Los resultados de este análisis indican que este método es aplicable para la proyección de los tiempos por arreglo de cancha proyectados en base disponible hasta el 2007.

Tiempos por arreglo de cancha proyectados

Usando el método anterior se obtuvo por modelo de palas la frecuencia de arreglos de cancha por no llevar el piso.

Con esto se obtuvo las horas por arreglo de cancha proyectadas y que fueron consideradas como horas efectivas por pasar estos tiempos a efectivos al implementar el GPS de alta precisión (Ver Tabla 7.7).

Año	Modelo de Pala yd ³	Frecuencia por modelo de Pala	Horas Disponibles CB	Horas b=neficio
1	34	0,26%	45247,10	119,69
	56	0,17%	15047,62	25,36
	73	0,14%	23249,09	32,90
2	34	0,26%	30129,98	79,70
	56	0,17%	22753,87	38,34
	73	0,14%	22936,32	32,45
3	34	0,26%	14978,11	39,62
	56	0,17%	22597,49	38,08
	73	0,14%	30720,77	43,47
4	34	0,00	0,00	0,00
	56	0,17%	30268,99	51,00
	73	0,14%	30894,53	43,71

Tabla 7.7 Frecuencia y Proyección de tiempos arreglos de cancha en base disponible año 2004-2007

Con estas horas de beneficio se obtuvo un aumento en el tonelaje cargado el cual usando los rendimientos de las palas establecidos en caso base se pudo obtener las toneladas cargadas de beneficio al disminuir los tiempos por arreglo de cancha.

La siguiente tabla representa lo anterior.

	Pala yd ³	Ton carg/Hora efect	Horas beneficio	Ton cargadas de Beneficio	Toneladas total flotas
1	34	2880,77	119,69	344790,22	724462,84
	56	5411,47	25,36	137213,45	
	73	7370,58	32,90	242459,18	
2	34	2813,86	79,70	224262,65	661726,56
	56	5247,34	38,34	201190,85	
	73	7280,47	32,45	236273,05	
3	34	2702,07	39,62	107055,56	599289,12
	56	5030,02	38,08	191532,99	
	73	6917,85	43,47	300700,57	
4	34	0,00	0,00	0,00	555395,78
	56	5002,11	51,00	255131,99	
	73	6868,95	43,71	300263,79	

Tabla 7.8 Rendimientos de Palas y tonelaje beneficio por concepto Nivel de Piso

7.4.3.2 Línea de Programa (LP)

Para cuantificar el impacto de este beneficio, se identificaron aquellos eventos en los cuales interviene el beneficio cumplimiento línea de programa. Estos eventos de acuerdo a los beneficios entregados por GPS, son los tiempos mal empleados en traslado de pala y acomodo de pala, cuando no se cumple la línea de programa establecida.

Para cuantificar estos tiempos en forma proyectada con el fin de evaluar el sistema GPS de la empresa Modular Mining Systems, se utilizó la siguiente metodología de trabajo.

Metodología empleada

Se obtuvieron dos muestras estadísticas bajadas del sistema Dispatch (tabla 7.9), relacionadas con los tiempos totales de traslado de pala y acomodo de pala.

Estos tiempos involucran movimientos y acomodos por tronadura, cambio de frente de carguío, cambio de sector por frente de carguío muy dura, por cambio de alimentación y otras no especificadas, dentro de las cuales se encuentran los traslados de pala y acomodo de pala por volver a cumplir la línea de programa.

Equipo	Muestra 1 (6 meses)	
	Traslado Palas hrs	Acomodo Palas hrs
91	40:54:55	76:24:25
92	22:55:43	69:06:53
93	49:24:17	94:02:03
94	29:41:18	68:48:48
95	35:53:55	58:36:24
96	19:55:37	54:16:12
100	19:50:58	78:26:27
101	31:20:13	104:05:00
200	35:41:59	90:49:00
230	21:00:30	86:23:08
Subtotal hrs	306:39:25	780:58:20
Total hrs	1087:37:45	

Equipo	Muestra 2 (6 meses)	
	Traslado Palas hrs	Acomodo Palas hrs
91	39:45:01	81:19:49
92	36:09:11	59:33:15
93	40:11:05	91:20:09
94	26:12:19	70:50:42
95	32:04:54	47:05:55
96	53:13:58	86:30:00
100	17:27:48	77:42:16
101	40:59:59	105:39:50
200	36:46:39	90:17:53
230	35:07:36	85:20:49
Subtotal hrs	357:58:30	795:40:38
Total hrs	1153:39:08	

Tabla 7.9 Tiempos totales por concepto traslado de pala y acomodo de palas de dos muestras.

Estos tiempos se analizaron mediante la utilización de desviaciones estándares para cada evento por muestra, obteniéndose tendencias entre ambas muestras. Vale decir que las desviaciones entre la muestra numero 1 y la numero 2 con respecto a traslado de pala y acomodo de pala siguen una tendencia, ya que al obtener la desviación de sus desviaciones, esta nos da un valor cercano a 0 (Tabla 7.10)

Evento	Traslado de Pala		Acomodo de Pala	
	Muestra N° 1	Muestra N° 2	Muestra N° 1	Muestra N° 2
Desviación Estandar hrs	9:58:35	9:29:00	15:54:24	16:50:39
Desviación Total hrs	0:20:55		0:39:46	

Tabla 7.10 Análisis estadístico de los eventos traslado de pala y acomodo de pala

Una vez obtenido este análisis y con plena autoridad se sumaron las dos muestras, el que posteriormente se trabajo en base disponible analizando a su vez con desviaciones para comprobar la tendencia que siguen estos tiempos (Tabla 7.11).

Estadística de un año					
Equipo	Traslado Palas	Acomodo Palas	Total	Hrs Efectivas	Hrs Disponibles
91	80:39:56	157:44:14	238:24:10	3652,8	7014,700
92	59:04:54	128:40:08	187:45:02	4926,2	7499,000
93	88:35:22	185:22:12	274:57:34	4218,4	7348,700
94	55:53:37	139:39:30	195:33:07	3857,8	6894,300
95	67:58:49	105:42:19	173:41:08	3845,2	7197,000
96	73:09:35	140:46:12	213:55:47	3656,2	7443,700
100	37:18:46	156:08:43	193:27:29	4813,5	7455,000
101	72:20:12	209:44:50	282:05:02	4432,7	7152,300
200	72:28:38	181:06:53	253:35:31	4122,1	7395,500
230	56:08:06	171:43:57	227:52:03	4338,8	7538,000
Subtotal	664:37:55	1576:38:58	2241:16:53	41862,7	72939
Total	2241:16:53				

Frecuencia de traslado y acomodo de Pala en base disponible					
Equipo	Traslado Palas	Acomodo Palas	Total	Total Traslado de Pala	Total Acomodo de Pala
91	1,150%	2,248%	3,398%	0,982%	1,979%
92	0,788%	1,716%	2,504%		
93	1,219%	2,522%	3,741%		
94	0,811%	2,026%	2,836%		
95	0,845%	1,470%	2,414%		
96	0,883%	1,891%	2,874%		
100	0,501%	2,095%	2,595%	0,756%	2,514%
101	1,011%	2,933%	3,944%		
200	0,980%	2,451%	3,431%	0,862%	2,365%
230	0,745%	2,278%	3,023%		
Subtotal	0,911%	2,162%	3,073%		
Desviación Sx	0,209%	0,422%	0,530%	0,113%	0,276%

Tabla 7.11 Traslado y acomodo de pala en Base Disponible

Ahora sobre la base de información estadística sé ha determinado que del tiempo total traslado de pala el 6 % aproximadamente corresponde por causa de no llevar la línea de programa, y para el caso de acomodo de pala este es de alrededor de un 5 %.

En base a lo anterior se obtuvieron las siguientes horas por concepto de traslado de pala y acomodo de pala, por no cumplir con la línea de programa. Estas se calcularon en base a la información presentada y a las horas disponibles según caso base.

Estas horas de aquí en adelante se consideraran como efectivas como consecuencia de ser uno de los beneficios que entregara teóricamente el sistema GPS en palas, resultando como consecuencia un beneficio en las toneladas cargadas usando para esto los rendimientos ideales según caso base (Tablas 7.12).

Tiempo Total beneficio por Linea de Programa

Año	Flotas	Rendimiento CB	Traslado de Pala hrs	Acomodo de Pala hrs	Total Tiempo beneficio hrs
1	34 yd ³	2880,77	26,67	44,77	71,44
	56 yd ³	5411,47	8,87	14,89	23,76*
	73 yd ³	7370,58	13,71	23,00	36,71
2	34 yd ³	2813,86	17,76	29,81	47,57
	56 yd ³	5247,34	13,41	22,51	35,93
	73 yd ³	7280,47	13,52	22,69	36,21
3	34 yd ³	2702,07	8,83	14,82	23,65
	56 yd ³	5030,02	13,32	22,36	35,68
	73 yd ³	6917,85	18,11	30,40	48,51
4	34 yd ³	0,00	0,00	0,00	0,00
	56 yd ³	5002,11	17,84	29,95	47,79
	73 yd ³	6868,95	18,21	30,57	48,78

Toneladas cargadas por beneficio Linea de Programa

Año	Flotas	Traslado de Pala	Acomodo de Pala	Total	Total Flotas
		Toneladas cargadas	Toneladas cargadas	Toneladas cargadas	Toneladas cargadas
1	34 yd ³	76.838,16	128.967,44	205.805,60	604.937,06
	56 yd ³	48.002,13	80.568,20	128.570,33	
	73 yd ³	101.014,84	169.546,29	270.561,13	
2	34 yd ³	49.978,01	83.884,57	133.862,58	586.038,38
	56 yd ³	70.383,70	118.134,09	188.517,79	
	73 yd ³	98.437,54	165.220,48	263.658,01	
3	34 yd ³	23.857,85	40.043,72	63.901,56	578.922,76
	56 yd ³	67.005,04	112.463,24	179.468,28	
	73 yd ³	125.279,72	210.273,20	335.552,92	
4	34 yd ³	0,00	0,00	0,00	574.126,67
	56 yd ³	89.254,22	149.806,93	239.061,16	
	73 yd ³	125.097,75	209.967,77	335.065,52	

Tablas 7.12 Horas beneficio y tonelaje beneficio al cumplir Línea de Programa.

7.4.3.3 Control Dilución

Para cuantificar este beneficio se identificó la variable que incide principalmente en la contaminación del mineral sulfurado de alta ley.

Esta variable resultó siendo el material sulfurado de baja ley (menor a 0.5 % de Cu). El cual perjudica a la ley fina de cobre enviada a chancado y la ley de molibdeno

Para esto se buscó información estadística con el fin de conocer el volumen medido en toneladas de material sulfurado de baja ley que había contaminado al material sulfurado para proceso (Ver Anexo 3).

Se analizó la dilución para el total de las toneladas cargadas según caso base y para las toneladas de beneficio Línea de Programa y Nivel de Piso.

Análisis Toneladas cargadas según Caso Base

Muestras	Mineral cargado Ton	SBL cargado Ton	% Contaminación
Año 1	57.002.267	753.184	1,321%
Año 2	56.945.076	666.339	1,170%
Año 3	61.921.053	708.900	1,145%
Desviación %			0,095%

Tabla 7.13 Porcentaje de sulfuro de baja ley contenido en mineral.

Al observar la tabla anterior se puede establecer que existe una tendencia con relación a las toneladas de contaminación en mineral.

Se utilizó como indicador de proyección un porcentaje ponderado del porcentaje de contaminación en mineral, el cual fue el cuantificador de las toneladas cargadas de SBL mezcladas en mineral de cada uno de los años de duración del proyecto. Este valor corresponde a: 1.21% de SBL en Mineral.

En base a lo anterior se obtuvo como resultado las siguientes toneladas de mineral usando para ello el porcentaje de contaminación, como el que se muestra en la tabla 7.12.

A su vez se obtuvo a partir de una media móvil ponderada, las leyes de Cu y Mo de Sulfuro de baja ley a partir del tonelaje de SBL obtenido. Con esto se pudo calcular la ley final de Cu y Mo, ya contaminada por las toneladas de SBL, utilizando para ello las leyes ideales según caso base y las leyes obtenidas de SBL, con sus respectivos tonelajes, para Cobre y Molibdeno respectivamente (Tabla 7.13 y 7.14).

Año	Ley Ideal	Ley en SBL	Ton total de Mineral	Ton Mineral con Ley ideal	Ton de SBL	Ley Final	Ley beneficio
1	1,00%	0,438 %	61.342.271,85	60.537.544,29	804.728	0,99 %	0,0074%
2	0,95%	0,444 %	61.075.106,04	60.267.723,48	807.383	0,94 %	0,0067%
3	0,97%	0,446 %	60.768.306,40	59.964.979,58	803.327	0,96 %	0,0069%
4	1,01%	0,442 %	61.188.735,12	60.379.850,44	808.885	1,00 %	0,0075%

* Las toneladas de mineral con ley ideal se obtuvo mediante la diferencia de las toneladas totales de mineral y la de SBL

Tabla 7.14 Leyes ideales y diluidas de cobre

se produce como consecuencia del control del nivel de piso, lo que hace que la perforación sea más eficiente al reducirse el factor metro perforado por tonelada cargada.

Caso Base establece lo siguiente 2004-2007:

ITEM/Año	1	2	3	4
Producción mts	1.735.500,00	1.655.300,00	1.638.700,00	1.731.300,00
Ton cargadas	257.730.000,00	257.020.000,00	257.020.000,00	257.020.000,00
Mts/ton cargada	0,00673	0,00644	0,00638	0,00674

Tabla 7.16 Producción según caso base Mina Chuquicamata 2004-2007

Basándose en lo anterior y ocupando los indicadores metros perforados por tonelada cargada se pudo obtener el total de metros perforados en función del tonelaje total cargado según caso base mas las toneladas cargadas por beneficio nivel de piso y línea de programa. En este caso no fue considerado la reducción de los metros perforados como consecuencia del cumplimiento del nivel de piso (Ver Anexo 2).

ITEM GPS	1	2	3	4
Producción mts	1.744.451,90	1.663.336,05	1.646.212,01	1.738.908,52
Ton cargadas	259.059.399,90	258.267.764,94	258.198.211,89	258.149.522,45
Mts/ton cargada	0,00673	0,00644	0,00638	0,00674

Tabla 7.17 Producción de metros perforados según tonelaje cargado 2004-2007

Año	Ley Ideal	Ley en SBL	Ton total de Mineral	Ton Mineral con Ley ideal	Ton de SBL	Ley Final	Ley beneficio
1	0,046 %	0,013 %	61.342.271,85	60.537.544,29	804.728	0,04557 %	0,0004%
2	0,048 %	0,012 %	61.075.106,04	60.267.723,48	807.383	0,04753 %	0,0005%
3	0,036 %	0,011 %	60.768.306,40	59.964.979,58	803.327	0,03567 %	0,0003%
4	0,038 %	0,012 %	61.188.735,12	60.379.850,44	808.885	0,03766 %	0,0003%

* Las toneladas de mineral con ley ideal se obtuvo mediante la diferencia de las toneladas totales de mineral y la de SBL

Tabla 7.15 Leyes ideales y diluidas de Molibdeno.

Análisis de dilución por beneficio Línea de Programa y Nivel de Piso

Para este caso el análisis de estos beneficios se realizó en la evaluación económica ya que las toneladas cargadas por Línea de Programa y Nivel de Piso se evaluaron por separado con las leyes diluidas y con las leyes beneficio de Cobre y Molibdeno. Ya que el fin del beneficio por concepto de dilución era estimar las leyes diluidas y leyes beneficio, eso fue realizado en el análisis de las toneladas de mineral cargadas según Caso Base.

7.4.3.4 Reducción de los Metros Perforados: Unidad de Perforación.

La reducción de los metros perforados en función de las toneladas cargadas según caso base más aquellas obtenidas como beneficio del sistema GPS,

Para estimar la magnitud de la sobreperforación por concepto de no llevar el piso se realizó un análisis que involucró el estudio de 10 expansiones de la mina con sus respectivos diagramas de tronadura (En formato en Autocad). Estos diagramas comprende la ubicación del pozo, especificando la cota en la que se encuentra y la cota teórica según banco en la que se debería encontrar (Ver Anexo 4).

Este estudio abarcó un total de 733 pozos con un total de 13.072 metros perforados de las 10 expansiones, de los cuales se extrajo la diferencia medida en metros entre la cota real y la teórica, si esta diferencia era positiva se consideraba como sobreperforación, obteniendo al final un porcentaje total de los metros sobreperforados por no llevar el piso en función del total de los metros perforados.

Nº de Muestras	10
Total mts Perforados	13.072
Total Pozos	733
Total mts Sobreperforación	378,78
% Sobreperforación	2,898%
% Perforación por año	97,10%

Tabla 7.18 Perforación teórica por año con el sistema GPS en Palas

Sobre la base de lo anterior se obtuvo como resultado una reducción de los metros perforados en función de los metros perforados con el sistema GPS. Se ocupó como ponderador el porcentaje de perforación por año teórico que se debería cumplir con la implementación del sistema GPS, a su vez se obtuvo una disminución en el factor metro perforado por tonelada (Tabla 7.19)

Item/Año	1	2	3	4
Producción total mts	1.693.904,17	1.615.138,75	1.598.510,90	1.688.521,41
Toneladas cargadas	259.059.399,90	258.267.764,94	258.198.211,89	258.149.522,45
Mts/ton cargada GPS	0,00654	0,00625	0,00619	0,00654
Mts/ton cargada Caso Base	0,00673	0,00644	0,00638	0,00674

Tabla 7.19 Costos por metro perforado en escenario caso base y con sistema GPS

7.4.3.5 Análisis de Gestión para la Unidad Movimiento de Tierras con Relación al Beneficio Arreglo de Cancha por Cumplimiento del Nivel de Piso en Palas

La utilización efectiva en la unidad de movimiento aumenta a medida en que existan eventos relacionados a; arreglos de cancha, arreglos de huellas, limpieza de cancha, limpieza de rampa, o cualquier otro tipo de acontecimiento en los cuales se ocupen equipos de esta unidad.

En el caso de arreglos de cancha por no llevar el piso, la pala debe parar su operación y esperar a los tractores neumáticos o tractores de oruga que realicen el arreglo de cancha hasta llegar a la cota deseada.

Con el GPS en Palas estos tiempos de arreglos de cancha pasaran a beneficio de los equipos de carguío y reducirán las horas efectivas y utilización efectiva de los equipos de movimiento de tierras, especialmente los tractores montados sobre orugas y neumáticos, pero a su vez reducirán los gastos totales de esta unidad (Ver Tablas 7.20 y 7.21).

ITEM/AÑO	1	2	3	4
Nº de Equipos	28	28	25	24
Horas Nominales	243.264,0	243.264,0	217.200,0	208.512,0
Disponibilidad %	82,4%	78,3%	76,0%	73,9%
Utilización Efectiva %	62,0%	63,7%	65,5%	65,5%
Horas Efectivas	124.282,2	121.269,5	108.059,9	100.844,9
Horas Disponibles	200.484,3	190.371,5	165.028,6	154.038,2

Tabla 7.20 Indicadores de Gestión tractores Unidad Movimiento de Tierras, según Caso Base

Ahora al eliminar las horas por concepto arreglos de cancha por no llevar el piso se obtuvieron los siguientes índices de gestión.

ITEM/AÑO	1	2	3	4
Nº de Equipos	28	28	25	24
Horas Nominales	243.264,0	243.264,0	217.200,0	208.512,0
Disponibilidad %	82,4%	78,3%	76,0%	73,9%
Utilización Efectiva %	61,9%	63,6%	65,4%	65,4%
Horas Efectivas	124.104,3	121.119,0	107.938,7	100.750,2
Horas Disponibles	200.484,3	190.371,5	165.028,6	154.038,2

Tabla 7.21 Indicadores de Gestión tractores Unidad Movimiento de Tierras con GPS en Palas

7.4.4 Cuantificación de los Beneficios Económicos con el Sistema GPS de Alta Precisión en Palas

La unidad de negocio Mina –Concentradora de mina Chuquicamata MINCO, tiene como objetivo extraer y concentrar el mineral al mínimo costo unitario. MINCO tiene como producto final concentrado de Cobre y como subproducto Trióxido de Molibdeno (MoO_3), siendo este último el que genera mayor ingreso por tonelada vendida. El concentrado de cobre se vende a un precio de traspaso al Proceso de Fundición, el cual deja un margen de utilidad, este concentrado se vende como toneladas de cobre fino contenido en concentrado.

El trióxido de Molibdeno es vendido directamente al exterior de acuerdo a tarifas de mercado.

		2004	2005	2006	2007
Año		1	2	3	4
Precio Cu Fino	US\$/ton	1.181,3	1.193,9	1.185,9	1.200,4
Precio Mo Fino	US\$/Kg	5,287	5,239	5,607	5,360

Tabla 7.22 Tarifas Cobre Fino contenido en concentrado y de Molibdeno.

Estas tarifas están establecidas en el Caso Base y fueron calculadas considerando leyes de arsénico contenido en concentrado y el porcentaje de recuperación obtenido.

En cuanto al molibdeno las tarifas están calculadas considerando la maquila aplicada por fundición por el proceso de tostación de este subproducto.

7.4.4.1 Gastos y Costos Totales Según Caso Base para Producir una Tonelada de Cobre Fino Contenido en Concentrado y de Molibdeno.

Para calcular los costos unitarios de MINCO, se utilizaron variables tales como: Razón material lastre mineral, leyes ideales, rendimientos ideales y recuperaciones en la etapa de concentración de Cu y Mo, con el fin de calcular las toneladas totales de producto.

Item \ Año	1	2	3	4
Gastos Totales MINCO US\$	557.954.000,00	565.102.000,00	564.030.000,00	561.345.000,00
Gastos Fijos US\$	390.567.800,00	395.571.400,00	394.821.000,00	392.941.500,00
Gastos Variables US\$	167.386.200,00	169.530.600,00	169.209.000,00	168.403.500,00
Toneladas de Cu	585.142,18	554.550,22	566.599,95	601.472,18
Toneladas de Mo	18.707,00	19.687,22	14.337,58	15.274,38
Total Toneladas	603.849,17	574.237,43	580.937,53	616.746,56
Costo unitario US\$/Fino producido	923,996	984,091	970,896	910,171

Tabla 7.23 Gastos y costos unitario MINCO según Caso Base 2004-2007
(Fino de Cobre y Trióxido de Molibdeno).

De esta relación se obtiene que existe un 70% de gastos Fijos y un 30% de gastos Variables. Esta relación se utilizó para estimar los gastos totales con toneladas beneficio gracias a la implementación del GPS.

7.4.4.2 Gastos y Costos Totales para Producir una Tonelada de Cobre Fino Contenido en Concentrado y de Trióxido de Molibdeno de Tonelaje Beneficio.

En base a la relación costos fijos y variables, se pudo obtener los gastos y costos totales con tonelaje beneficiado.

Este gasto total está considerando el ahorro generado en perforación de acuerdo a los metros perforados y el generado en movimiento de tierras (Ver Tabla 7.24).

Item \ Año	1	2	3	4
Gastos Totales MINCO US\$	558.566.898,10	565.403.636,40	564.302.959,38	561.616.891,73
Gastos Fijos US\$	390.567.800,00	395.571.400,00	394.821.000,00	392.941.500,00
Gastos Variables US\$	167.999.098,10	169.832.236,40	169.481.959,38	168.675.391,73
Toneladas de Cu	588.160,41	557.242,41	569.197,31	604.115,46
Toneladas de Mo	18.803,49	19.782,79	14.403,31	15.341,50
Total Toneladas	606.963,89	577.025,21	583.600,62	619.456,97
Costo unitario US\$/Fino producido	920,26	979,86	966,93	906,63

Tabla 7.24 Gastos y costos unitarios con tonelaje beneficio (LP y NP)

7.4.4.3 Gastos Asociados A Producción

Beneficio Nivel de Piso y Línea de Programa

Estos gastos se calcularon basándose en un método causal, es decir, al aumentar el tonelaje cargado los gastos aumentan en proporción a los gastos variables.

Para calcular la inversión realizada por el tonelaje beneficiado cargado por el GPS, se obtuvo el gasto teórico total por las toneladas MINCO según caso base con un costo unitario dado con GPS (Tabla 7.24).

Este gasto fue restado del gasto total con toneladas beneficio, lo que dio como resultado el gasto total por procesar las toneladas cargadas por beneficio GPS en Nivel de Piso y Línea de Programa (Ver Anexo 5 y 6).

Cabe destacar que esta inversión esta calculada con las leyes diluidas y no con las leyes ideales según caso base.

Estos gastos son los siguientes:

Item \ Año	1	2	3	4
Gastos	2.866.364,9	2.731.625,5	2.575.031,2	2.457.331,2
US\$/año	4	8	1	5

Tabla 7.25 Gastos asociados a la producción

Dilución

El gasto asociado al concepto dilución no se ve reflejada en los gastos totales finales según Caso Base, tampoco caso base con beneficio GPS, ya que estos dos gastos están calculados con leyes ideales sin contaminación.

Para calcular la inversión se utilizo el costo unitario MINCO con beneficio y las leyes beneficio para Cobre y Molibdeno (Ver Anexo 7).

Estas leyes de beneficio se aplico al total de las toneladas cargadas según caso base y al tonelaje beneficiado, por concepto Nivel de Piso y Línea de Programa (Tabla 7.26).

Año	Ton. cargadas Caso Base	Nivel de Piso	Línea de Programa	Gasto Total MINCO
1	3.812.432,06	11.616,42	8.620,03	3.832.668,50
2	3.677.521,04	10.342,17	9.699,88	3.697.563,09
3	3.700.669,93	9.425,29	9.159,24	3.719.254,46
4	3.822.576,69	9.022,71	9.104,98	3.840.704,38

Tabla 7.26 Gastos asociados a la Ley beneficio para las toneladas cargadas según Caso Base y toneladas beneficio (NP y LP), como producto final concentrado de cobre y trióxido de molibdeno.

Gasto Total: Nivel de Piso, Línea de Programa y Dilución

Año	Gasto Total por Proceso MINCO
1	6.678.796,99
2	6.409.146,62
3	6.275.701,13
4	6.279.907,94

Tabla 7.27 Gasto de producción asociado a los beneficios GPS

7.4.4.4 Ingresos Totales Minco por Concepto: Nivel de Piso, Línea de Programa y Control Dilución.

Para calcular estos ingresos se utilizaron las tarifas establecidas según caso base.

Se obtuvo las toneladas totales Cobre fino contenido en concentrado y los kilogramos total de Molibdeno por concepto Nivel de Piso, Línea de Programa y Control Dilución (Ver Tabla 7.28 y Anexos 5, 6 y 7).

Año	Ingresos US\$
1	9.389.136,96
2	8.697.023,57
3	8.503.284,76
4	9.118.422,34

Tabla 7.28 Ingreso Total por beneficio NP, LP y Dilución, como producto final MINCO (Cobre Fino y Trióxido de Molibdeno)

7.4.5 Análisis de Gestión Teórico con la Implementación del Sistema GPS de Alta Precisión en la Unidad Carguío Palas

En función de los beneficios operacionales que entregara la utilización del GPS, el que incrementara la utilización efectiva de las Palas, se generó el siguiente análisis de gestión en un escenario teórico con el cumplimiento de los beneficios que entrega el sistema GPS de alta precisión en la Unidad de Carguío Palas de Mina Chuquicamata.

Distribución de Tiempos Unidad Carguío Palas con GPS de alta precisión 2004-2007

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS DE PALAS CON GPS							
	Pala yd ³	Nº de equipos	Días Año	Horas Nominales	Horas Fuera de Servicio	Horas disponibles	Horas efectivas
1	34	6	362	52128	6880,9	45247,10	26288,1
	56	2	362	17376	2328,4	15047,62	9387,4
	73	3	362	26064	2614,9	23249,09	14483,0
2	34	4	362	34752	4622,0	30129,98	19240,9
	56	3	362	26064	3310,1	22753,87	14487,7
	73	3	362	26064	3127,7	22936,32	14612,4
3	34	2	362	17376	2397,9	14978,11	9672,2
	56	3	362	26064	3466,5	22597,49	14591,4
	73	4	362	34752	4031,2	30720,77	19796,4
4	34	0	362	0,00	0,00	0,00	0,00
	56	4	362	34752	4483,0	30269,89	19688,9
	73	4	362	34752	3857,5	30894,53	20074,9

Tabla 7.29 Distribución de Tiempos en escenario teórico con el beneficio GPS, por Pala 2004-2007

DISTRIBUCIÓN DE TIEMPOS TOTAL FLOTAS CON GPS							
Año	Total Flotas	Nº de equipos	Días Año	Horas Nominales	Horas Fuera de Servicio	Horas disponibles	Horas efectivas
1	Palas	11	362	85568	12024,2	83543,81	52168,5
2	Palas	10	362	86880	11059,8	75820,18	48340,9
3	Palas	9	362	78192	9895,6	68296,37	44060,0
4	Palas	8	362	69504	8340,48	61163,52	39773,80
Total				330144	41320,1	288823,9	184343,2

Tabla 7.30 Distribución de Tiempos en escenario teórico con el beneficio GPS, por Flota 2004-2007

Indicadores de Gestión Unidad Carguío Palas con GPS de alta precisión 2004-2007

INDICADORES DE GESTIÓN UNIDAD CARGUÍO PALAS CON GPS

	Pala yd ³	Nº de equipos	Disponibilidad %	Utilización efectiva %	Toneladas cargadas Ton	Ton/hr efectiva
1	34	6	86,8%	62,5%	81.491.595,8	2880,77
	56	2	86,6%	62,5%	50.853.783,8	5411,47
	73	3	89,2%	62,3%	106.748.020,3	7370,58
2	34	4	86,7%	63,9%	54.141.125,2	2813,86
	56	3	87,3%	63,7%	76.021.708,6	5247,34
	73	3	88,0%	63,7%	106.384.931,1	7280,47
3	34	2	86,2%	64,6%	26.134.957,1	2702,07
	56	3	86,7%	64,6%	73.395.001,3	5030,02
	73	4	88,4%	64,4%	136.948.253,5	6917,85
4	34	0	0,0%	0,0%	0,0	0,00
	56	4	87,1%	65,1%	98.536.193,1	5002,11
	73	4	88,9%	65,0%	137.893.329,3	6866,95

Tabla 7.31 Análisis de gestión por pala

INDICADORES DE GESTIÓN TOTAL FLOTAS UNIDAD CARGUÍO PALAS CON GPS

Año	Pala yd ³	Nº de equipos	Disponibilidad %	Utilización efectiva %	Toneladas cargadas Ton	Ton/hr efectiva
0	Palas	11	87,71%	60,55%	222.279.704,5	4381,25
1	Palas	11	87,42%	62,44%	239.093.399,9	4584,85
2	Palas	10	87,27%	63,76%	236.547.764,9	4894,87
3	Palas	9	87,34%	64,51%	236.478.211,9	5368,35
4	Palas	8	88,00%	65,03%	236.428.522,5	5944,54
Total			87,48%	63,83%	948.548.899,2	5146,99

Tabla 7.32 Análisis de gestión total flotas

Año	Equipo	Horas efectivas Beneficio
1	Total Flotas	309,8
2	Total Flotas	270,2
3	Total Flotas	229,0
4	Total Flotas	191,3

Tabla 7.33 Aumento de las horas efectivas por año

7.4.5.1 Análisis Comparativo de Productividad y de Gestión entre el Escenario Caso Base y el Teórico con el Sistema GPS

Con el sistema GPS se podrá obtener un aumento promedio de la utilización Efectiva que alcanza a un 0.54% en los años de duración del proyecto, esto como consecuencia de la reducción de algunos eventos de las detenciones no programadas, tales como: Arreglos de cancha, Traslado de Pala y Acomodos de Palas, producto del beneficio que entregará el GPS en la Unidad de Carguío Palas.

A su vez y a raíz del aumento de la utilización efectiva se conseguirá un aumento en la productividad de palas, esto traducido en las toneladas totales cargadas. Este incremento es de un 0.51% promedio, respecto a las toneladas cargadas según caso base 2004-2007.

Año	Utilización efectiva %	Toneladas cargadas
1	0,61%	0,58%
2	0,59%	0,56%
3	0,56%	0,53%
4	0,52%	0,50%
Total	0,54%	0,51%

Tabla 7.34 Aumento de la Utilización efectiva y tonelaje cargado por año con la implementación del GPS

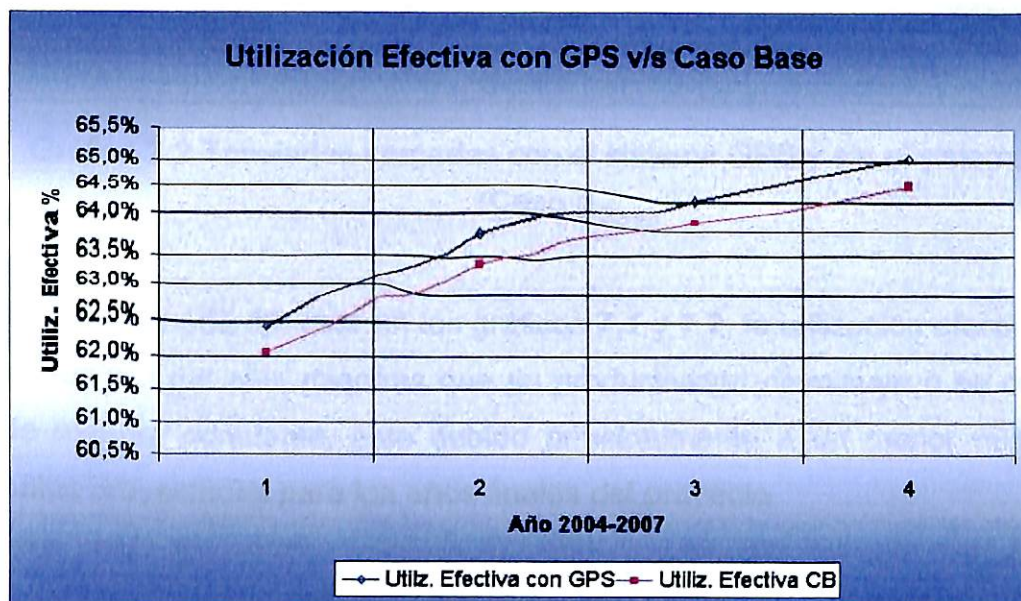


Gráfico 7.1 Utilización efectiva con el sistema GPS y sin el sistema GPS (Caso Base)

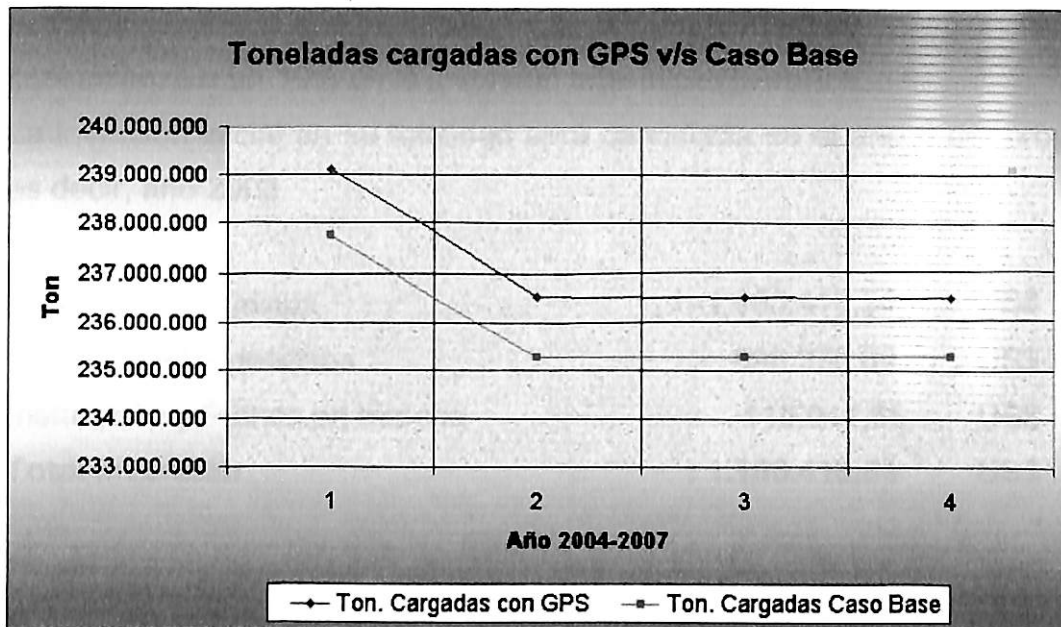


Gráfico 7.2 Toneladas cargadas con el sistema GPS y sin el sistema GPS (Caso Base)

Como se puede apreciar en los gráficos 7.1 y 7.2, la utilización efectiva crece en función del año, mientras que su productividad disminuye o se comporta de manera constante, esto debido principalmente a un menor número de palas proyectadas para los años finales del proyecto.

7.4.6 Evaluación Económica del Sistema GPS de Alta Precisión para la Unidad Carguío Palas

7.4.6.1 Inversión Inicial Asociada

La inversión asociada es la inversión inicial del Proyecto la cual contempla la compra de los dispositivos, de todas las unidades componentes del sistema GPS y red inalámbrica de Modular Mining Systems Inc., a su vez involucra la

inversión asociada a la instalación y puesta en marcha de los dispositivos, la cual alcanza a un 10% de la inversión total inicial (Ver Anexo 1) .

La inversión inicial en su totalidad será cancelada en el año 0 del proyecto, es decir, año 2003.

Inversión Total inicial	: 1.100.418,54	US\$
Compra de Dispositivos	: 990.376,69	US\$
Instalación y Puesta en marcha	: 110.041,85	US\$
Total Inversión	: 1.100.418,54	US\$

7.4.6.2 Depreciación

Los dispositivos se depreciaran en su totalidad en forma lineal en los 4 años de duración del contrato de Modular. Esto significa una cifra constante dentro del flujo de caja, por lo que es considerado un gasto Fijo. Esta depreciación es aplicada solamente a la Inversión Inicial asociada al gasto de compra de los dispositivos.

Valor Depreciación : 247.594,17 US\$/año

7.4.6.3 Gastos Asociados a Mantenimiento y Soporte del Sistema

Estos gastos están cargados en forma mensual por mantener al sistema en operación y realizar soporte de hardware y software del sistema Dispatch para el GPS de alta precisión. Estos gastos por año son los siguientes:

Mantenición	: 121.659,72 US\$/año
Soporte	: 156.419,64 US\$/año
Total Mantenición y Soporte	: 278.079,36 US\$/año

7.4.6.4 Gastos Asociados a la Producción Tonelaje Beneficio Minco

El tonelaje cargado por beneficio GPS, se evaluó como producto final MINCO, es decir, el gasto para producir una tonelada de cobre fino contenido en concentrado y trióxido de Molibdeno.

En el caso del Trióxido de Molibdeno, se aplicó una maquila a la tarifa de venta de este producto. Esta maquila la cobra el Proceso de Fundición por realizar el proceso de tostación del Molibdeno.

Gastos de Producción

Año 1	: 6.678.796,99 US\$
Año 2	: 6.409.146,62 US\$
Año 3	: 6.275.701,13 US\$
Año 4	: 6.279.907,94 US\$

7.4.6.5 Ingresos Asociados a la Comercialización de Producto Final Minco

El ingreso se calcula con las tarifas dadas en la tabla 7.21, para el cobre fino contenido en concentrado y el trióxido de molibdeno, obtenido a partir de los beneficios que entregara el sistema GPS de alta precisión.

Ingresos asociados

Año 1	: 9.389.136,96 US\$
Año 2	: 8.697.023,57 US\$
Año 3	: 8.503.284,76 US\$
Año 4	: 9.118.422,34 US\$

7.4.6.6 Tasa de Descuento

La tasa de descuento usada en Codelco Norte para proyectos a largo plazo es de un 8.5 %

7.4.6.7 Impuesto Tributario

El impuesto tributario aplicado a la evaluación de este proyecto corresponde a un 16.5 %

Nº de años	4
Tasa de descuento	8,50%
Impuesto Tributario	16,5%
Inversión Inicial	-1.100.418,54
Gastos Fijos por año con depreciación	-525.673,53
Gastos Fijos Total sin depreciación	-1.112.317,44

Concepto: Total Beneficios

TABLA VAN UNIDAD DE NEGOCIO MINCO	
--	--

Inversión Inicial	Equipos	US	990.376,69
	Instalación	US	110.041,85

Año	0	1	2	3	4
Inversión Inicial	-1.100.418,54	0,00	0,00	0,00	0,00
Depreciación a 4 años	0,00	-247.594,17	-247.594,17	-247.594,17	-247.594,17
* Gastos Fijos (MMS Inc.)	0,00	-121.659,72	-121.659,72	-121.659,72	-121.659,72
	0,00	-156.419,64	-156.419,64	-156.419,64	-156.419,64
	0,00	-6.678.796,99	-6.409.146,62	-6.275.701,13	-6.279.907,94
* Gastos de Producción Concentrado Cu y Trióxido de Mo Mil	0,00	9.389.136,96	8.697.023,57	8.503.284,76	9.118.422,34
Ingresos	0,00	2.184.666,44	1.762.203,42	1.701.910,09	2.312.840,87
Utilidad antes de impuestos	0,00	360.469,96	290.763,56	280.815,16	381.618,74
Impuestos	0,00	1.824.196,48	1.471.439,85	1.421.094,92	1.931.222,12
Utilidad despues de impuestos	0,00	247.594,17	247.594,17	247.594,17	247.594,17
Depreciación a 4 años	0,00	247.594,17	247.594,17	247.594,17	247.594,17
Flujo de caja anual	-1.100.418,54	2.071.790,65	1.719.034,03	1.668.689,10	2.178.816,29

Tabla 7.35 Flujo de caja Proyecto GPS alta precisión en Palas

7.4.6.8 Indicadores Económicos del Proyecto

Antes de Impuestos

Indicadores Económicos antes de impuestos	
VAN	4.987.407,93 US\$
IVAN	4,53
TIR	183,49%
Recuperación de la Inversión (años)	1

Tabla 7.36

Después de Impuestos

Indicadores Económicos después de impuestos	
VAN	4.744.623,49 US\$
IVAN	4,31
TIR	174,76%
Recuperación de la Inversión (años)	1

Tabla 7.37

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

Desde un punto de vista operativo y de la evaluación se establece lo siguiente:

El montaje de los distintos dispositivos que conforman el sistema se realizó en un marco operativo y preventivo, con lo cual se asegura óptimo funcionamiento de la red inalámbrica y de las lecturas GPS, desde un punto de vista operacional y preventivo dirigido al cuidado de las personas y de los equipos.

La consola gráfica a color (GOIC), del operador de pala, fue el dispositivo más difícil de montar ya que la instalación de este componente depende de las dimensiones físicas de la cabina de mando de cada modelo de pala y de la comodidad del operador. Esta última fue la variable más compleja de solucionar ya que dependía de un factor humano; debido a esto se tuvieron que realizar un gran número de pruebas de instalación de la GOIC en distintas ubicaciones de cada cabina según modelo de pala, considerando para la instalación final aquellas ubicaciones con mayor aceptación de los operadores.

Las antenas repetidoras móviles tuvieron dificultad en su instalación, ya que éstas se ubicaron en la berma de las rampas de acceso de camiones de extracción en la mina, por lo que el riesgo de incidente es alto. La razón de instalar estas antenas en rampas se debió a que en esta ubicación se tiene un fácil acceso para la mantención y fácil traslado de las antenas con el fin de tener línea a la vista en función del movimiento de las palas. El resto de

los equipos no tuvo mayor dificultad en su instalación, ya que principalmente el montaje realizado para estos equipos fue de tipo operativo.

Debido a la complejidad en el manejo de tecnología GPS y de la poca información que manejaban los operadores de palas, se consideró fundamental realizar un programa de capacitaciones dirigida a operadores, despachadores y supervisores relacionados a los temas de utilización de la consola, manejo de información GPS, funcionamiento general de la red inalámbrica y GPS y beneficios que ofrece el sistema. Estas capacitaciones tuvieron como objetivo dar a conocer las bondades que ofrece esta herramienta de última tecnología para el proceso de carguío y transporte.

El número de repetidores fijos o móviles instalados en la mina para cubrir el 100% de la transmisión de datos desde las palas, se realizó en primera instancia en forma de optimizar el recurso mediante el uso de diagramas de comunicación óptimos con número adecuado de repetidores, esta opción fue desechada a lo largo del proceso de instalación y se optó por utilizar diagramas de comunicación óptimos y a la vez establecer una redundancia de repetidores en la mina con el objetivo de aumentar la confiabilidad del sistema.

De acuerdo a pruebas realizadas se obtendrá un cumplimiento de un 100% de los beneficios establecidos por el sistema GPS de alta precisión relacionados a los niveles de piso, traslado y acomodo de palas y por control de la dilución.

Se espera una reducción de las detenciones no programadas en base al tiempo disponible en alrededor de un **0.052%** y **0.1143%** por traslado y acomodo de pala promedio por año y de alrededor de un **0.19%** por arreglos de cancha promedio por año.

Se espera una ganancia por beneficio control dilución en las leyes de mineral enviadas a planta para proceso. Esta ganancia es de alrededor de un **0.72%** en las leyes de Cobre y de un **0.94%** en las leyes de Molibdeno. Estos valores a pesar de ser pequeños tienen una gran impacto desde un punto de vista económico en las toneladas totales enviadas a proceso.

Se reducirá en un 100% la contaminación de material de menor ley establecida por planta para proceso (Ley menor a 0.5% de Cu) en material tipo mineral, el cual correspondía a un **1.27%** del total material enviado a proceso.

Se espera aumentar la productividad traducida en tonelaje de los equipos de carguío y transporte en alrededor de un **0.53%** promedio por año debido a la reducción de los eventos no programados por beneficio GPS.

Incrementará la Utilización Efectiva de los equipos de carguío al reducirse los eventos no programados antes mencionados, este aumento es de alrededor de un **0.55%** promedio por año.

Se optimizaran los ciclos de carguío en línea de programa, evento que reducía el rendimiento efectivo del equipo a un **75.92%**, **76.84%** y **81.29%** en las palas de 34 yd³, 56 yd³ y 73 yd³, respectivamente.

Se espera una reducción de los costos unitarios como producto final MINCO (Mina Concentradora), en cobre fino contenido en concentrado y trióxido de molibdeno; esta reducción es de un **0.41%** promedio anual, lo que significa que para producir las toneladas establecidas según caso base, tendríamos un ahorro de **2.292.741,84 US\$**, promedio por año.

El beneficio por control dilución es el mas atractivo desde el punto de vista económico, ya que este beneficio entrega el mayor margen de utilidad a lo largo de todo el proyecto. Esta utilidad después de impuestos es del orden de un **64%** de la utilidad total por año. El beneficio Línea de Programa es el segundo más atractivo con un **20%** de la utilidad total por año. El beneficio Nivel de Piso es el menos atractivo que ofrece el sistema con un **16%** de la utilidad total por año.

Con una Inversión inicial de **1.100.418,54 US\$**, se obtendría en el primer año una utilidad neta después de impuestos de **2.071.790,65 US\$**, con esto se dice que la inversión se recupera en el transcurso del primer año del proyecto.

Con una VAN después de impuestos de **4.744.623,49 US\$**, un IVAN de **4.31** y con un TIR de un **174.76%**, indica que la rentabilidad y la confiabilidad del proyecto es alta, y con una recuperación de la inversión asegurada.

El gran atractivo generado por la evaluación económica y operacional del sistema GPS de alta precisión a motivado y permitido a la Gerencia de Mina Chuquicamata comenzar estudios para implementar esta tecnología en otros equipos que operan actualmente en él rajo, este es el caso de los tractores montados sobre orugas y sobre neumáticos y en los equipos de perforación.

Todos estos beneficios del GPS de alta precisión están sujetos al éxito en la medida en que los usuarios del sistema se comprometan a utilizar de manera optima y correcta la herramienta GPS.

Esto ultimo se puede fomentar mediante capacitaciones tanto a ingenieros de producción como a Operadores Mayores y Especialistas de la Unidad Carguío Palas.

8.2 Recomendaciones

Las recomendaciones están dirigidas principalmente a mantener en forma confiable el funcionamiento óptimo del sistema GPS de alta precisión, esto por la sencilla razón que aquí radica el éxito en el cumplimiento de los objetivos planteados a cumplir, referente al nivel de piso, línea de programa y control dilución.

Montaje de los Equipos

El montaje de todos los equipos y de todas las unidades que conforman el sistema, deberá ser aplicado de manera preventiva con el fin de cuidar el equipo contra la operación misma de la pala y un montaje operativo el cual asegure óptimo funcionamiento tanto del sistema GPS como de la red inalámbrica de 2.4 Ghz. Esto lo deberá realizar Modular Mining Systems en conjunto con personal de Codelco, con el fin de asegurar la confiabilidad de los equipos y del funcionamiento óptimo de ellos.

Mantenimiento de los Equipos

La mantención es un tema clave para aumentar la confiabilidad de funcionamiento de los equipos.

Estas mantenciones se deberán realizar en forma periódica y programada, esto previene el riesgo de fallas en los equipos por falta de mantención.

Soporte de Hardware

Modular Mining Systems Inc., deberá entregar un servicio de soporte apropiado para mantener la funcionalidad del sistema. Esto quiere decir, mantener un amplio Stock de repuestos de los distintos dispositivos del sistema.

Respecto a la Operatización y Utilización del Sistema:

Unidad Carguío Palas

Esta unidad deberá capacitar a sus operadores mayores y especialistas, acerca del funcionamiento, operación y beneficios que entrega el sistema GPS, con el fin de crear un espíritu de compromiso para obtener los resultados esperados.

➤ Unidad Movimiento de Tierras

Con el fin de hacer más dinámico el sistema, el operador de la pala, deberá informar en tiempo real a los equipos de movimientos de tierras, cuando no se esta llevando el nivel de piso óptimo.

Esto trae como beneficio un menor gasto en perforación y contribuye a obtener una frente de carguío con una altura adecuada para el carguío.

Determinación del ángulo de giro de la Pala

Si el sistema GPS tuviese la herramienta para calcular los ángulos de giro de la descarga y de la excavación, se podrían obtener datos estadísticos relacionados con los ángulos de giro que realiza la pala para descargar el material.

Con esta información estadística se podría determinar el ángulo óptimo de giro de la pala con respecto a la posición del camión, es decir se realizarían pruebas para determinar la posición de la pala en la frente de carguío y la posición del camión con respecto a la pala, con el fin encontrar posiciones óptimas de operación y de reducir el ángulo de giro de la pala

Esto último busca reducir los tiempos por giro en el ciclo de carguío de la pala. Con esto se obtendrían mayores rendimientos de los equipos y a su vez una mayor productividad de estos. (Ver Capítulo 4. MONTAJE DE EQUIPOS Y OPERATIZACIÓN DEL SISTEMA GPS Y RED INALÁMBRICA