

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y TEXTIL



**“INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE
CHANCADO DE LA MINA PIERINA APLICANDO TÉCNICAS DE
MEJORAMIENTO CONTINUO”**

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS

PRESENTADO POR:

WALTER LEONARDO HIGA SAKIHARA

LIMA – PERÚ

Octubre, 2004

RESUMEN

El presente trabajo se preparó con la finalidad de obtener mejoras en la Administración de la Producción en la Planta de la mina PIERINA, mediante una Organización Moderna, de manera que nuestra empresa resulte rentable en el tiempo, enfocados en la Producción y Costos Operativos.

La Empresa Minera Barrick Misquichilca S.A. - Unidad Pierina, es una mina que se explota a tajo abierto utilizando las técnicas de “Lixiviación In Situ” y Proceso de “Merrill Crowe” para recuperar el oro y la plata. Se ubica sobre la Cordillera de los Andes, Departamento de Ancash, a 10 Km de la Ciudad de Huaraz con una elevación entre 3,800 y 4,200 m.s.n.m.

Este trabajo se centra en el Incremento de la Producción de la Mina Pierina basado en la Aplicación de Técnicas de Mejoramiento Continuo en la Planta de Chancado.

El tema fue escogido teniendo como base un estudio estadístico realizado en la Planta, con lo que se detectó que la Planta de Chancado era el área con mayores “cuellos de botella” dentro de la estructura operacional de la Empresa. De manera que después de un análisis de la situación actual, se determinó que optimizando los recursos tanto Físicos de Producción como el Administrativo se pudo mejorar la Producción de la Planta; por lo tanto, al existir esta oportunidad se reconoció que deberíamos poner énfasis en los siguientes aspectos: *Cambios Administrativos, Desarrollo de un Programa de Mejoramiento Continuo y Trabajo en Equipo entre las áreas.*

INDICE

RESUMEN	2
INDICE	3
I. INTRODUCCIÓN	5
II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS	
II.1 Concepto del Negocio:	
Proceso Productivo para la Obtención del Au	6
II.1.1 Planta de Chancado	7
II.1.2 Sistema de Lixiviación	9
• Teoría de Disolución del Oro por cianuración	10
II.1.3 Recuperación de Au y Ag: (Planta de “Merrill Crowe)	11
• Fundamento de Precipitación de Oro con polvo de zinc	12
II.1.4 Fundición	14
II.2 ¿Qué es el Sistema Operativo de Barrick (BOS)?	15
II.2.1 Liderazgo para el Cambio	16
II.2.2 Manejo del Rendimiento	17
II.2.3 Una Organización que Aprende	18
• Metodología de Solución de Problemas	18
II.3 Conceptos genéricos de Mejoramiento Continuo	
II.3.1 Evento “Kaizen”	20
II.3.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	21
II.3.3 La Organización en el lugar de trabajo (5S)	22
II.3.4 Ajuste Rápido (“SMED”: Single Minute Exchange of Dies)	23
II.3.5 A Prueba de Error (“Mistake Proofing” ó “Poka Yoke”)	24
II.3.6 Entrenamiento Cruzado	25
II.3.7 Cambio: Elemento Clave	25

III.	DESARROLLO DEL TEMA	
III.1	Importancia del Mejoramiento Continuo	26
III.2	El Mejoramiento Continuo en Minera Barrick Misquichilca S.A.	26
III.3	Análisis del Proceso Actual	27
III.4	Identificación del Área con Mayor Impacto Económico	27
III.5	Operación de la Planta de Chancado	30
III.6	Desarrollo del Método de Solución de Problemas	
III.6.1	Fase 1: Diagnosticar Oportunidades y Lograr Metas	
III.6.1.a	Identificar y Seleccionar el Problema	31
III.6.1.b	Entender el Problema y Fijar Metas	33
III.6.2	Fase 2: Generar y Evaluar Ideas	
III.6.2.a	Analizar las Causas	34
III.6.2.b	Generar y Priorizar Soluciones	36
III.6.3	Fase 3: Implementación del Plan	
III.6.3.a	Implementar Soluciones	36
	Proyectos Desarrollados	
	• Imagen Digital “Split-Online”	38
	• Distribuidor de Carga “Splitter”	40
	• Modificación de Chute a Cónicas	41
	• Modificación del “Surge Pocket”	42
	• Modificación del “Ore Bin”	43
III.6.3.b	Evaluar Resultados	44
III.6.3.c	Estandarizar	48
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
IV.1	Conclusiones	49
IV.2	Recomendaciones	50
V.	BIBLIOGRAFÍA	51
VI.	ANEXOS	
V.1	Diagrama de Flujo de la Planta	53
V.2	Glosario de Términos	54

“INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA DE CHANCADO DE LA MINA PIERINA APLICANDO TÉCNICAS DE MEJORAMIENTO CONTINUO”

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de permanecer competitivos en el tiempo lleva a “Barrica Gold Corporation” a comprender la necesidad de establecer programas de mejoramiento continuo en todas sus Plantas. En el año 2002 se implementó el Sistema de Calidad a nivel corporativo llamado “Sistema Operativo de Barrick” (B.O.S.), el cual comprende 3 aspectos: Personas, Administración del Rendimiento y Aprendizaje.

Minera Barrica Misquichilca – Unidad Pierina implementa el Sistema de Mejora Continua en todos sus procesos teniendo como objetivo principal la búsqueda constante de las oportunidades de mejora para maximizar su producción y reducir sus costos, manteniendo los más altos estándares en Seguridad y Medio Ambiente. Para un mejor entendimiento del “Sistema Operativo de Barrick”, en el Capítulo II se explica su definición y los conceptos genéricos de mejoramiento continuo utilizados en la Mina Pierina.

Para implementar este proceso se creó un equipo de mejora continua llamado “Crusher OEE Team” luego de identificar el área de mayor impacto económico: Planta de Chancado, donde se aplicó “El Método de Solución de Problemas” para encontrar las causas raíces del problema y así implementar las acciones correctivas correspondientes. El método tiene 3 fases: Diagnosticar Oportunidades y Lograr Metas, Generar y Evaluar Ideas e Implementación del Plan.

Finalmente, se evaluaron resultados y realizaron procedimientos para poder mantener las mejoras.

II. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS Y TÉCNICAS

II.1 **Concepto del Negocio: Proceso Productivo para la Obtención del Au**

“Barrick Gold Corporation”, Empresa Canadiense, fundada en 1983, inició sus operaciones en territorio peruano con la adquisición de “Arequipa Resources Ltd” en 1996. Con esta adquisición, Barrick adquirió más de 40 propiedades en el Perú, incluida la mina Pierina. Otros proyectos de Barrick en América Latina son: Alto Chicama (sierra norte del Perú), Pascua Lama & Veladero (frontera Chile & Argentina).

La misión y visión de Minera Barrick Misquichilca S.A (razón social de “Barrick Gold Corporation” en el Perú) son:

Misión: Ser un ejemplo en la creación de valores del crecimiento dinámico de “Barrick Gold Corporation” para beneficio de sus accionistas, empleados y sociedades en donde opera.

Visión: Ser la mina de oro de menor costo en el mundo, operando bajo los más altos estándares de seguridad, responsabilidad social y ambiental, para el bienestar de nuestros empleados.

La Mina Pierina, se encuentra en la Cordillera Negra a 425 Km. al norte de la ciudad de Lima, a una altitud de 4,200 m.s.n.m. Es una mina que se explota a tajo abierto utilizando las técnicas de Lixiviación en Pilas y Proceso de “Merrill Crowe” para recuperar el oro y la plata.

El Proceso Productivo de la Mina Pierina se divide en:

1. Proceso de Minado: Exploración, Perforación, Disparo, Carguío y Acarreo ó Transporte.
2. Proceso Metalúrgico: Chancado Primario, Chancado Secundario, Lixiviación en Pilas (Tecnología de Relleno de Valle), Recuperación de Oro y Plata (Proceso “Merrill Crowe) y Fundición.

El Proceso Metalúrgico se desarrolla a continuación:

II.1.1 Planta de Chancado

La planta de chancado recibe el mineral proveniente de la mina y su función es reducir las partículas a un tamaño que permita la lixiviación (disolución del Au y Ag). Se desarrolla en 2 etapas sucesivas:

- Chancado Primario: Tiene como objetivo reducir el tamaño del mineral proveniente de la mina desde un tamaño máximo de 34 pulgadas, hasta obtener un tamaño menor a 6 pulgadas. En esta Planta se utiliza una chancadora primaria giratoria, “Svedala” de 42” x 65”. La dimensión de 42” es la abertura de alimentación en su punto más ancho y la dimensión de 65”, es el ancho del eje en su base.



Figura N° 1: Planta de Chancado Primario

- Chancado Secundario: Se utilizan dos chancadoras cónicas estándar marca “Nordberg” de 7 pies, provistas de un sistema de clasificación previa (zarandas) Las zarandas, son fabricadas por “Simplicity Material Handling Ltd.”, tienen 8 pies de ancho y 24 pies de largo. Tienen dos pisos uno superior y otro inferior, con aberturas seleccionadas según la separación de tamaños en

particular. El piso superior tiene aberturas relativamente grandes (3 pulgadas) para eliminar la carga de material pesado del piso inferior. El piso inferior (piso de zarandeo) es de estructura más ligera y tiene más orificios (de 1.5 pulgadas). La mayoría de las partículas más pequeñas que las aberturas finalmente caen por las mallas de la zaranda y pasan por ellas para convertirse en el producto final de la planta de chancado. Las partículas gruesas permanecen en la parte superior de las mallas de la zaranda y finalmente se desprenden del extremo de la zaranda y caen en las chancadoras cónicas. La zaranda está instalada en un ángulo de 18 grados. Las instalaciones de Chancado primario y secundario fueron diseñadas para tratar 19,500 toneladas/día.



Figura N° 2: Planta de Chancado Secundario

Después del chancado, el mineral se transporta a una distancia de 2,360 metros por medio de una faja sobreterreno hasta la tolva de almacenamiento de mineral chancado. Esta tolva descarga el mineral directamente a los camiones de transporte, que llevan el mineral a las pilas de lixiviación y lo depositan en las celdas de apilamiento. Completada la celda, el mineral es nivelado mediante tractores, se instala la tubería de distribución por encima del mineral y se aplica solución cianurada para comenzar el proceso de lixiviación.

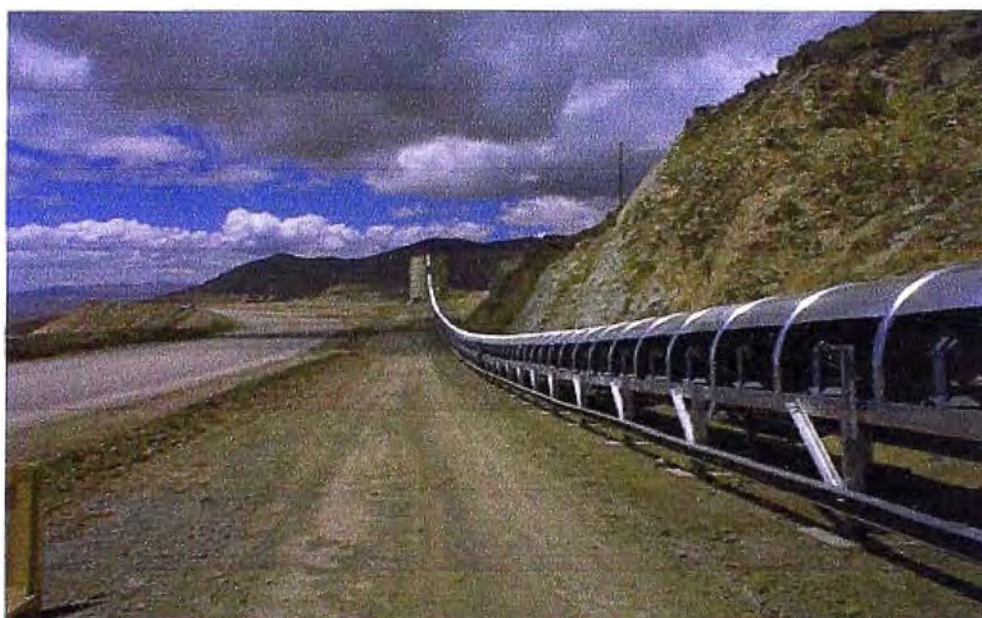


Figura N° 3: Faja Sobreterreno (2,360 m)



Figura N° 4: Tolva de Descarga

II.1.2 Sistema de lixiviación

El sistema de lixiviación ocupa unas 166 hectáreas. La capacidad diseñada para la plataforma de lixiviación es de 115 millones de toneladas métricas (peso seco del mineral). Para la construcción de las pilas se utiliza el sistema de relleno en

valle. La solución rica drena desde las pilas de lixiviación por gravedad hacia la zona de almacenamiento ubicada en la parte inferior del valle. La zona de almacenamiento de la solución está diseñada para contener por lo menos 550,000 m³ de solución enriquecida. La capacidad de la zona de almacenamiento de la solución rica es tal, que permite contener la misma en caso de presentarse condiciones de operación anormal de la planta o por la acumulación de soluciones durante la estación húmeda. La solución rica es entonces bombeada desde el interior del valle, hacia la Planta de “Merrill Crowe”.



Figura N° 5: Sistema de Lixiviación

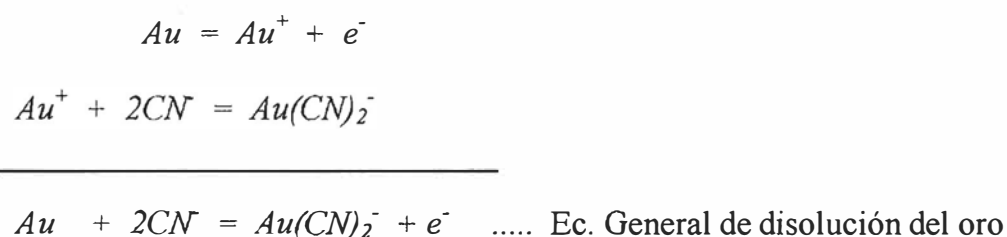
- **Teoría de Disolución del Oro por cianuración**

El oro es un metal muy noble; es decir, difícilmente oxidable (difícil de corroer), es perfectamente estable en presencia de agua y de soluciones acuosas en todo rango de pH, exentas de sustancias complejantes.

El oro puede ser atacado por sistemas muy corrosivos y a la vez complejantes; es el caso del agua regia (3 HCl:1 HNO₃), que combina la acción oxidante del ácido nítrico con la acción complejante del cloruro.

En el caso de la cianuración, el oxidante (agente corrosivo) es el oxígeno y el agente complejante es el cianuro, formando el ion auro-cianuro $Au(CN)_2^-$. Así el oro en presencia de cianuro deja de ser un metal noble y puede ser atacado fácilmente por el oxígeno disuelto en el agua. En esta reacción electroquímica la reacción anódica sería la disolución del oro y la reacción catódica sería la reducción del oxígeno.

La disolución anódica del oro como complejo auro-cianuro, es el resultado de dos reacciones:



La reacción catódica del oxígeno sería:



Hay que resaltar que las dos reacciones se producen simultáneamente y que los electrones que libera el oro cuando se disuelve, los capta el oxígeno para que pueda formar los OH^- . Se detalla la ecuación global balanceada de la cianuración del oro:



II.1.3 Recuperación de Au y Ag (Planta de “Merrill Crowe”)

La solución rica proveniente de las pilas de lixiviación es filtrada en los filtros clarificadores hasta lograr una solución cristalina menor de 5 ppm de sólidos. Luego de la filtración, la solución rica es desoxigenada. La solución rica varía desde 5 a 8 mg/l de oxígeno, esta debe ser reducida a 0.5-1.0 mg/l, para una

producción de un buen Barren (efluente del filtro prensa con 0.01 ppm de contenido de Au) y usar cantidades razonables de zinc. Para conseguir ésto, se circula la solución filtrada a través de una torre que contiene empaques de plástico (packing), estos interrumpen el flujo de la solución formando capas muy finas. La solución desoxigenada debe ser drenada desde la torre de vacío con una bomba sellada para fluidos, de modo de asegurar que no se produzcan filtraciones de aire a la solución. Luego, el polvo de zinc es agregado a una solución desoxigenada de oro cianurado, el zinc es disuelto y el oro sale de la solución como sólido fino. Estos sólidos son filtrados desde la solución, generalmente a través de un filtro de placas, para la remoción de oro. Los sólidos son removidos periódicamente de la prensa, siendo fundidos para recuperar el oro.



Figura N° 6: Planta de "Merrill Crowe"

- **Fundamento de Precipitación de Oro con polvo Zn**

Este proceso está basado en el hecho de que el metal a ser recuperado (oro) a partir de la solución cianurada, es más noble que el metal usado para la precipitación (Zinc). Es así como se han determinado los potenciales normales de oxidación a 25 °C. A continuación se detallan algunos:

Electrodo (Media Celda)	E° (volts)
$\text{Au} = \text{Au}^+ + \text{e}^-$	1.68
$\text{Ag} = \text{Ag}^+ + \text{e}^-$	0.799
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2$	0.00
$\text{Fe} = \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}^-$	-0.440
$\text{Zn} = \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	-0.763

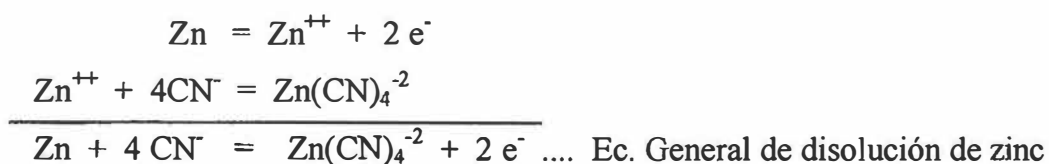
Tabla N° 1: Potenciales Normales de Oxidación a 25°C

Interpretación de la escala de potenciales normales de electrodos:

- Un E° más grande (más positivo), significa un metal más noble, o sea es más difícil de pasar los iones a la solución (corrosión difícil). Especie oxidante.
- Un E° más pequeño (más negativo), significa un metal menos noble, más fácil de pasar los iones a la solución (corrosión fácil). Especie reductora.

Básicamente se trata de un proceso electroquímico donde el zinc se disuelve (reacción anódica) y los electrones cedidos sirven para reducir el complejo aurocianurado a oro metálico (reacción catódica).

La disolución anódica del zinc, es el resultado de dos reacciones:



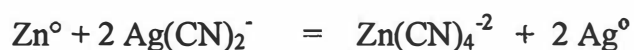
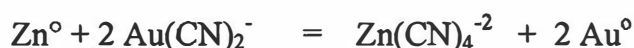
La reacción catódica del complejo aurocianuro sería :



Hay que resaltar que las dos reacciones se producen simultáneamente, y que el zinc cuando se disuelve cede sus electrones al complejo aurocianurado para que se reduzca a oro metálico. La ecuación general es la siguiente:



Las reacciones principales que intervienen directamente en el proceso Merrill Crowe son:



II.1.4 Fundición

El precipitado húmedo proveniente de los Filtros Prensa es trasladado a cuatro Hornos de Retortas. La finalidad de estos equipos es secar el precipitado colectado y recuperar todo el Mercurio que se encuentra en él, por ello se trabaja con rampas de temperatura hasta alcanzar un máximo de 550 °C. El ciclo total de la Retorta es de 24 horas y se trabaja bajo una condición de vacío de 7” Hg. El Mercurio removido es colectado por un sistema de condensadores enfriados por agua y se almacena en un colector, el cual es descargado al final del ciclo, a contenedores o frascos especiales de Hg para su almacenamiento seguro.

El precipitado de Oro y Plata, frío y seco, y que ha sido procesado en las Retortas, debe ser mezclado con los fundentes necesarios para cargar los Hornos de Inducción y así proceder a la fusión. Se requiere cerca de 2 horas para que la carga se funda completamente y llegue a una temperatura de 1200 °C (aprox.), con el fin de realizar las escorificaciones y la colada final para obtener las barras Doré. Se utiliza el sistema de colada en cascada para la obtención de las barras.

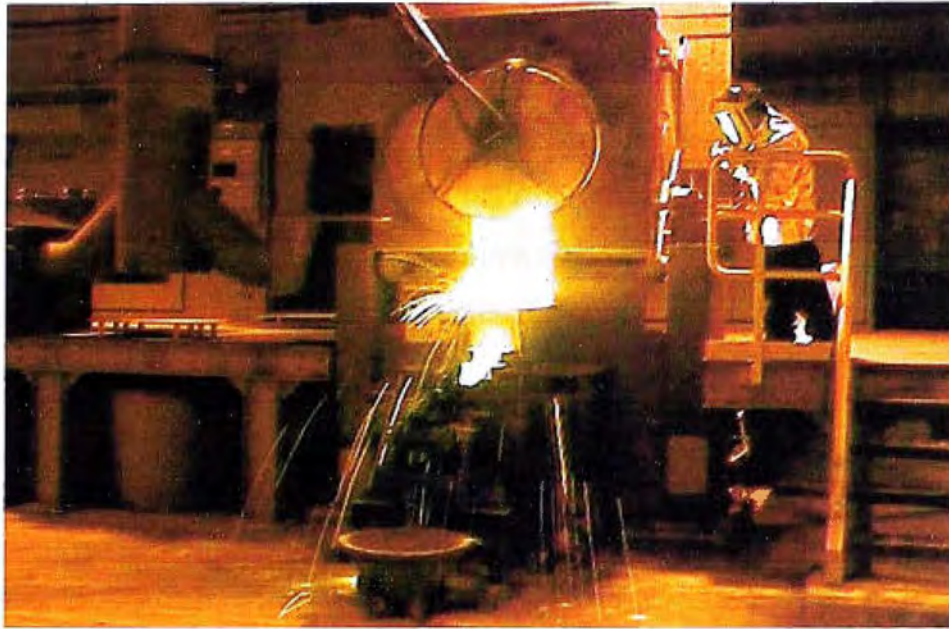


Figura N° 7: Planta de Fundición

II.2 ¿Qué es el Sistema Operativo de Barrick (BOS)?

El Sistema Operativo de Barrick (BOS) es un “*Sistema de Organización Moderna*”, que en nuestro caso está basado en tres pilares fundamentales implementados en nuestra organización, de manera que logremos convertirnos en la mejor Empresa Minera Nacional y Mundial; para ello es necesario que podamos cerrar brechas frente a los límites técnicos y construir un enfoque operativo que se pueda reproducir. Estos tres pilares son:

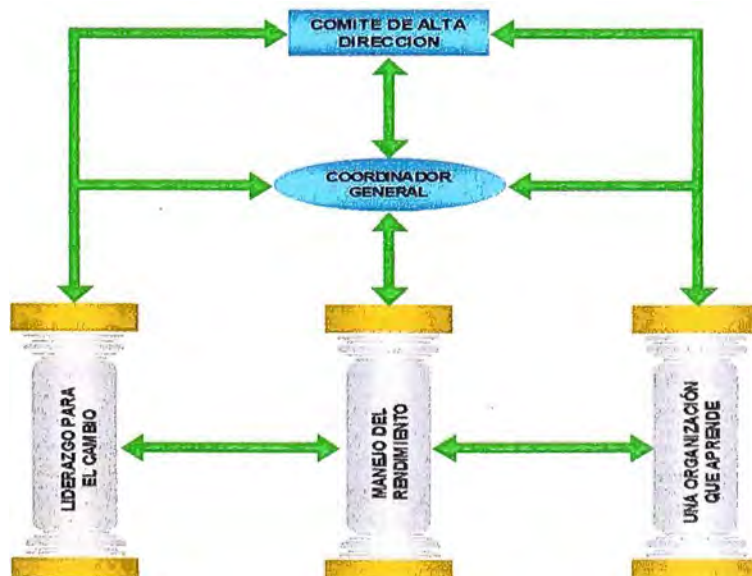


Figura N° 8: Sistema Operativo de Barrick (BOS)

II.2.1 Liderazgo para el Cambio

Hay un principio importante en la que todos estamos de acuerdo: “*Las personas, no los bienes son los que crean valor*”. Partiendo de este principio, la mina Pierina entrenó a la gente y seleccionó *Líderes* en cada nivel de las operaciones para que ellos tengan la responsabilidad de conducir el Mejoramiento Continuo, que involucra actividades como:

- Integración de los procesos de producción.
- Movimientos de mineral, aprovechando mejor nuestros recursos orientándose a una visión general de la producción.
- Comunicación eficiente y eficaz.
- Planificación cruzada.

Con toda esta reorganización de actividades, un líder para el cambio debe realizar lo siguiente:



Figura N° 9: Funciones de un Líder

Como vemos, lo más importante para tales fines son las personas, quienes en definitiva realizan la utilización eficiente de los recursos. Por lo tanto, nuestra empresa comienza a crear una cultura de disciplina, porque los grandes resultados obtenidos se tiene por personas auto disciplinadas basados en este pilar.

II.2.2 Manejo del Rendimiento

Otro de los grandes pilares en que se basa nuestra organización es el manejo del rendimiento. Nuestra gente está preparada y comprometida para mejorar las cosas correctamente utilizando valores claves para medir el rendimiento que mejoran el valor agregado para Barrick, poniéndonos metas en todo lo que hacemos, es decir, utilizando estándares y mapas en todos los procesos para comparar y compartir el rendimiento.

Nosotros realizamos un seguimiento implacable y premiamos los resultados haciendo el rendimiento transparente.

Los elementos claves para el sistema del manejo de rendimiento se basa en:

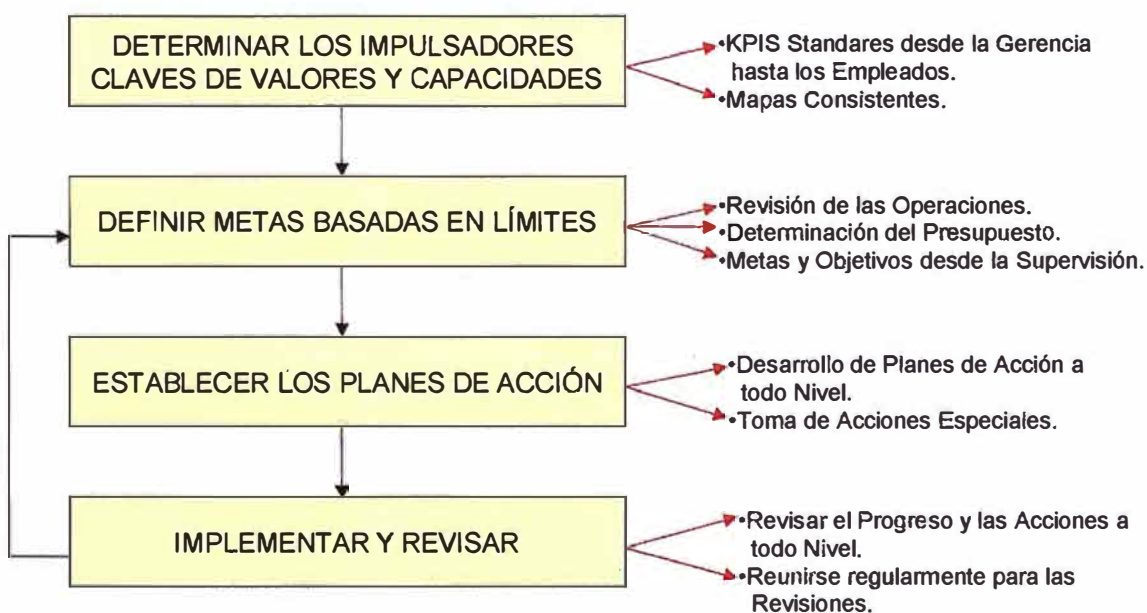


Figura N° 10: Elementos Claves para el Sistema del Manejo del Rendimiento

Con el pilar “Manejo del Rendimiento” se estableció indicadores claves, por ejemplo: Toneladas de Operación / Hora Operativa, Tasa de Recuperación, Disponibilidad, Utilización, Costo / Tonelada, etc., que nos permite obtener la eficiencia global de los equipos (OEE), que es un cálculo en función del Rendimiento de los Equipos, Potencia Teórica y Mejoramiento Continuo.

II.2.3 Una Organización que Aprende

Este es el tercer pilar basado en nuestra *Reorganización*. Su fundamento es la creación de “Equipos Multifuncionales”, donde el aprendizaje es constante, que nuestra gente sienta orgullo de copiar ideas y mejorarlas, compartiendo las buenas y malas experiencias dentro de nuestra empresa.

Este pilar involucra a nuestra gente y nuestros proveedores para generar ideas de mejoramiento y dar entrenamiento en tiempo real; de esta manera aseguramos la ejecución correcta del trabajo “la primera vez”. Con “Una Organización que Aprende”, nuestra gente está entrenada para *la solución de problemas en equipo*.

- **Metodología de Solución de Problemas**

La Metodología de Solución de Problemas consta de 3 fases tal como se describe a continuación:

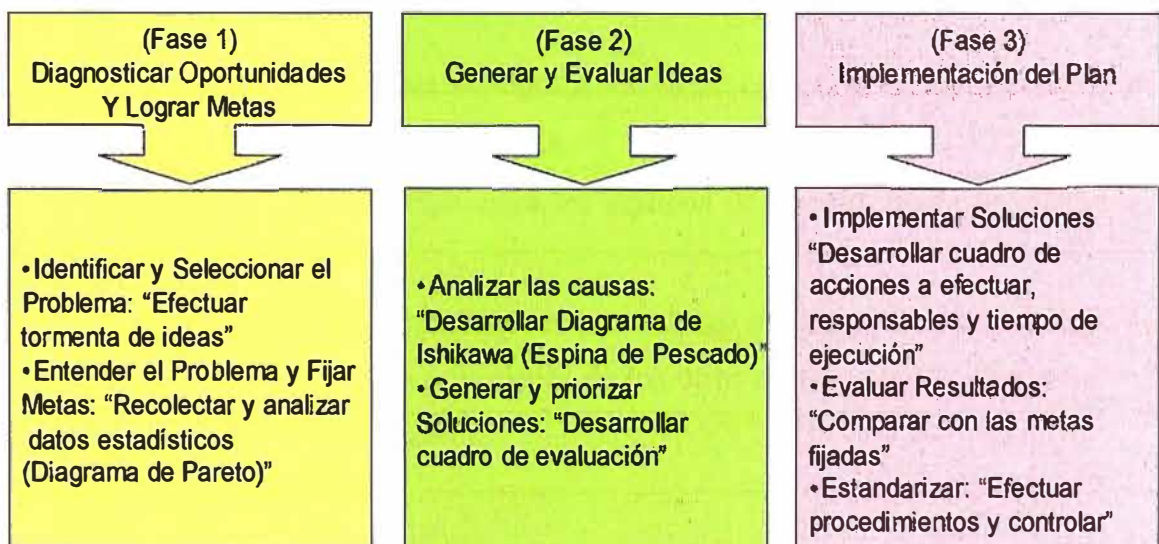


Figura N° 11: Metodología de Solución de Problemas

Con estos tres grandes pilares resumidos en siguiente figura:

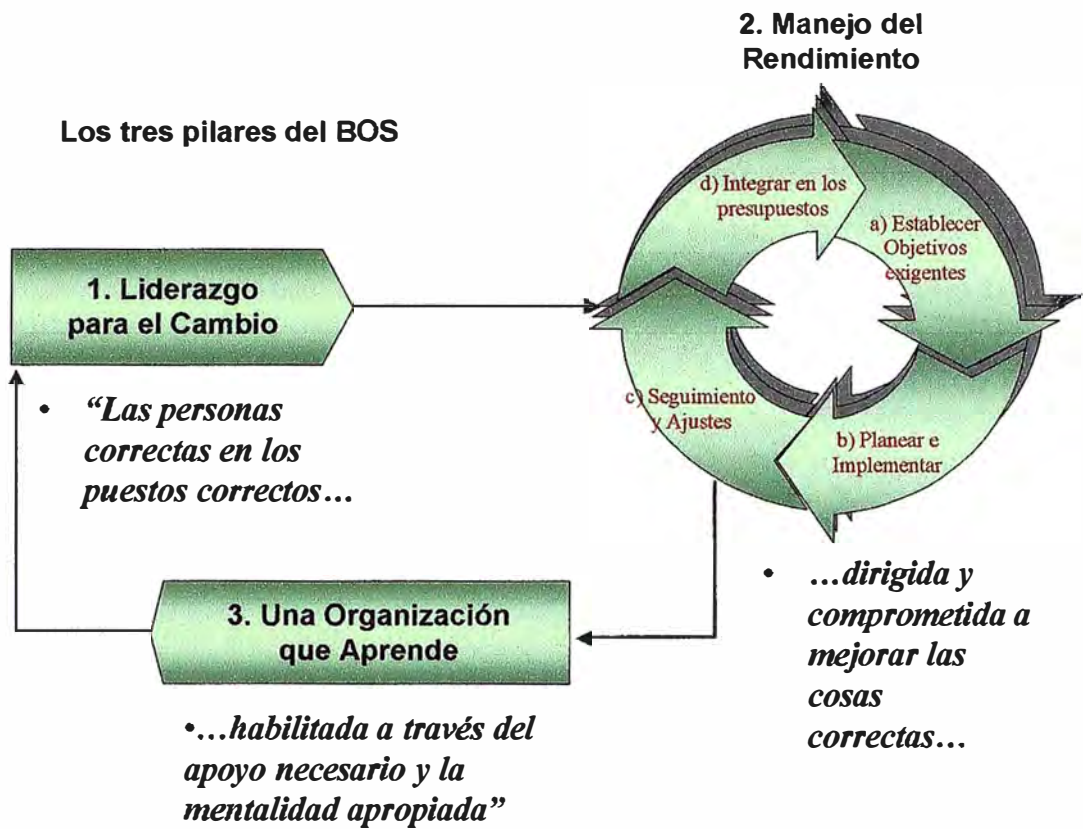


Figura N° 12: Los 3 pilares del Sistema Operativo de Barrick

¿Qué logramos?

Logramos comprender acciones fundamentales basadas en:

- *Trabajo en equipo*, que se logra a través de una cooperación apropiada y buenas relaciones interpersonales.
- *Comunicaciones abiertas* entre los equipos de trabajo donde prevalece la confianza.
- *Entrenamiento Dinámico*, con lo que se logró mejorar el lugar de trabajo y comprender mejor las actividades de los otros departamentos: *“ponerse en los zapatos de los demás”*.

II.3 Conceptos genéricos de Mejoramiento Continuo

II.3.1 Evento Kaizen

Definición:

- Es un proceso de capacitación y entrenamiento constante lo cual nos lleva a una nueva forma de hacer mejor las cosas.
- El Evento Kaizen es un proceso muy sencillo y comprensible. Todos podemos organizar uno sin necesidad de grandes preparativos ni costosas inversiones.
- Aplicar el sentido común es el mayor esfuerzo que necesitamos hacer. Es un proceso en el que el líder u organizador va a contar con todo el apoyo que necesita de la gente que mejor conoce el problema y sus posibles soluciones, es decir, estamos hablando del personal que ya tenemos en nuestra organización.

Pasos:

- Uno de los primeros pasos para hacer un Evento Kaizen es hacer un detallado análisis de lo que actualmente hacemos.
- Enseguida, ya en un grupo integrado por varias personas de diversos niveles dentro de la organización, nos haremos una sencilla pregunta: *¿Cómo podemos mejorar lo que actualmente hacemos?* Es ahí donde comienza a fluir la creatividad y objetividad de todos los participantes. Este fenómeno es el que le da su enorme valor al Evento.

Ventajas del Kaizen:

- Mínimo Costo.
- Beneficios Inmediatos y Acumulativos.
- Mejor Ambiente Laboral.
- Mayor Compromiso de Parte de Todos y Es Nuestro.

Objetivo Final:

- Nuestro objetivo es que el personal de la planta pueda repetir el proceso una y otra vez para que la empresa se siga beneficiando.
- Kaizen es un proceso y una nueva forma de pensar, es una Nueva Cultura.

II.3.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Definición:

- El TPM es un sistema para gestionar los equipos. La gestión del equipo es el conjunto de actividades que evita los defectos de calidad y averías, elimina la necesidad de ajustes en las equipos, y hace el trabajo más fácil y seguro para los operarios.
- El mantenimiento se lleva a cabo en forma de cooperación activa con el personal de producción. El operador adquiere conocimientos que desde luego le hacen más valioso, y asume responsabilidades que contribuyen a mejorar considerablemente la disponibilidad de su equipo.
- El nivel de satisfacción y la moral del personal se elevan y se crea un auténtico sentido de “propiedad” sobre el equipo, el producto y la operación en general de la organización.
- Los elementos de conocimiento técnico adquiridos por el operador le dan gran satisfacción personal y seguridad en el trabajo.

Eficiencia Global de los Equipos (OEE):

- El TPM no se limita solamente a las averías, sino también está involucrado en aumentar la eficacia total del equipo, mejorando todos los factores relacionados:
- Disponibilidad.- Tiene en cuenta las pérdidas por averías, las pérdidas de preparación y ajustes y otras pérdidas por paradas. Las paradas en general tienen incidencia directa en las pérdidas de tiempo y la disminución de la producción.
- Utilización.- Tiene en cuenta las pérdidas por tiempos en vacío, por reducción de velocidad y paradas cortas, la mejora de este coeficiente implica evidentemente la eliminación de estas pérdidas.
- Calidad.- Tiene en cuenta las pérdidas derivadas de la producción de productos de calidad inferior a la esperada, debido a que incrementa el tiempo de pérdidas, al reprocesar los productos, puesta en marcha de la maquinaria.

II.3.3 La Organización en el lugar del trabajo (5S)

Definición:

- Son 5 palabras en japonés:
 - Seiri (Seleccionar): Técnica de la Tarjeta Roja, “diferencia los elementos necesarios de los innecesarios en el lugar de trabajo y descartar los innecesarios”.
 - Seiton (Organizar): “Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”.
 - Seiso (Limpiar): “Mantener limpios los equipos y los lugares de trabajo”.
 - Seiketsu (Estandarizar): “Extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar continuamente los tres pasos anteriores”.
 - Shitsuke (Continuar): “Construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5S mediante el establecimiento de estándares y seguir los procedimientos en el lugar de trabajo”.
- En esencia, se trata de:
 - Eliminar del área de trabajo lo que no pertenece a ella.
 - Asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material que sí se necesita.
 - Hacer una limpieza excepcional.
 - Establecer las nuevas condiciones como normales.
 - Sustener el esfuerzo para no perder lo avanzado.

Ejemplo de 5S:



Taller de llantas (Antes de 5S)



Después de aplicar las 5S

Figura N° 13: Ejemplo de 5S

II.3.4 Ajuste Rápido (SMED: “Single Minute Exchange of Dies”)

Definición:

- El sistema SMED es una teoría y serie de técnicas que hacen posible el ajuste de los equipos y cambio de partes u operación en unos cuantos minutos.
- Este sistema reduce sustancialmente los tiempos de ajustes en casi todos los casos.

- **Beneficios:**

- Los ajustes más simples producen cambios más seguros, con el mínimo esfuerzo y menos riesgo de lesión.
- Menos inventario significa menos desorden en el lugar de trabajo, lo cual hace que la producción sea más fácil y segura.
- Las herramientas de ajuste son estandarizadas y fusionadas, lo cual significa menos herramientas para realizarle un seguimiento.

- **Pasos:**

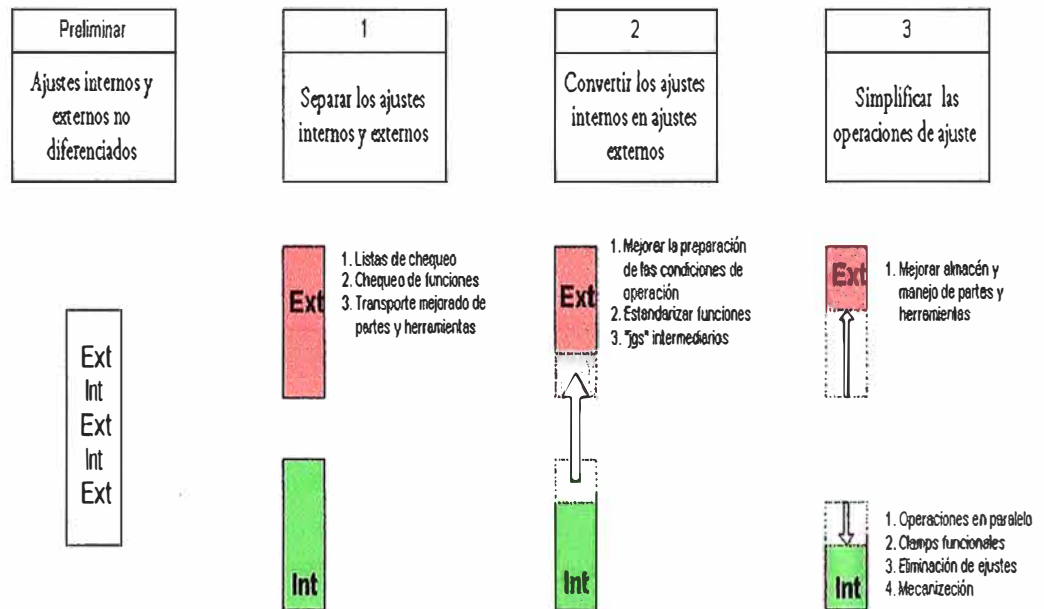


Figura N° 14: Pasos del SMED

- **Ejemplo de SMED:**

- Estructura para cambio más rápido de las cóncavas de la chancadora primaria. Se redujo el tiempo de 26 horas a 14 horas.



Figura N° 15: Ejemplo de SMED

II.3.5 A Prueba de Error (“Mistake Proofing” ó “Poka Yoke”)

Definición:

- “A Prueba de Error” se traduce literalmente del término japonés “Poka-Yoke” (POH-kah YOH-kay): “poka” (error inadvertido) y “Yoke” (prevenir). El término fue inventado por Shigeo Shingo en los años sesenta y literalmente significa “previniendo errores”.
- “A Prueba de Error” es el diseño de un producto o proceso para que los errores sean:
 - En el mejor de los casos: Imposible de producirse.
 - Por lo menos: Fácilmente detectado y corregido.

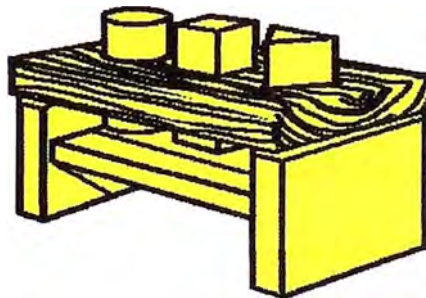


Figura N° 16: Juego japonés “Poka Yoke”

Pasos:

- Identificar el problema que requiere prioridad de atención:
 - Identificar las mayores pérdidas para los límites técnicos causados por defectos ó deficiente calidad.
- Identificar la causa del problema:
 - Identificar la causa principal de los errores a través del método de solución de problemas.

- Identificar el método apropiado para la reducción del error:
 - Identificar el tipo de método de inspección más apropiado para detectar el problema en el futuro.
- Identificar e implementar el método de “A Prueba de Error”:
 - Identificar el método que prevendrá el tipo de defecto a ocurrir.
- Implementar el dispositivo para evitar el error.
 - Después de la implementación, continuar revisando el desempeño para los límites técnicos para confirmar si el dispositivo para evitar el error soluciona el problema.

II.3.6 Entrenamiento Cruzado

- Como en todas estas disciplinas, el éxito proviene de la combinación y el intercambio de habilidades y conocimientos entre un pequeño grupo de personas que integran un equipo confiable y respetado.
- Tienen Calidad Autónoma, el producto no requiere inspección, ellos saben que su producto cumple las especificaciones.
- Multi-disciplinario. Todos pueden hacer cualquier tarea.
- Son amigos entre sí, siempre están buscando ayudarse y apoyarse entre ellos.
- Conocen bien su producto, equipo, materiales y herramientas.

II.3.7 Cambio: Elemento Clave

- Cambio es el elemento clave para alcanzar estos logros.
- El entrenamiento se convierte en una parte de la actividad diaria.
- La idea antigua de unos pocos conocedores guardando secretos es reemplazada por el deseo general de aprender y compartir lo que sepamos.
- El poder se basa ahora en el mutuo respeto y no en las jerarquías asignadas.
- El liderazgo substituye a la autoridad y las posiciones representan los niveles de responsabilidad hacia toda la gente de la empresa.
- Sin duda esta es una serie de cambios culturales para ser asimilados.

III. DESARROLLO DEL TEMA

III.1 Importancia del Mejoramiento Continuo

- La globalización de la economía ha causado una mayor competitividad en todas las actividades de negocios.
- La industria enfrenta una constante reducción en márgenes de utilidad para poder permanecer en el mercado.
- Es el momento de hacer el mejor uso posible de todos los recursos.
- El Recurso Humano es el más esencial de todos.

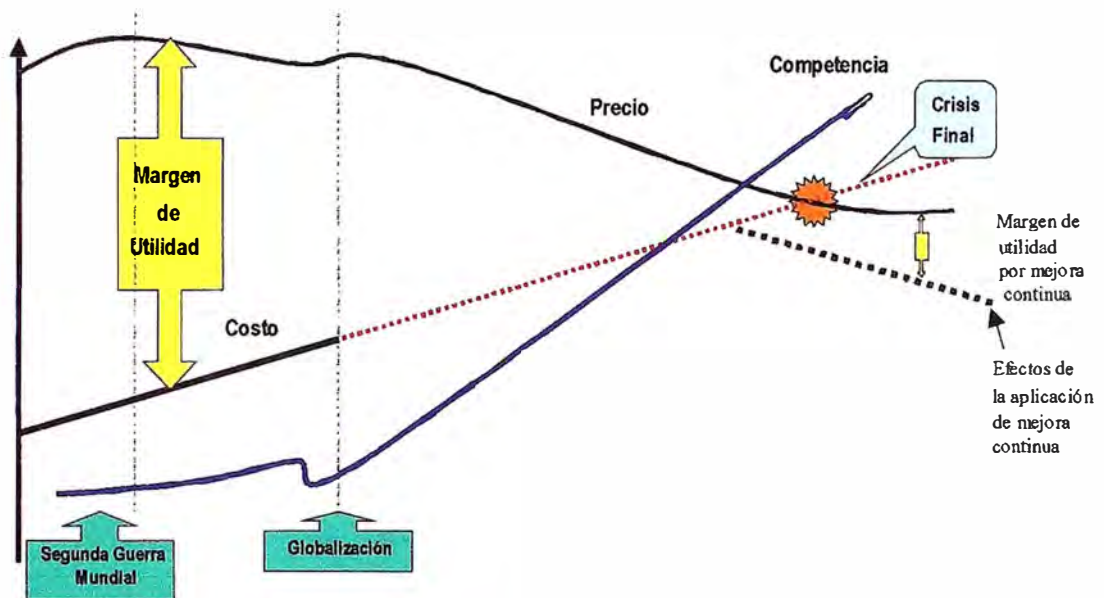


Figura N° 17: Necesidad de adoptar el Mejoramiento Continuo

III.2 El Mejoramiento Continuo en Minera Barrick Misquichilca S.A.

La necesidad de permanecer competitivos en el tiempo lleva a Barrick a comprender la necesidad de establecer programas de mejoramiento continuo en sus Plantas. En el año 2002 se implementó el Sistema de Calidad a Nivel Corporativo llamado Sistema Operativo de Barrick (BOS), el cual comprende 3 aspectos: Personas, Administración del Rendimiento y Aprendizaje

En la Mina Pierina se planteó un cambio en el pensamiento administrativo, de manera que se tenga un sistema de organización exitosa con acciones y

características de integración profesional sistemáticamente aplicadas al trabajo en equipo, basado en la comunicación entre las personas de todo nivel y sobre todo, entre las personas que puedan liderar el esfuerzo de cambio.

En este plan se desarrollaron varios aspectos que nos ayudaron a cumplir la función de establecer una *Organización Rentable en la Producción*, que no solamente permitieron corregir algunos que otros puntos débiles, sino que se tuvo en cuenta todos los factores importantes relacionados con la administración de la producción, es decir, a través de la planificación, en el desarrollo y la implementación de los aspectos de ingeniería y por último el control de costos en los diferentes procesos necesarios para lograr la producción eficiente.

III.3 Análisis del Proceso Actual

Al realizar un análisis en la Mina Pierina se encontró que lamentablemente en muchos casos las medidas y decisiones se realizaban en forma unilateral, es decir, en forma departamental, en la que cada unidad de producción difundía y trabajaba para mejorar su producción y costos unilateralmente.

Por consiguiente, al implantarse el Programa de Mejoramiento Continuo (Sistema Operativo de Barrick) se buscó el compromiso de todos los Trabajadores, desde la Alta Dirección hasta los Operadores de Primera Línea, planteándose mejorar el rendimiento de los equipos y la gestión humana dentro del contexto de la modernidad.

III.4 Identificación del Área con Mayor Impacto Económico

Una vez que todo el personal comprendió la misión y visión de la Empresa, se inició a desarrollar el Programa de Mejoramiento Continuo identificándose “Indicadores Claves de Rendimiento” (KPIs) . Los tres indicadores identificados con mayor impacto económico, tal como lo muestra la figura N° 18, fueron: Throughput en Chancado (Toneladas húmedas procesadas por hora operativa), Utilización en Chancadora y Disponibilidad en Chancadora.

El criterio se basó en el incremento del flujo de caja operativo si es que cada uno de los indicadores logran alcanzar los valores de los límites técnicos. Los límites técnicos resultan de valores tales como el mejor día de producción (caso throughput) y el mes con menos tiempos perdidos en chancadora (caso disponibilidad y utilización). Como meta se trazó de reducir el 33% de la brecha entre los valores actuales y los límites técnicos por año.

Justificación Económica

Realizado en el mes de Abr-02 con valores promedio de Oct-01 hasta Mar-02

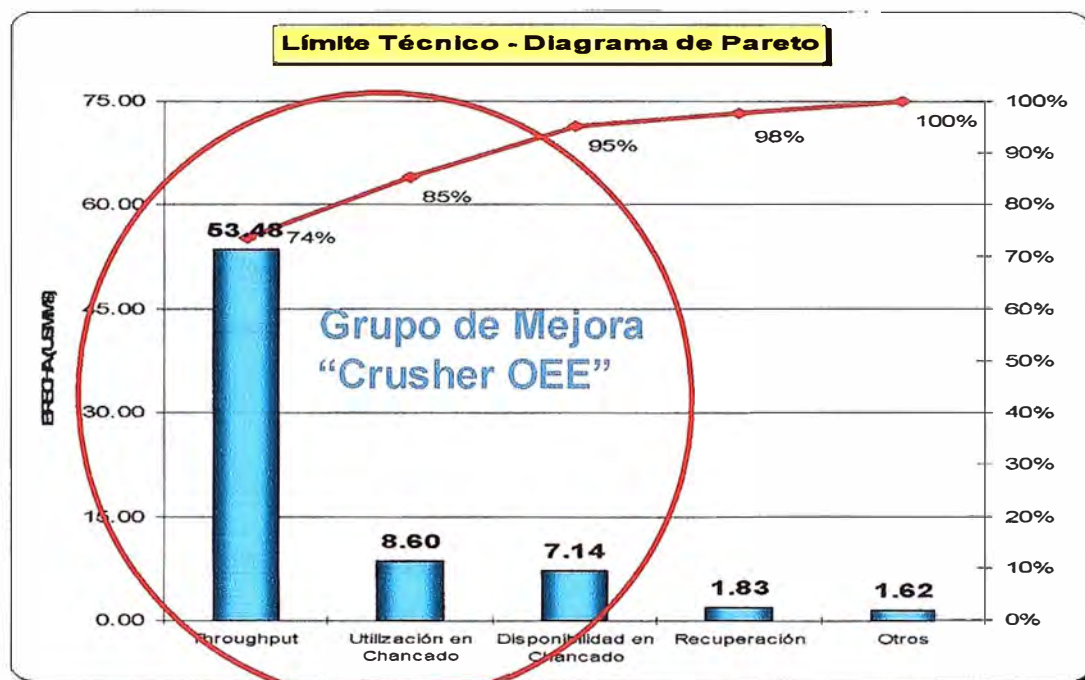
KPI	Objetivo	Incremento del Flujo de Caja Operativo									
Throughput en Chancado (Límite Técnico: 2,330 TPOH)	Incremento de las toneladas húmedas por hora operativa	Tonelaje				Producción		Efecto del Flujo de Caja Operativo			
		Extra TPOH	Horas por año	Utilización	Disponibilidad	Ley	Recuperación	Precio del Au (\$)	Costos Variables	Toneladas Extras	Impacto (USM\$)
		565	8,760	89.6%	89.8%	2.03	80%	300	2.24	3,983,656	
		Toneladas			3,983,656						
		Onzas					207,998				
		Ingresos						62.40			
		Costos Operativos								8.92	
		Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 100%)									653.48
		Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 33%)									17.65
		Utilización en Chancadora (Límite Técnico: 94.2%)	Incremento de la Utilización en Chancado	Tonelaje				Producción		Efecto del Flujo de Caja Operativo	
TPOH	Horas por año			Extra Utilización	Disponibilidad	Ley	Recuperación	Precio del Au (\$)	Costos Variables	Toneladas Extras	Impacto (USM\$)
1765	8,760			4.6%	89.8%	2.03	80%	300	2.24	640,353	
Toneladas					640,353						
Onzas							33,435				
Ingresos								10.03			
Costos Operativos										1.43	
Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 100%)											98.60
Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 33%)											62.94
Disponibilidad en Chancadora (Límite Técnico: 93.7%)	Incremento de la Disponibilidad en Chancado			Tonelaje				Producción		Efecto del Flujo de Caja Operativo	
		TPOH	Horas por año	Utilización	Extra Disponibilidad	Ley	Recuperación	Precio del Au (\$)	Costos Variables	Toneladas Extras	Impacto (USM\$)
		1765	8,760	89.6%	3.8%	2.03	80%	300	2.24	531,912	
		Toneladas			531,912						
		Onzas					27,773				
		Ingresos						8.33			
		Costos Operativos								1.19	
		Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 100%)									127.74
		Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 33%)									83.93
		Recuperación	Mejorar el Proceso Metalúrgico	Tonelaje				Producción		Efecto del Flujo de Caja Operativo	
TPOH	Horas por año			Utilización	Extra Disponibilidad	Ley	Extra Recuperación	Precio del Au (\$)	Costos Variables	Toneladas Extras	Impacto (USM\$)
1765	8,760			89.6%	89.8%	2.03	0.75%	300	-	12,444,518	
Toneladas					12,444,518						
Onzas							6,092				
Ingresos								1.83			
Costos Operativos										0.00	
Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 100%)											11.83
Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 33%)											0.83

Otros KPI's

0.53 M\$ por disponibilidad en camiones Cat 785C	
0.3 M\$ por menor consumo de Cianuro	
0.48 M\$ por vida de llantas 0.34 y 0.14 (camiones y cargadores)	
0.31M\$ por costo de Mto.	
Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 100%)	11.83
Flujo de Caja Operativo anualizado (Cierre brecha, 33%)	0.83

Tabla N° 2: Identificación del Área con Mayor Impacto Económico

Al analizar el vínculo que tenían los 3 indicadores claves de rendimiento se llegó a la conclusión de que la Planta de Chancado era el área que mayor impacto económico generaba en la Empresa. Por ello, se formó el Grupo de Mejora “Crusher OEE”.



Nota: Los valores de Límites Técnicos fueron obtenidos por aquellos valores resultantes del mejor día (caso Throughput) y mejor mes (caso Disponibilidad y Utilización) en toda la historia de la mina Pierina.

Figura N° 18: Límite Técnico – Diagrama de Pareto

Los roles de los Integrantes de este Grupo de Mejora fueron:

- **Líder:** Integrar los esfuerzos del grupo aprovechando la sinergia del mismo hacia un objetivo común que agregue valor.
- **Soporte:** Apoyar en la sustentación del proyecto.
- **Analista:** Controlar los avances de las tareas.
- **El Equipo:** Comprometerse con un objetivo común.
- **Entrenador en Mejoramiento Continuo (“CI Coach”):** Asesorar al equipo en el desarrollo del proyecto.

Este grupo fue un grupo multifuncional de diferentes áreas, la cual desarrolló el “Método de Solución de Problemas”.

III.5 Operación de la Planta de Chancado

La planta de chancado de Pierina fue diseñada inicialmente para una tasa de 19,500 toneladas diarias, operando con dos turnos de 12 horas al día.

El sistema de chancado se puede controlar por medio de computadora ubicada en el cuarto de control del primario. Además, cada equipo dispone de un control manual para ser operado en caso de emergencia en coordinación con el operador del cuarto de control.

El mineral es acarreado desde el tajo abierto por medio de camiones de 153 toneladas que alimentan a la chancadora primaria giratoria 42”-65”, de marca “Svedala”. El mineral es reducido a un tamaño nominal de 150mm. (6” de diámetro promedio).

Una faja alimentadora (“belt feeder”) recepciona el mineral proveniente de la chancadora primaria y es transferido a una velocidad controlada hacia una faja transportadora (faja transportadora #1), la cual descarga a un chute de tres vías, que alimenta a dos zarandas (“Simplicity”) de doble malla 8’ x 24’, el piso superior de malla de 3” y la inferior de 1 ½”.

Los productos menores de 1 ½” (“undersize”), pasan directamente a la correa transportadora #2 y las mayores a 1 ½” (“oversize”) pasan a la chancadora secundaria de cono marca “Nordberg”, que reduce el material a 100% -1 ½”, descarga a la faja transportadora #2, esta a su vez descarga a una faja sobreterreno (overland conveyor) que transporta al mineral a lo largo de 2,360 m. para descargar a la faja #3, quien transfiere el mineral a la tolva de 3000 TM de capacidad. El mineral de la tolva es cargado en camiones para su acarreo hacia las pilas de lixiviación (Ver diagrama de flujo en el Anexo # 1).

III.6 Desarrollo del Método de Solución de Problemas

III.6.1 Fase 1: Diagnosticar Oportunidades y Lograr Metas

El primer paso a seguir antes de reorganizar algo, es identificar los problemas que no permiten alcanzar las metas, debido a que los problemas deben tomarse como oportunidades de mejoras.

Al identificarse el área con mayor impacto económico se determinaron 3 indicadores claves de rendimiento que se constituyeron en objetivos de mejoras para nosotros:

Indicadores Claves de rendimiento	Definición	Afectado principalmente por:
Throughput en Chancado	Tonelaje procesado en una unidad de tiempo. Se expresa en: Toneladas húmedas por hora operativa.	Calidad de mineral, humedad del mineral, eficiencia de chancadoras cónicas y zarandas, capacidad de arrastre de la faja sobreterreno.
Disponibilidad en Chancadora	Es la fracción de tiempo que el equipo está disponible para ser operado. Se expresa en %.	Tiempos de paradas por mantenimiento preventivo y fallas de equipo.
Utilización en Chancadora	Es el tiempo real de uso de los equipos. Se expresa en %.	Demoras por espera de mineral y atoros.

Tabla N° 2: Indicadores Claves de Rendimiento en la Planta de Chancado

III.6.1.a Identificar y Seleccionar el Problema

El objetivo de la selección del problema es identificar el problema base. Esta tarea se realizó con la participación de todos los miembros del equipo, usando la técnica denominada “tormenta de ideas” o “brainstorming”.

La generación de ideas para la identificación del problema se inició cuando el líder del grupo formuló las siguientes preguntas: ¿Cuáles son nuestros principales problemas en la actualidad? y ¿Qué podemos mejorar?. Las respuestas a estas preguntas se registraron, revisaron e identificaron.

Con la lista simplificada, el equipo seleccionó el problema más importante, en nuestro caso se trató del “Tiempo Perdido en la Planta de Chancado”, este problema cumplía con las siguientes condiciones:

- Común a todos los miembros
- Necesario y relevante para el grupo o área de trabajo
- Desafiante, pero posible.

FACTORES QUE NO PERMITEN ALCANZAR EL 100% DE LA PRODUCCION				
Causas de pérdida de tiempo (Planta de Chancado)	Tiempo perdido (horas) - 2001	Promedio mensual	%	Indicador afectado
1 Demora de camiones a la chancadora	565	47	26%	Utilización
2 Mantenimiento Preventivo	511	43	24%	Disponibilidad
3 Bloqueos de las chancadoras (mineral húmedo, fino, duro)	123	10	6%	Utilización
4 Cambio de Guardia	158	13	7%	Utilización
5 Fallas técnicas en el equipo (zarandas, motores, etc)	315	26	15%	Disponibilidad
6 Limpieza del splitter y chutes (mal diseño)	52	4	2%	Utilización
7 Paradas por voladura	22	2	1%	Utilización
8 Equipos parados por falta de fluido eléctrico	46	4	2%	Disponibilidad
9 Fallas en el equipo crítico (rompedor de rocas)	60	5	3%	Disponibilidad
10 Atoro en zarandas	42	4	2%	Utilización
12 Inspecciones de los equipos	179	15	8%	Utilización
13 Otros	77	6	4%	
Total	2,152	179	100%	

* Data obtenida del Sistema “Dispatch”

Figura N° 19: Factores que no permiten alcanzar el 100% de la producción

III.6.1.b Entender el Problema y Fijar Metas

La mayoría de los problemas identificados se presentaron como pérdidas que se deben a fallas en la administración y fallas en la ingeniería de proceso. Con el respaldo de la data obtenida en la figura N° 19, se hizo uso de la herramienta del “Diagrama de Pareto”, que nos permite separar e identificar rápidamente cuáles son los principales problemas a resolver, es decir:

Dividir un gran problema en problemas menores más fáciles de resolver, con la participación de todo el equipo.

Priorizar los problemas para resolver los más importantes.

Establecer los objetivos de resolución de problemas concretos y alcanzables.

Cuantificar el impacto de las acciones emprendidas para lograr mejoras.

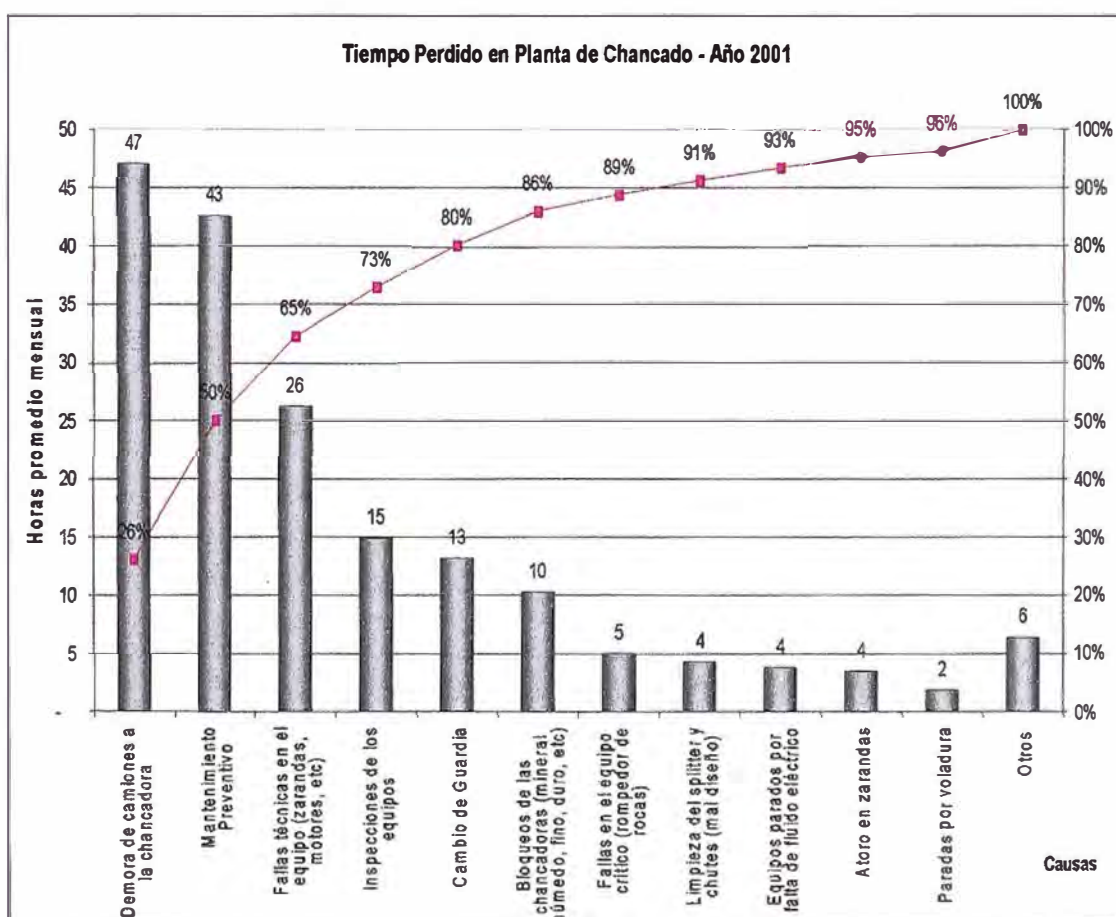


Figura N° 20: Diagrama de Pareto, Tiempo perdido en Planta de Chancado

Al evaluar el diagrama anterior, se estableció que los principales factores provienen de causas que representan el mayor porcentaje de incidencia en los problemas, tal es así que los problemas que inciden con el 80% de la solución son:

- Demora de camiones en chancadora
- Mantenimiento preventivo
- Fallas técnicas en equipos
- Inspecciones de los equipos
- Cambio de guardia
- Bloqueos de las chancadoras

Por consiguiente, se fijaron metas para los 3 indicadores claves de rendimiento:

Indicadores	Promedio 2001 (Pr)	Límite Técnico (LT)	Brecha (LT – Pr)	Brecha a reducir (33%)	Valor meta
Throughput	1,566	2,330	764	252	1,818
Disponibilidad	86.72%	93.70%	6.98%	2.30%	89.02%
Utilización	86.99%	94.20%	7.21%	2.38%	89.37%

* Los valores de Límites Técnicos fueron obtenidos por aquellos valores resultantes del mejor día (caso Throughput) y mejor mes (caso Disponibilidad y Utilización) en toda la historia de la mina Pierina.

Tabla N° 3: Valores meta de los Indicadores Claves de Rendimiento

III.6.2 Fase 2: Generar y Evaluar Ideas

III.6.2.a Analizar las Causas

Haciendo un análisis de las causas, según el Diagrama de Pareto (figura N° 20), éstas se constituyen en oportunidades de mejora de la producción, sin inversiones significativas, ya que se pueden realizar con una simple reorganización que puede ser aplicada fácilmente. Sin embargo, toda decisión implica un riesgo, pero lo fundamental en la toma de decisiones es que ésta se encuentre cimentada en antecedentes básicos que hagan que las decisiones se adopten concientemente y

con el más pleno conocimiento, para que las estadísticas mejoren al término de aplicar las soluciones a los problemas.

Para la identificación de las causas se recurrió nuevamente a la técnica de “tormenta de ideas”, con el objeto de generar la lista de las causas del problema, para luego confeccionar el Diagrama de “Causa – Efecto” o “Espina de Pescado”, que nos ayudará a identificar las causas raíces concentrando su atención en los siguientes puntos:

- Considerar el problema desde todos los ángulos.
- Buscar ideas en los proveedores y clientes.
- Trabajar sobre las ideas de otros.
- Usar la técnica del 5W (Qué, Quién, Por qué, Cuándo, Dónde).

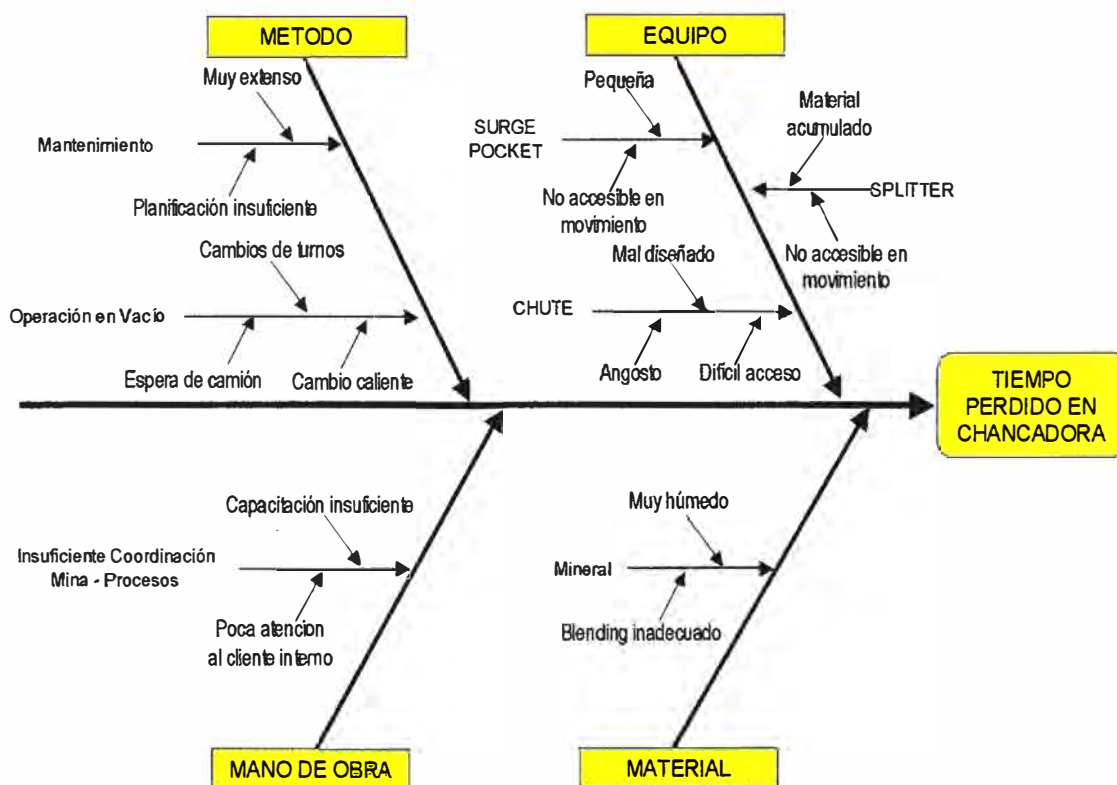


Figura N° 21: Diagrama Causa – Efecto, Tiempo Perdido en Chancadora

III.6.2.b Generar y Priorizar Soluciones

El objetivo no es ni más ni menos, que la búsqueda de la solución inteligente a un problema que tiende a crear y analizar por sí mismo en forma sistemática, un conjunto de antecedentes, que nos permite juzgar cualitativamente y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a las iniciativas planteadas y que ayudarán a solucionar las deficiencias encontradas.

En la figura N° 22 se muestran las principales soluciones identificadas:

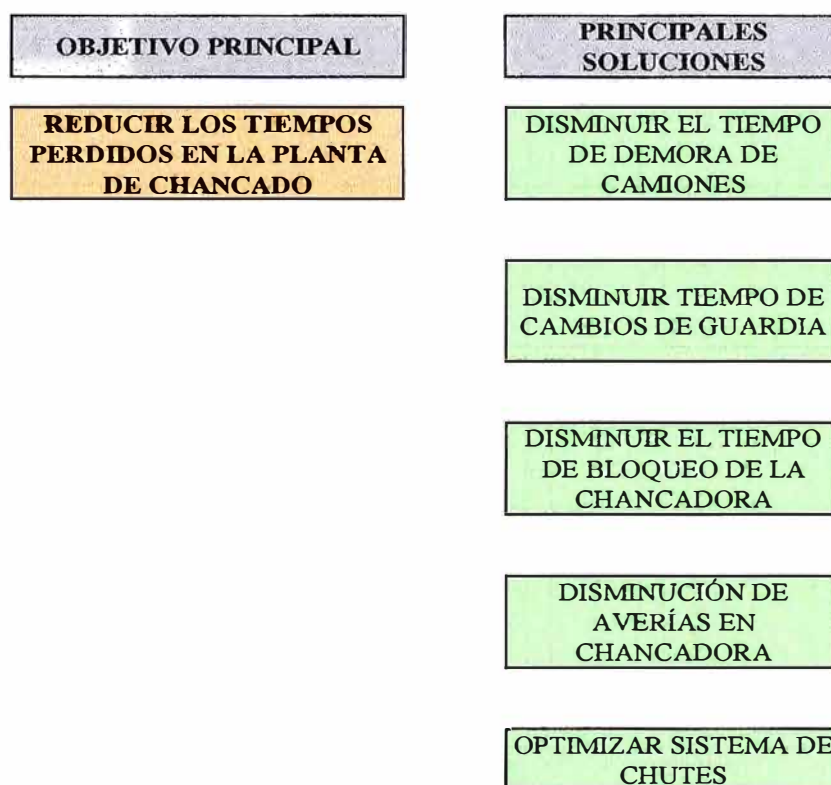


Figura N° 22: Soluciones para reducir los tiempos perdidos en la Planta de Chancado

III.6.3 Fase 3: Implementación del Plan

III.6.3.a Implementar Soluciones

Antes de comenzar con la solución del problema para nuestro Programa de Mejoramiento Continuo, éste se definió como una desviación existente entre lo que debería estar sucediendo y lo que realmente sucede, con una importancia y urgencia que amerite su corrección. Así se propusieron los siguientes planes:

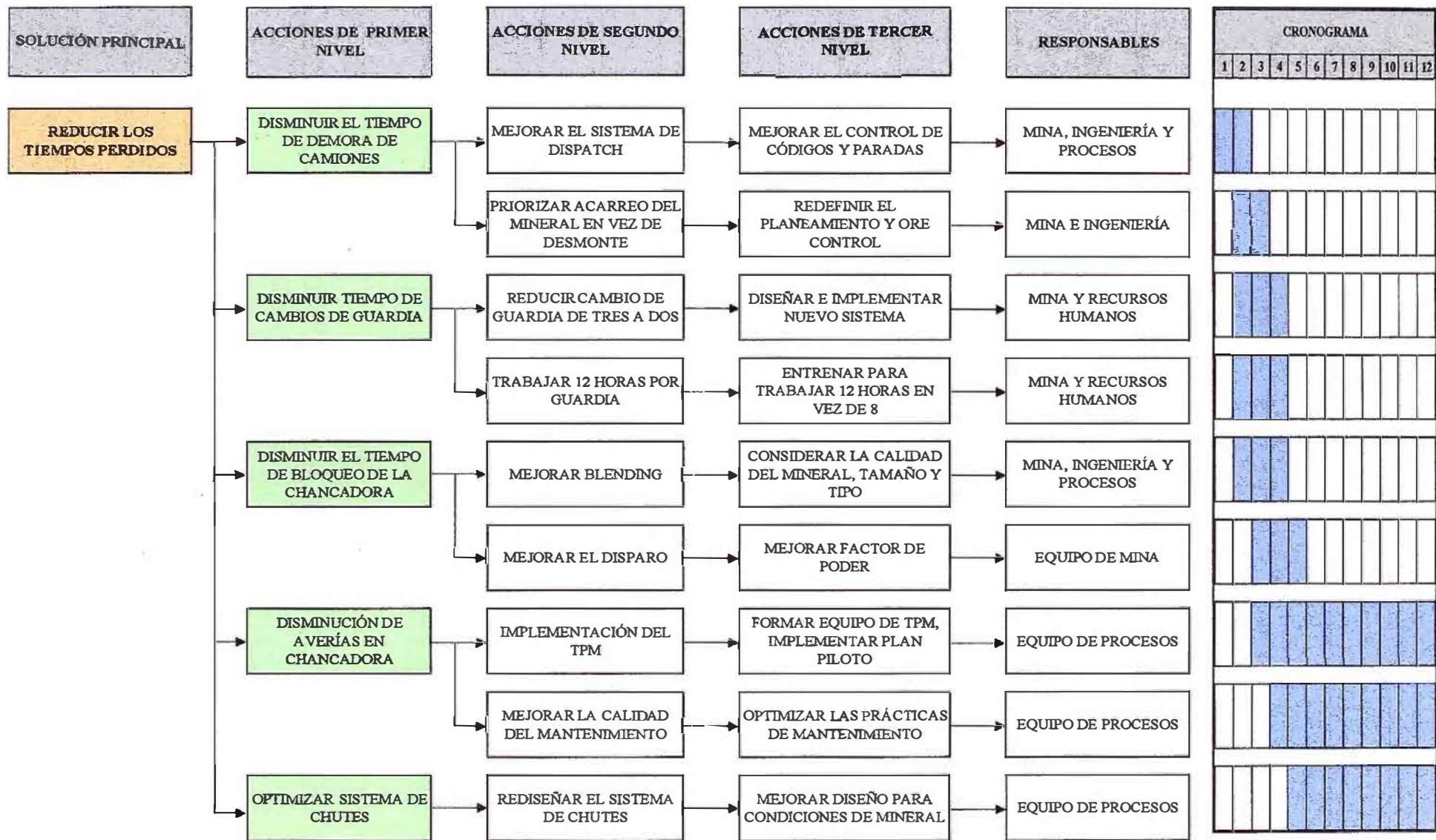

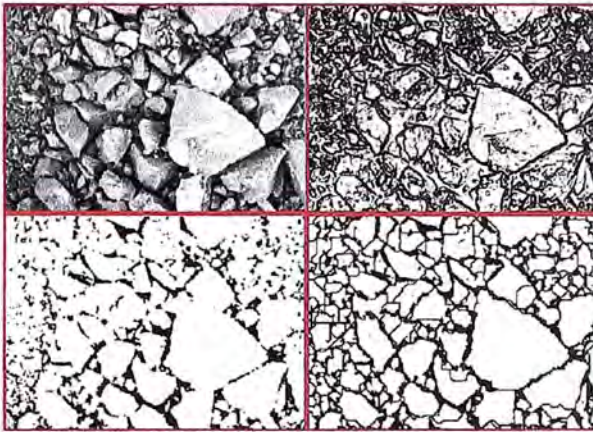
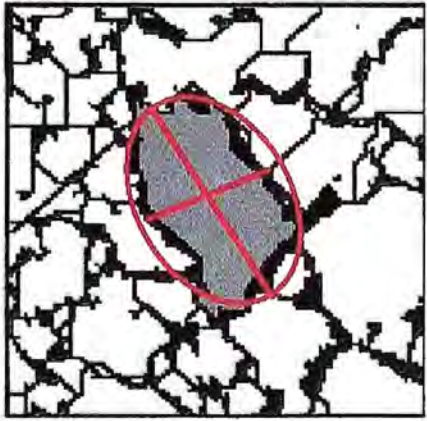






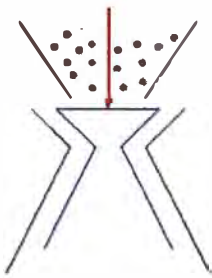

Figura N° 23: Implementación de planes para reducir los tiempos perdidos en la Planta de Chancado



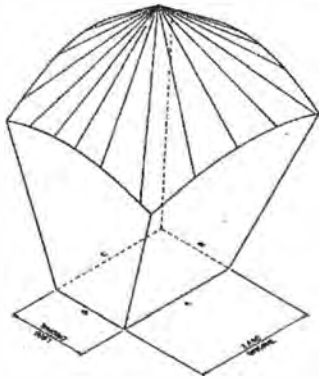
Proyectos desarrollados

IMAGEN DIGITAL “SPLIT-ONLINE” (Abr-02 / Jul-02)	
Objetivos:	Determinar la adecuada distribución granulométrica del mineral chancado que ingresa al “Leach Pad”.
Costos:	\$ 74,847
Detalles:	<div style="display: flex; flex-direction: column;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; padding: 5px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Faja Alimentadora: Cámara #1, luminarias de alta frecuencia con 12 lámparas, conversores de cable coaxial a fibra óptica.</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Faja Sobreterreno: Cámara #2, luminarias de alta frecuencia con 16 lámparas, conversores de cable coaxial a fibra óptica.</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <div style="width: 45%;"> <p>Cuarto de control: Computadora y “computer box” (conversores de fibra óptica a cable coaxial).</p> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div> </div>


	<p>Imagen de video en escala de grises</p>	
	<p>Delineación de partículas</p>	
	<p>Cálculo de tamaño: Es calculado a partir de los ejes mayor y menor de una elipse generada por el software.</p>	
<p>Beneficios:</p>	<p>Se puede obtener el tamaño de los productos en tiempo real, cualquier indicación de sobre tamaño indicará que el operador tiene que ajustar el “set” en forma inmediata, esta acción de cerrar el “set” demora no más de dos minutos, reduciéndose de esta forma el tiempo por esta acción. Además que aseguramos un producto uniforme y dentro de los parámetros establecidos, asegurándose la recuperación del oro en el “leach pad”.</p>	

DISTRIBUIDOR DE CARGA “SPLITTER” (Abr-02 / Ago-02)	
Objetivos:	Distribuir igual carga a ambos circuitos de las chancadoras secundarias.
Costos:	\$ 12,678
Detalles:	<p>Distribuidor de carga.</p> 
	<p>Mecanismo de control.</p> 
	<p>Chute del “splitter”.</p> 
Beneficios:	Se obtiene una mejor distribución de carga, manteniendo de esta forma amperajes constantes y parejos en ambos circuitos. Nos permite optimizar el tonelaje pasado en cada uno de los circuitos.

MODIFICACIÓN DE CHUTE A CÓNICAS (May-02 / Ago-02)		
Objetivos:	Alimentación adecuada de las Chancadoras Secundarias.	
Costos:	\$ 32,755	
Detalles:	Alimentación a chancadoras cónicas.	
	El mineral cae en medio del plato distribuidor.	
	Chute a chancadoras cónicas (vista lateral).	
Beneficios:	Mejor alimentación a cada una de las cónicas, haciéndola más continua y uniforme. Esto permite un trabajo con amperajes más estables y un desgaste más parejo de los forros (“liners”). A su vez, evita el amarre entre las rocas aplanadas, reduciendo al mínimo la posibilidad de atoro y parada por este motivo. También disminuye la acumulación de mineral entre la boca de descarga de las zarandas y la boca de alimentación a las cónicas, cuando este venga fino y húmedo, reduciendo la posibilidad de sobrecarga de las zarandas y el tiempo de limpieza.	

MODIFICACIÓN DEL “SURGE POCKET” (May-02 / Sep-02)	
Objetivos:	Aumentar la capacidad del “Surge Pocket” (chute de descarga al belt feeder) y la alimentación de las Chancadoras Secundarias.
Costos:	\$ 112,257
Detalles:	<p>Área original.</p> 
	<p>Área modificada: El área se incrementó de 3.90 m² a 11.48 m².</p> 
	<p>Se incrementó la capacidad viva de 83 toneladas a 182 toneladas.</p> 
Beneficios:	Se aumentó la capacidad viva de almacenamiento del “surge pocket”, disminuyendo la cama muerta del mismo. Este aumento nos permite mantener más constante la velocidad de alimentación minimizando la posibilidad de atoro de la chancadora primaria por una parada intempestiva de cualquier equipo a lo largo del circuito.

MODIFICACIÓN DEL “ORE BIN” (May-03)	
Objetivos:	Evitar los problemas de flujo durante la descarga cuando el mineral contiene una alta humedad.
Costos:	\$ 247,321
Detalles:	
Área de descarga original.	
Área de descarga actual: Se incrementó el área de 1.56 m ² a 3.24 m ² .	
Compuertas originales (neumáticas).	
Compuertas actuales (hidráulicas)	

Beneficios:	<ul style="list-style-type: none"> - Se ha obtenido un mayor área de descarga del orden del 107%. - Menor tiempo de descarga, de 120 seg a 45 seg con posibilidad real de disminuir a 30 seg / camión de 153 ton. - Ahorro en camiones de mina, de 3.5 camiones a 2 camiones en forma normal en la operación de acarreo del “Ore Bin” a “Leach Pad”. - Un beneficio adicional es la tolva para la desviación de carga durante el proyecto, quedando para operar en caso de emergencia, sin parar la producción.
	

III.6.3.b Evaluar Resultados

El tonelaje promedio diario se ha incrementado desde 26,509 toneladas por día en el año 2,001 a 38,048 toneladas por día en el año 2003. La tabla siguiente muestra los logros obtenidos en la Planta de Chancado:

Item	2001	2002	2003
Toneladas secas por año (millones)	9.68	11.73	13.89
Toneladas secas promedio por día	26,509	32,142	38,048
Tiempo perdido en chancado (horas)	2,152	1,855	1,563
Toneladas húmedas por hora operativa	1,566	1,814	2,062
Disponibilidad en Planta de Chancado (%)	89.01%	91.17%	92.54%
Utilización en Planta de Chancado (%)	86.99%	88.55%	90.10%

Tabla N° 4: Cuadro de resumen de los indicadores claves de rendimiento

A continuación se muestran los valores comparativos para los indicadores claves de rendimiento:

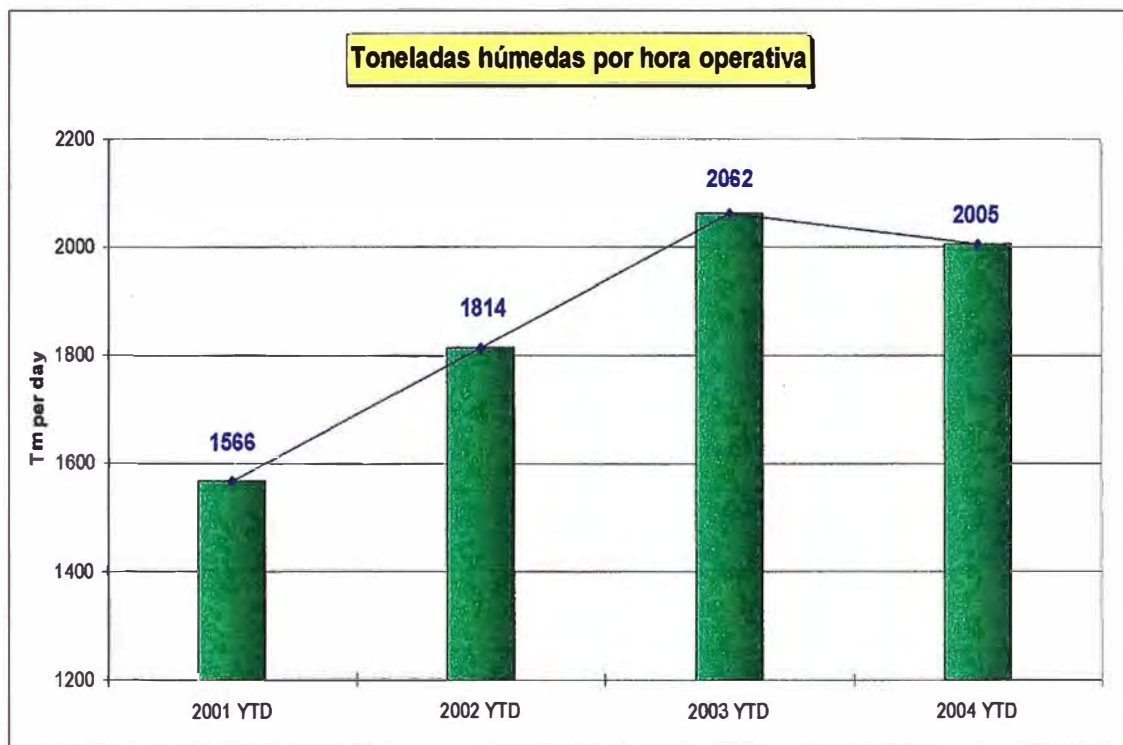


Figura N° 24: Toneladas húmedas por hora operativa ("Throughput")

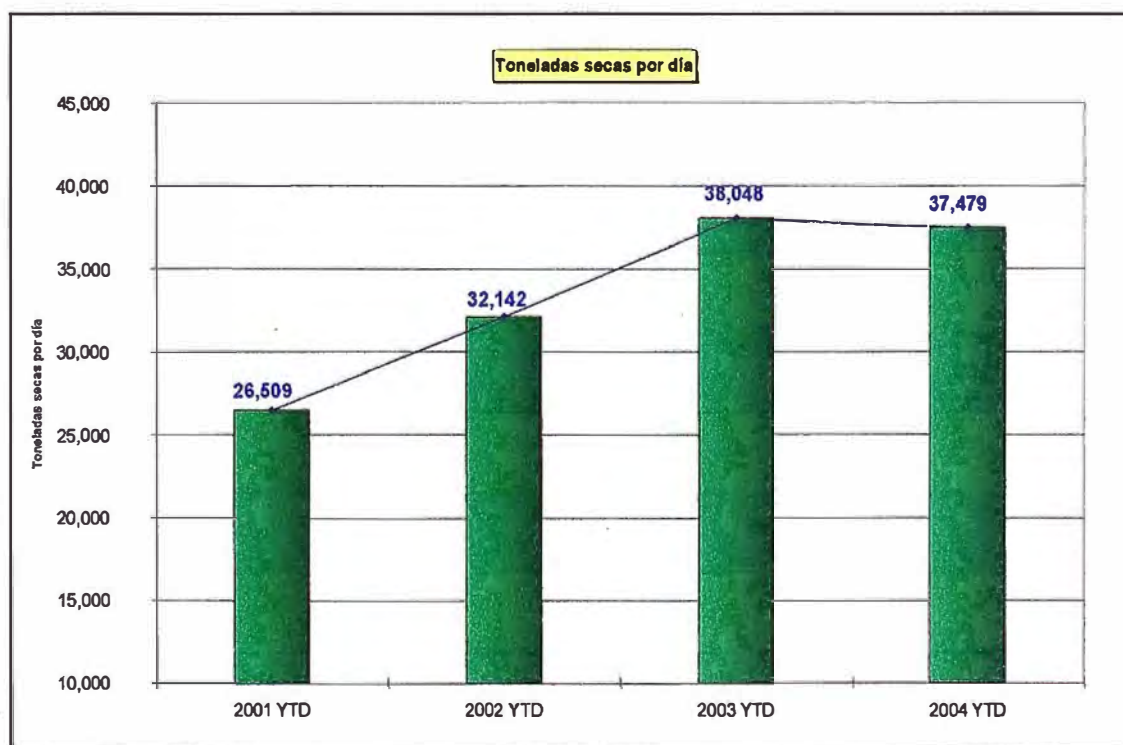
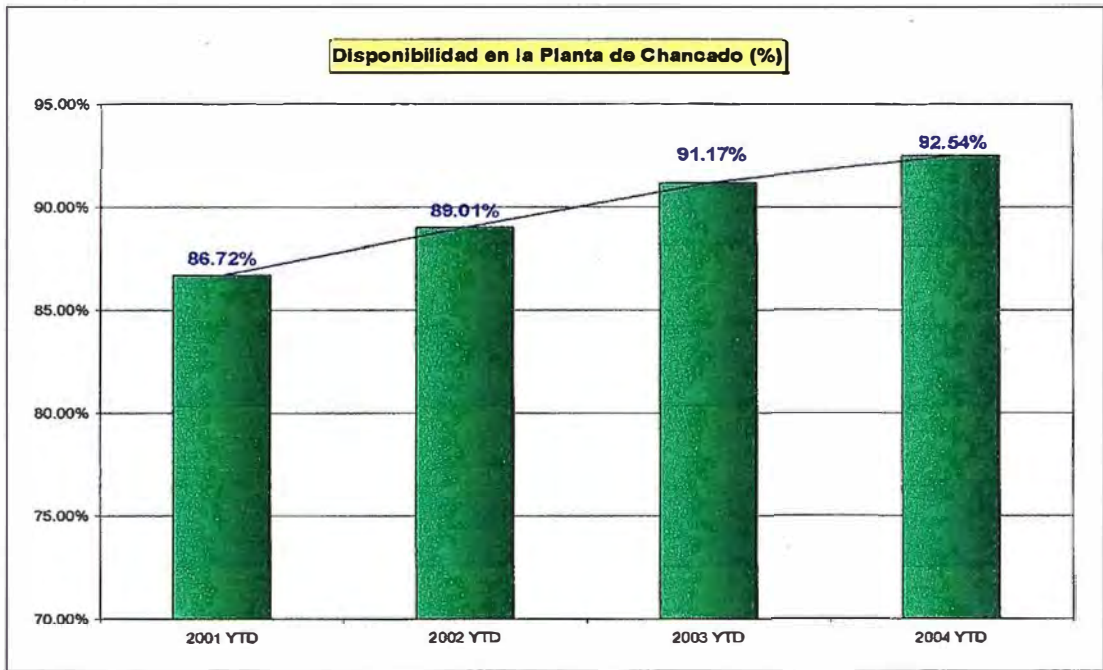
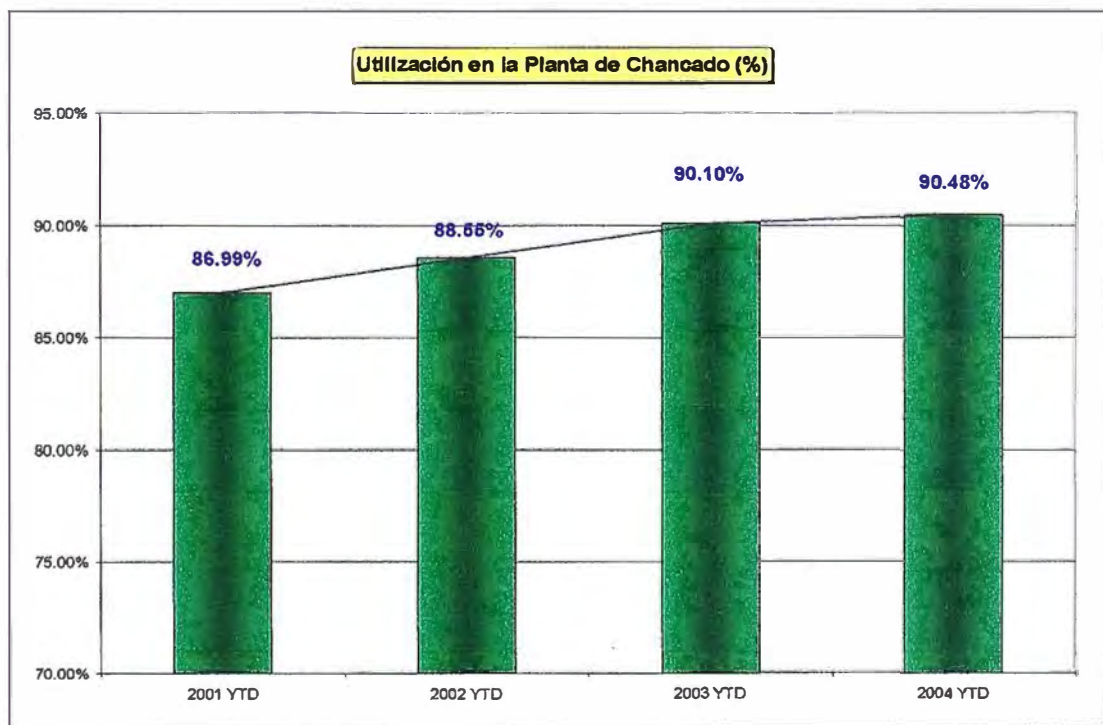


Figura N° 25: Toneladas secas promedio por día



$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Total horas por año} - \text{Total horas de mantenimiento y fallas en el año})}{\text{Total horas por año}}$$

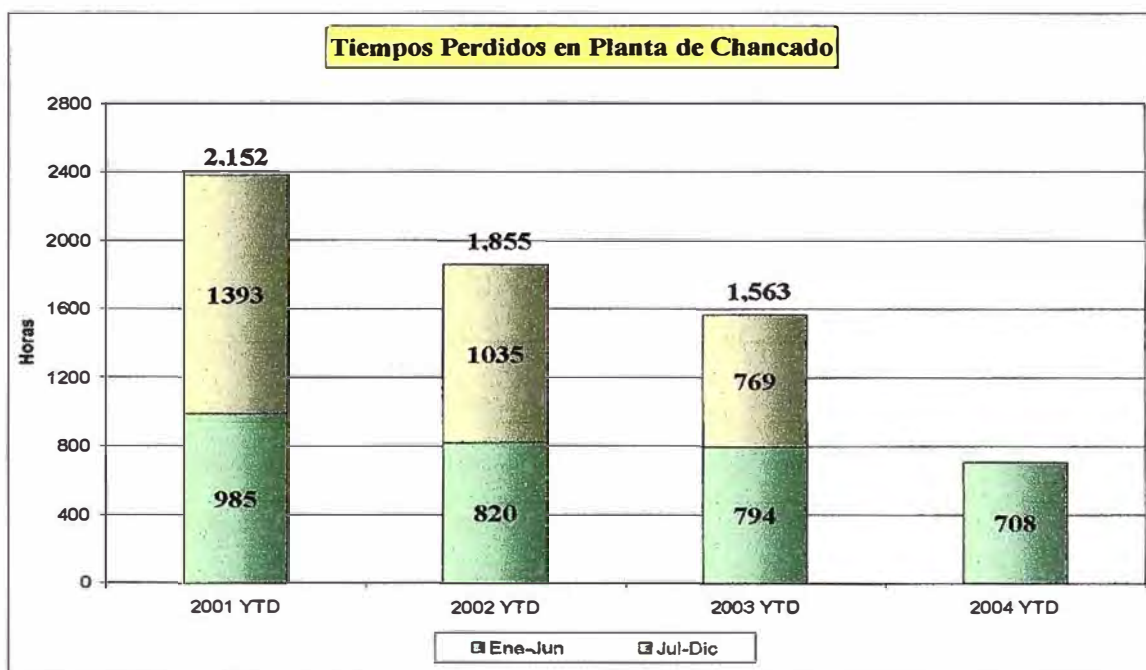
Figura N° 26: Disponibilidad en Planta de Chancado



$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Total horas de mantenimiento y fallas en el año} - \text{Total horas por demoras})}{\text{Total horas de mantenimiento y fallas en el año}}$$

Figura N° 27: Utilización en Planta de Chancado

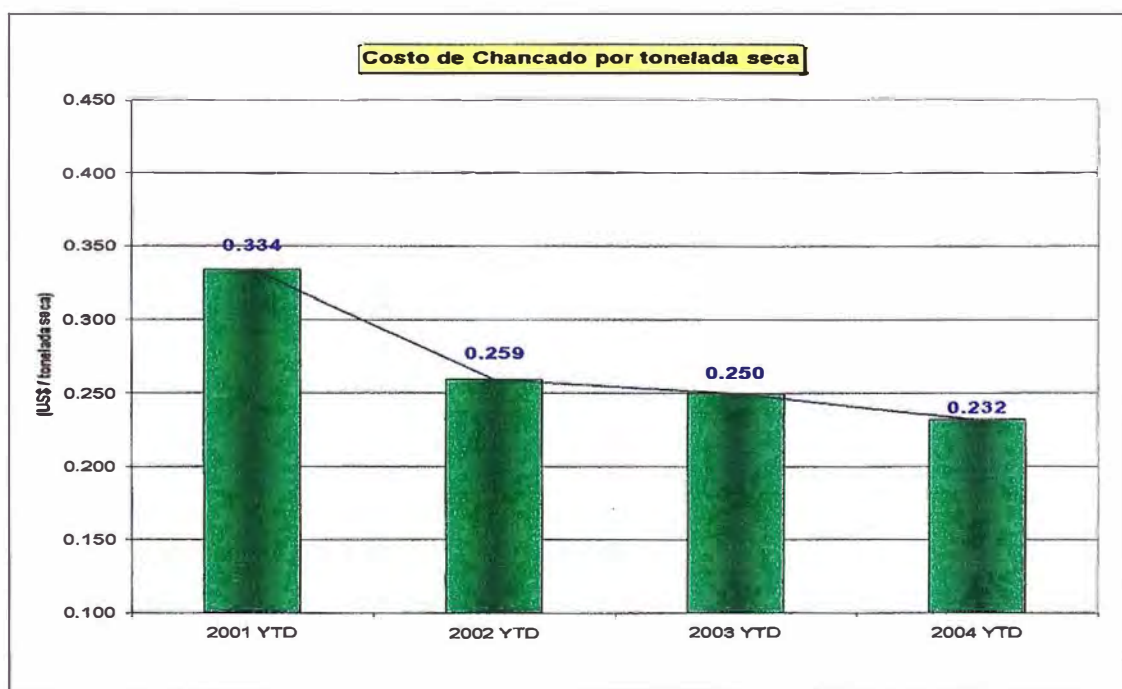
Es importante resaltar también la reducción de los tiempos perdidos en la Planta de Chancado:



* Fuente: Sistema Dispatch

Figura N° 28: Tiempos perdidos en Planta de Chancado

Así como su costo de chancado por tonelada seca:



* Fuente: Información real de costo de procesar 1 tonelada seca

Figura N° 29: Costo de chancado por tonelada seca

III.6.3.c Estandarizar

Como etapa final del Método de Solución de Problemas se realizaron procedimientos para controlar y asegurar las buenas prácticas. Esta etapa es la más difícil de todas debido a que el personal muchas veces opta por la complacencia.

Los procedimientos implementados son:

- Acarreo a chancadora - Volquetes CAT 785C, 785B y 777B.
- Utilización del rompedor de rocas para material duro.
- Remoción de rocas atrapadas en chancadoras.
- Inspecciones rápidas menores a 15 minutos en el circuito de chancado.
- Limpieza de metales en faja # 1 y faja # 2.
- Limpieza del distribuidor de carga.
- Uso del Digitalizador de Imagen “Split-Online”.
- Interface Sistema Dispatch – Planta de Chancado
- Comunicación durante el cambio de guardia.
- Preparación de Mantenimiento Preventivo.

 BARRICK MINERA BARRICK MISQUICHILCA S.A. POLÍTICAS Y/O PROCEDIMIENTOS	
AREA: OPERACIONES MINA	DOCUMENTO : OM-VQ-05
PROCEDIMIENTO: ACARREO A CHANCADORA VOLQUETES CAT 785C, 785B y 777B	REVISION : 01
	PAGINA : 1 DE 3
	FECHA ORIGINAL : 15/10/01
	FECHA VIGENCIA : 16/01/04

Figura N° 30: Procedimiento de Acarreo a Chancadora

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IV.1 Conclusiones

1. Para garantizar un desarrollo eficiente y por lo tanto el crecimiento de una Empresa, se debe tener en cuenta con qué personal se está trabajando, para que se cumplan los objetivos en forma oportuna y rentable. Por lo tanto, lo más importante para tales fines son las **personas**, quienes, en definitiva racionalizan la utilización eficiente de los recursos, de manera que se debe tener “la gente adecuada en el lugar adecuado”, con una cultura de disciplina, porque los grandes resultados sostenidos dependen de crear una cultura llena de personas auto disciplinadas que emprendan acciones disciplinadas tales como:
 - Trabajo en equipo, que se logra a través de una cooperación apropiada y buenas relaciones interpersonales.
 - Comunicaciones abiertas entre los equipos de trabajo donde prevalece prioritariamente la confianza.
2. De acuerdo a la evaluación de la información obtenida se pudo observar que los principales factores tuvieron origen en causas que podían resolverse mejorando la coordinación entre las áreas, por eso al respecto se propuso y se llevó a cabo un Programa de Capacitación del Personal en los siguientes temas:
 - Charlas explicativas sobre la calidad del mineral que se requiere en las pilas de lixiviación a fin de obtener mejor recuperación, al obtener mejor producto de la Planta de Chancado. Estas charlas fueron preparadas por los Departamentos de Procesos e Ingeniería , las que se difundieron a los operadores de Chancado y Mina.
 - Plan de Entrenamiento para los operadores de la Planta de Chancado y Operaciones Mina acerca de la importancia de trabajar en equipo, dándoles a conocer que la Empresa es su “Empresa” y que se tiene

objetivos globales así como una visión global, por lo tanto, cada equipo debía asumir los retos de cumplir los objetivos globales.

- Charlas sobre las comunicaciones eficientes de manera que se consiga mejoras en las coordinaciones, dando respuestas claras para que cada operador de las áreas involucradas tengan compromisos claros con respecto a lograr las metas de producción con calidad y seguridad respetando las políticas ambientales.
3. Otra de las soluciones para mejorar los tiempos perdidos en la chancadora (de 2,152 horas en el año 2001 a 1,563 horas en el año 2003) fueron los proyectos desarrollados, es decir, mejoras de ingeniería que han permitido incrementar las toneladas secas chancadas por día de 26,509 a 38,048 con una inversión de 479,858 dólares.

IV.2 Recomendaciones

Una de las medidas para mejorar el rendimiento de una empresa es mejorar la capacitación profesional del personal, y para lograr este objetivo se recomienda:

- Que todo el personal que labora en una empresa conozca la misión y visión de la empresa y la importancia de su participación para alcanzarlos.
- Se debe programar un plan de entrenamiento a los operadores de primera línea sobre la importancia de la coordinación efectiva en las operaciones para evitar demoras y por ende tiempos perdidos en un proceso productivo.
- Enseñar y dar a conocer que el personal debe asumir responsabilidades en relación a la calidad, producción, seguridad y medio ambiente.
- Establecer un sistema de reconocimiento al personal por obtener logros referente a los objetivos establecidos de seguridad, producción y medio ambiente.

V. BIBLIOGRAFÍA

1. “Administración Total del Mejoramiento Continuo. La nueva generación”
Autor: Harrington, H. James. Editorial Mc, Graw Hill Interamericana, S.A.,
Colombia. Año: 1997.
2. “La Renovación de las Empresas a través del camino crítico”. Autor: Beer,
Michael. Editorial: Mc. Graw Hill. Harvard Business School Press, España.
Año: 1992.
3. Texto del curso “Certificación para Facilitadores y Coordinadores TPM y
Lean Manufacturing”. Autor: “Mora International Consulting Services”. Año:
2003.
4. “Performance Management”. Autor: Minera Barrick Misquichilca S.A. Año:
2000.

VI. ANEXO

ANEXO 1: Diagrama de Flujo del Proceso Productivo

ANEXO 2: Glosario de Términos

ANEXO 2: Glosario de Términos

1. **Ideas Impacto vs Facilidad:** Está orientado a buscar ideas que causen un impacto positivo sin muchas dificultades y que puedan realizarse sin mayor inconveniente.
2. **Cóncavas:** Forros de acero al manganeso que se encuentra en contacto directo con el mineral, protegen a la chancadora.
3. **Chute:** Caja de transferencia entre fajas ó equipos.
4. **Disponibilidad:** Es la fracción de tiempo que el equipo está operando. Se expresa en %.
5. **KPI's (Key Performance Indicators):** Son los Indicadores Claves de Rendimiento orientados a un proceso ó a una persona, éstos deben medir objetivamente el rendimiento de una manera clara y precisa. Son susceptibles de ser mejorados y reflejan el resultado del proceso.
6. **Ore Bin:** Es la tolva de descarga de capacidad de 3,000 toneladas. Alimenta a los camiones que apilan el mineral en el valle.
7. **Utilización:** Es el tiempo real de uso de los equipos para chancar (triturando mineral). Se expresa en %.
8. **Tormenta de Ideas (Brainstorming):** Es una herramienta de trabajo grupal que facilita el surgimiento de nuevas ideas sobre un tema o problema determinado. La tormenta de ideas (Brainstorming), es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta fue creada en el año 1941, por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo no estructurado que

generaba más y mejores ideas, que las que los individuos podían producir trabajando de forma independiente; dando oportunidad de sugerir sobre un determinado asunto y aprovechando la capacidad creativa de los participantes.

9. **Throughput:** Es el tonelaje procesado en una unidad de tiempo. En nuestro caso se expresa en: toneladas / hora.

10. **Sistema Dispatch:** Permite obtener on-line el estado de todo el circuito de chancado, registrándose códigos que representan tiempos operativos, de demoras y paradas que afectan directamente a los 3 KPIs de chancado: Throughput, Disponibilidad y Utilización.



11. **Surge Pocket:** Bolsillo de descarga ubicado debajo de la chancadora primaria. Alimenta a la faja alimentadora “belt feeder”.