

# FACULTAD DE INGENIERÍA



CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

“SUPERVISIÓN DE LOS MOLINOS INDUSTRIALES PARA OPTIMIZAR EL INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE MINERALES EN UNA EMPRESA MINERA DEL DEPARTAMENTO DE PASCO – 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Mecatrónico

**Autor:**

Crhystiam Junior Pacchioni Advincula

**Asesor:**

Mg. Jorge Luis Contreras Cossio

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, agradecer a Dios por la guía y la fuerza que me brindo para seguir a pesar de los altos y bajos, a mis padres Gerardo y Luz quienes en todo momento me apoyaron y con sus consejos permitió que concluya esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Privada del Norte, porque me dio los conocimientos básicos que me permiten desempeñar eficazmente mi labor en los diferentes ámbitos profesionales de mi vida, a mis docentes de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, quienes con sus altos conocimientos afianzaron mis capacidades, habilidades y destrezas para la culminación de este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
TABLA DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN EJECUTIVO .....	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	18
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....	22
3.1. ETAPA DE PLANIFICACION Y DEFINICION.....	26
3.1.1 Identificar El Problema.....	23
3.1.2 Cronograma del Proyecto .....	26
3.1.3 Matriz de Despliegue de las Funciones de Calidad (QFD).....	27
3.1.4 Diagrama Sipoc (Proveedor, Entrada, Procesos, Salidas y Clientes).....	28
3.1.5 Diagrama De Proceso .....	28
3.1.6 Matriz Análisis Modal de Falla y Efectos (AMFE) .....	28
3.1.7 Sintesis de Conexión en el Equipo .....	28
3.1.8 Rapidas ganancia (Quick Wins) .....	29
CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....	31
4.1.Etapa de Medicion del Proceso e Indicadores .....	31
4.1.1 Fijacion de Variables .....	31
a. Disponibilidad.....	31
b. Utilización.....	32
c. Eficiencia Total.....	33
4.1.3 Plan de Obtencion de Datos .....	34

4.1.4 Autenticación de la Estructura de Medición .....	35
4.1.5 Comportamiento o Caracterización de Variables – RD 02 .....	36
a. Circuito RD02 - Disponibilidad.....	36
b. Circuito RD02 - Utilización .....	36
c. Circuito RD02 - Eficiencia .....	36
d. Circuito RD02 - OEE .....	43
4.1.6 Comportamiento o Caracterización de Variables – RD 03 .....	36
a. Circuito RD03 - Disponibilidad.....	36
b. Circuito RD03 - Utilización .....	36
c. Circuito RD03 - Eficiencia .....	36
d. Circuito RD03 - OEE .....	36
4.1.7 Comportamiento o Caracterización de Variables – RD 04 .....	36
a. Circuito RD04 - Disponibilidad.....	36
b. Circuito RD04 - Utilización .....	36
c. Circuito RD04 - Eficiencia .....	36
d. Circuito RD04 - OEE .....	36
4.1.8 Resumen de Comportamiento de Variables por Circuito.....	65
a. Estabilidad y Normalidad .....	65
b. Capacidad del Proceso.....	65
4.2. Etapa de Análisis de Datos Obtenidos .....	66
4.2.1 Análisis de Causas-Validación por Correlación y Regresión.....	66
4.2.2 Disponibilidad .....	66
a. Diagrama de Pareto.....	66
b. Análisis de Causa de Fallas .....	68
c. Análisis de Correlación y Regresión .....	71
4.2.3 Utilización... .....	73
a. Diagrama de Pareto.....	73

b. Analisis de Causa de Fallas .....	74
c. Analisis de Correlacion y Regresion .....	74
4.2.4 Eficiencia.....	75
a. Diagrama de Pareto.....	75
b. Analisis de Causa de Fallas .....	75
c. Analisis de Correlacion y Regresion .....	76
4.3.ETAPA MEDRA DE ANALISIS .....	76
4.3.1 Identificación de Soluciones.....	76
a. Disponibilidad.....	76
b. Utilizacion .....	78
c. Eficiencia .....	79
4.3.2 Análisis Estadístico-Test de Hipótesis .....	80
a. Implementación de Preuso de Operación .....	81
b. Control Diario de Cumplimiento de Mantto Preventivo .....	82
c. Sensores en Faja .....	83
d. Control Diario de Operación de Bombas .....	84
4.3.3 Diseño de Experimentos (DOE).....	85
a. Análisis Diseño Circuito RD02 .....	86
b. Análisis Diseño Circuito RD03 .....	91
c. Análisis Diseño Circuito RD04 .....	97
4.3.4 Matriz Analisis Modal de Falla y Efecto de las Soluciones .....	104
4.3.5 Riesgos Identificados Considerando las Soluciones .....	105
4.3.6 Matriz del Plan de Comunicacion .....	106
4.4.Etapa de Control de Procesos e Indicadores .....	106
4.4.1 Desempeño Del Proceso Despues de la Mejora .....	106
a. Desempeño Circuito RD02 .....	106
b. Desempeño Circuito RD03.....	107

c. Desempeño Circuito RD04 .....	107
d. Desempeño Circuito Total.....	108
4.4.2 Comparación de Capacidades (antes y después de la mejora) .....	112
4.4.3 Plan de Implementación .....	113
4.4.4 Documentos y Procedimientos .....	114
4.4.5 Operaciones .....	114
4.4.6 Plan De Entrenamiento.....	116
4.4.7 Plan de Control.....	117
4.4.8 Tablero De Control.....	117
4.4.9 Oportunidades De Replicación.....	119
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	121
5.1.Conclusiones .....	121
5.1.1 Del Proyecto .....	121
5.1.2 De la Aplicación de Herramientas de Gestion.....	122
5.1.3 De la Aplicación a Futuro.....	123
5.1.RECOMENDACIONES .....	124
REFERENCIAS.....	125
ANEXOS.....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparacion de Kpi's.....	24
Tabla 2 Limites Tecnicos por Circuito .....	25
Tabla 3 Comparativa de Rendimiento .....	25
Tabla 4 Matriz de Despliegue de Funcion de Calidad.....	27
Tabla 5 Sintesis de Conexion .....	29
Tabla 6 Quick Wins.....	30
Tabla 7 Límite Técnico por Circuitos.....	33
Tabla 8 Plan de Obtencion de Datos .....	35
Tabla 9 Resumen de Caracterización de Variables .....	65
Tabla 10 Resumen de Capacidad del Proceso por Circuito.....	66
Tabla 11 Tabla de Causas.....	68
Tabla 12 Fallas a Analizar .....	68
Tabla 13 Test de Hipótesis .....	71
Tabla 14 Causas que Afectaron las Horas de Utilización .....	73
Tabla 15 Test de Hipótesis de Causa Principal .....	74
Tabla 16 Resumen de Planes de Acción a Implementar .....	81
Tabla 17 Consideraciones para el Diseño de Experimento .....	85
Tabla 18 Plan de Comunicaciones de Mejoras.....	106
Tabla 19 Plan de Implementacion .....	114
Tabla 20 Plan de Entrenamiento de Procedimientos - Operaciones Planta.....	115
Tabla 21 Plan de Entrenamiento de Procedimientos de Mantenimiento.....	116
Tabla 22 Indicadores a Monitorear .....	117
Tabla 23 Oportunidad de Replicar el Proyecto de Mejora .....	120

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tonelaje Acumulado Mensual .....	23
Figura 2 Tonelaje Promedio Diario .....	24
Figura 3 Gantt del Proyecto.....	26
Figura 4 Molino Rodmill 2.....	33
Figura 5 Molino Rodmill 3.....	34
Figura 6 Molino Rodmill 4.....	34
Figura 7 Gráfica de Estabilidad I-MR - Disponibilidad Rodmill 2.....	36
Figura 8 Grafica de Normalidad – Disponibilidad Rodmill 2.....	37
Figura 9 Tranformaciones Individuales – Disponibilidad Rodmill 2 .....	37
Figura 10 Capacidad de Proceso – Disponibilidad Rodmill 2 .....	38
Figura 11 Gráfica de Estabilidad I-MR – Utilizacion Rodmill 2 .....	39
Figura 12 Grafica de Normalidad – Utilización Rodmill 2 .....	39
Figura 13 Transformaciones individuales – Utilización Rodmill 2 .....	40
Figura 14 Capacidad de Proceso – Utilización Rodmill 2 .....	41
Figura 15 Gráfica de Estabilidad I-MR – Eficiencia Rodmill 2 .....	41
Figura 16 Grafica de Normalidad – Eficiencia Rodmill 2.....	42
Figura 17 Transformaciones individuales – Eficiencia Rodmill 2.....	42
Figura 18 Capacidad de Proceso – Eficiencia Rodmill 2.....	43
Figura 19 Gráfica de Estabilidad I-MR – OEE Rodmill 2 .....	44
Figura 20 Grafica de Normalidad – OEE Rodmill 2.....	44
Figura 21 Transformaciones individuales – OEE Rodmill 2 .....	45
Figura 22 Capacidad de Proceso – OEE Rodmill 2 .....	45
Figura 23 Gráfica de Estabilidad I-MR – Disponibilidad Rodmill 3 .....	46
Figura 24 Grafica de Normalidad – Disponibilidad Rodmill 3.....	47

Figura 25 Transformaciones individuales – Disponibilidad Rodmill 3 .....	47
Figura 26 Capacidad de Proceso – Disponibilidad Rodmill 3 .....	48
Figura 27 Gráfica de Estabilidad I-MR – Utilización Rodmill 3 .....	49
Figura 28 Grafica de Normalidad – Utilización Rodmill 3 .....	49
Figura 29 Transformaciones individuales – Utilización Rodmill 3 .....	50
Figura 30 Capacidad de Proceso – Utilización Rodmill 3 .....	50
Figura 31 Gráfica de Estabilidad I-MR – Eficiencia Rodmill 3 .....	51
Figura 32 Grafica de Normalidad – Eficiencia Rodmill 3.....	52
Figura 33 Transformaciones individuales – Eficiencia Rodmill 3.....	52
Figura 34 Capacidad de Proceso – Eficiencia Rodmill 3.....	53
Figura 35 Gráfica de Estabilidad I-MR – OEE Rodmill 3 .....	53
Figura 36 Grafica de Normalidad – OEE Rodmill 3 .....	54
Figura 37 Transformaciones individuales – OEE Rodmill 3 .....	54
Figura 38 Capacidad de Proceso – OEE Rodmill 3 .....	55
Figura 39 Gráfica de Estabilidad I-MR – Disponibilidad Rodmill 4 .....	56
Figura 40 Grafica de Normalidad – Disponibilidad Rodmill 4.....	56
Figura 41 Transformaciones individuales – Disponibilidad Rodmill 4 .....	57
Figura 42 Capacidad de Proceso – Disponibilidad Rodmill 4 .....	57
Figura 43 Gráfica de Estabilidad I-MR – Utilización Rodmill.....	48
Figura 44 Grafica de Normalidad – Utilización Rodmill 4.....	59
Figura 45 Transformaciones individuales – Utilización Rodmill 4 .....	59
Figura 46 Capacidad de Proceso – Utilización Rodmill 4 .....	60
Figura 47 Gráfica de Estabilidad I-MR – Eficiencia Rodmill 4.....	60
Figura 48 Grafica de Normalidad – Eficiencia Rodmill 4.....	61
Figura 49 Transformaciones individuales – Eficiencia Rodmill 4.....	61
Figura 50 Capacidad de Proceso – Eficiencia Rodmill 4.....	62

Figura 51 Gráfica de Estabilidad I-MR – OEE Rodmill 4 .....	63
Figura 52 Grafica de Normalidad – OEE Rodmill 4.....	63
Figura 53 Transformaciones individuales – OEE Rodmill 4 .....	64
Figura 54 Capacidad de Proceso – OEE Rodmill 4 .....	64
Figura 55 Diagrama de Pareto sin Contar Falla de Eje Flotante .....	67
Figura 56 Diagrama de Pareto con Falla de Eje Flotante .....	67
Figura 57 Sistema de lubricación .....	69
Figura 58 Falla de Rodamientos.....	69
Figura 59 Análisis de Soltura de Pernos.....	70
Figura 60 Análisis de Falla de Sistema de Embrague .....	70
Figura 61 Análisis de Falla en Eje Flotante .....	70
Figura 62 Modelo de Regresión Múltiple para Disponibilidad .....	72
Figura 63 Diagrama de Pareto para Utilizacion .....	73
Figura 64 Análisis de Falla de Cedazo Lavador N°1 .....	74
Figura 65 Regresión Múltiple para utilización .....	75
Figura 66 Análisis de Causa de Fallas para Eficiencia.....	75
Figura 67 Planes de Acción - Falla de Sistema de Lubricación.....	76
Figura 68 Planes de Acción - Falla de Rodamientos .....	77
Figura 69 Planes de Acción - Soltura de Pernos .....	77
Figura 70 Planes de Acción - Falla de Sistema de Embrague .....	78
Figura 71 Planes de Acción - Falla en Eje Flotante .....	78
Figura 72 Planes de Acción - Falla en Cedazo N°1 .....	79
Figura 73 Plan de Acción - Baja Eficiencia en Circuito de Molienda.....	80
Figura 74 Resumen de Análisis de Fallas.....	80
Figura 75 Test de hipótesis – Implementación de Pre-uso de Operación .....	82

Figura 76 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	82
Figura 77 Test de hipótesis – Control Diario de Mantenimiento .....	83
Figura 78 Test de Hipotesis – Sensores de Faja .....	83
Figura 79 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	84
Figura 80 Test de Hipotesis – Control Diario de Operaciones de Bomba .....	84
Figura 81 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	85
Figura 82 Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados – Rodmill 2 .....	86
Figura 83 Gráfica de residuos – Rodmill 2 .....	86
Figura 84 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	87
Figura 85 Diagrama de Pareto sin Combinación de Factores – Rodmill 2 .....	87
Figura 86 Gráfica de residuos sin combinación de factores – Rodmill 2 .....	88
Figura 87 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	88
Figura 88 Gráfica de efectos principales – Rodmill 2 .....	89
Figura 89 Gráfica de cubos – Rodmill 2 .....	90
Figura 90 Gráfica de optimización de respuestas – Rodmill 2 .....	90
Figura 91 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	91
Figura 92 Diagrama de Pareto de Efecto Estandarizado Rodmill 3 .....	92
Figura 93 Gráfica de Residuos – Rodmill 3 .....	92
Figura 94 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	93
Figura 95 Diagrama de Pareto sin Combinación de Factores – Rodmill 3 .....	93
Figura 96 Gráfica de Residuos sin Combinación de Factores – Rodmill 3 .....	94
Figura 97 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	94
Figura 98 Gráfica de efectos principales – Rodmill 3 .....	95
Figura 99 Gráfica de Cubos – Rodmill 3 .....	96
Figura 100 Gráfica de Optimización de Respuestas – Rodmill 3 .....	96
Figura 101 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	97
Figura 102 Diagrama de Pareto de efecto estandarizado Rodmill 4 .....	98

Figura 103 Gráfica de Residuos – Rodmill 4 .....	98
Figura 104 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	99
Figura 105 Diagrama de Pareto sin Combinación de Factores – Rodmill 4 .....	99
Figura 106 Gráfica de Residuos sin Combinación de Factores – Rodmill 4.....	100
Figura 107 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	101
Figura 108 Gráfica de Efectos Principales – Rodmill 4 .....	101
Figura 109 Gráfica de cubos – Rodmill 4 .....	102
Figura 110 Gráfica de Optimización de Respuestas – Rodmill 4 .....	103
Figura 111 Valor p de Prueba de Hipotesis .....	103
Figura 112 AMFE de Soluciones .....	104
Figura 113 Matriz de Identificación de Riesgos.....	105
Figura 114 Mejoras OEE - Circuito Rodmill 2 .....	107
Figura 115 Mejoras OEE - Circuito Rodmill 3 .....	107
Figura 116 Mejoras OEE - Circuito Rodmill 4 .....	108
Figura 117 Mejoras OEE – Circuito Molienda Global.....	108
Figura 118 Disponibilidad Circuito de Molienda .....	109
Figura 119 Utilización Circuito de Molienda – Circuito Total .....	110
Figura 120 Eficiencia del Circuito de Molienda – Circuito Total.....	110
Figura 121 Rendimiento del Circuito de Molienda (tph) .....	111
Figura 122 Analisis de Estabilidad .....	111
Figura 123 Gráfica IMR de Estabilidad por Etapas .....	112
Figura 124 Comparación de Capacidades Después de la Mejora .....	112
Figura 125 Capacidad de Largo Plazo (antes y después de la mejora) .....	113
Figura 126 Gantt de Plan de Entrenamiento.....	117
Figura 127 Tablero de Control Para Monitoreo de Variables .....	119

## RESUMEN EJECUTIVO

La Minera en estudio está conformada por 2 minas subterráneas (actualmente inoperativas), 1 tajo abierto (donde se extrae el mineral) y 1 planta concentradora cuya capacidad en sus inicios fue de 12,000 Toneladas por Día (TPD).

Por ello el presente proyecto se enfocará en el área más susceptible de todo el proceso que es el área de Molienda, el cual al realizar las mediciones y seguimiento de índices y KPI's no llega a los especificado por la Corporación ni las especificaciones dadas para ser una minera de clase mundial.

Estas desviaciones van generando muchas falencias en el proceso de producción y no haciendo posible el cumplimiento del plan ni el Budget que son los indicadores que rigen la productividad, generando sobrecostos y excedente de paradas no planificadas en la unidad operativa.

Se aplicará la metodología 6-S (six Sigma) para identificar los parámetros de operación que causan la variabilidad del proceso. Para ellos utilizaremos las siguientes etapas:

- Etapa Conformación del Equipo de Desarrollo: Se determinará las personas involucradas y respectivas responsabilidades.
- Etapa Planificación y Definición: Se identificarán las variables y fases críticas input – output a través de las herramientas de mejora.
- Etapa Medición de Indicadores: Utilizando herramientas estadísticas se evaluará las posibles causas raíces que determinan el comportamiento.
- Etapa Análisis de datos: Se observará a profundidad los parámetros e índices obtenidos.
- Etapa Medra o Mejora de Análisis: Se realizará la comparación exhaustiva de datos analizados previamente.

- Etapa de Control de procesos e Indicadores: Se proyectará planes de acciones que permita validar, medir y controlar las variables analizadas cotejándolo en nuevas posturas.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La minera es uno de los mayores productores a nivel mundial de zinc, plomo y plata, así como también es estimado como uno de los productores de concentrado con más bajo costo en la industria debido a la estructuración de sus depósitos de mineral.

Así mismo en concordancia con su visión, la empresa mantiene 13 centrales hidroeléctricas que permiten desarrollar menores costos de operación, contar con disponibilidad de energía en sus etapas y así contribuir ambientalmente a la reducción de la emisión de gases reduciendo el efecto invernadero. De igual manera está en proyecto la implementación de un complejo portuario, donde se cargarán y descargarán mercancías; y un complejo logístico dedicado a servicios de valor agregado, el proyecto se ubicará estratégicamente en Chancay y dará mayores ventajas de comercialización a la compañía.

### Misión

“Somos un grupo minero de origen peruano que persigue la maximización de valor a los accionistas, a través de la excelencia operativa y de los más altos estándares en seguridad y manejo ambiental, contribuyendo al desarrollo de su personal y de su entorno”.

### Visión

“Al 2021, ser una de las principales empresas mineras diversificadas en metales base, preciosos y líder en crecimiento y excelencia operativa, actuando con responsabilidad social, y con un equipo humano comprometido y altamente calificado”.

### Valores

“Nuestros valores forman parte de la cultura organizacional y estos caracterizan a cada uno de los miembros que integran nuestra Compañía. Tenemos el compromiso de actuar con seguridad y hacer cumplir nuestras políticas, actuando con integridad y respeto para alcanzar la excelencia corporativa”.

## Operaciones Mineras

Las operaciones mineras se encuentran ubicadas en la Sierra Central del Perú. Esta zona fue definida por tener muchas ventajas para la minería por sus características geológicas, su cercanía a la capital y a afluentes.

La minera en estudio se encuentra a 4,200 msnm, está conformada por 2 minas subterráneas, 1 tajo abierto y dos plantas concentradoras con una capacidad instalada de 12,000 TPD. Contando entre sus activos con 4 molinos primarios (1 actualmente inoperativo) y 5 remoliendas, que permiten llegar a los objetivos de reducción de partículas para alcanzar la calidad exigida por los clientes.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Al desempeñarme como Analista de Eficiencia Operativa aprendí conceptos básicos de vida como:

**La relación laboral:** El tener el cargo de analista permitió que tenga contacto directo con el personal de todas las áreas, por ende, la buena relación es esencial y necesaria para mantener el equilibrio dándose a través de una buena comunicación, amistad, respeto y trabajo en equipo.

**Liderazgo:** El trato directo con superintendencias y jefaturas permitió que las habilidades de persuasión, motivación y tolerancia se hicieran más fuerte a fin de que el manejo de personal sea más eficiente con la finalidad de ayudarlos a pensar y actuar en bien de la producción y claro de su propia seguridad. De la misma manera esta relación trajo consigo muchas frustraciones que permitieron como profesional desarrollar tomando como oportunidades de mejora las debilidades que se presentaban o encontrando el ¿para qué? de las situaciones y no el ¿Por qué? necesariamente. (Rina, 2017, p.21)

**Gestión de Recursos:** La experiencia me permitió gestionar adecuadamente los recursos que se tenía a fin de alcanzar las metas de la compañía, distribuyendo adecuadamente el tiempo, costos, materiales y personal. (Rina, 2017, p.29)

**Gestión de información:** La posición me permitió buscar, organizar y evaluar información e interpretarlos adecuadamente con la finalidad de mejorar el proceso de producción. (Rina, 2017, p.35)

Entre las principales funciones que desempeñaba e hicieron que desarrollara más aptitudes fueron las siguientes:

- Realizar el seguimiento de los kpi's gerenciales de la unidad. (balances metalúrgicos, Costos de Operación, Contribución).

- Realizar el seguimiento de los kpi´s de mantenimiento de equipos que intervienen en la operación (preventivos, correctivos)
- Realizar el seguimiento de los Kpi´s operacionales de la planta (Leyes, Recuperación, Tratamiento, Finos de Concentrado).
- Trabajar directamente con el Gerente de Operaciones e informar de anomalías que se presenten en la operación (desde la extracción de mineral hasta el despacho de los mismos)
- Constatar desviaciones en cada etapa de la operación (mecánica, logística, operacional) a fin de darles el debido soporte.
- Reinventar opciones de mejora que permitan reducir los tiempos en cada etapa.
- Trabajar con las áreas a fin de mantener equilibrado el cumplimiento de funciones.

Comprensión sistémica: La experiencia me permitió comprender interrelaciones, entender y monitorear sistemas complejos de las plantas de procesamiento, así como dar el mantenimiento oportuno y la forma de reparación de equipos (mecánicos, eléctricos, electrónicos).

Una de las principales limitantes fue la falta de presupuesto para realizar cambios significativos a la planta concentradora ya que esto significaba la inversión de Millones de Dólares, por ello se buscó alternativas que permitan ir mejorando la planta con mínimas inversiones y resultados propicios para el proyecto.

Uno de los problemas más significativos que se tuvo fue la inoperancia de equipos vitales para la operación por fallas mecánicas (Molinos, Fajas y Bombas Principales) que hicieron perder muchas horas de operación seguidas de una menor producción y menores utilidades. Esto permitió que se tomen como lecciones aprendidas: Realizar un mejor control de equipos a través de formatos e inspecciones con mayor frecuencia (formatos de temperatura, de lubricación, de alineamiento, y formatos de inspección de equipos pre-

uso utilizados por el área de operaciones), de esta manera se logró mejorar la predicción de fallas, tiempos de vida de los componentes y sus respectivos cambios, logrando evitar problemas futuros.

Así mismo se obtuvo mayor compromiso del área responsable (mantenimiento) en dar seguimiento a los equipos y cumplimiento exacto de mantenimientos preventivos, no permitiendo que estos equipos sigan operando pasada las fechas de inspección, cambio y reparación que a la larga generaba mayores costos por paradas no planificadas.

Otro punto muy importante que no se puede dejar de lado y necesita un énfasis profundo el cual a la vez es el corazón del área productiva, son los Molinos, los cuales como conceptos diríamos que, es un sistema que permite moler y mezclar materiales para ser utilizados en procesos de mezclado de minerales, pinturas, pirotecnia, cerámicas, etc. El principio de funcionamiento se basa en el de impacto y fricción, reduciendo el tamaño dependiendo del molino a utilizar ya sea de barras o bolas, la primera encargada de reducir el mineral de mayores dimensiones y la segunda según el impacto y tamaño del molino lograr reducir las partículas a un punto adecuado supervisado por el área metalúrgica.

Los molinos consisten de un recipiente cilíndrico que gira sobre su eje. El eje del cilindro puede ser tanto horizontal como tener un ángulo pequeño con la horizontal. El cilindro es parcialmente llenado con barras o bolas, dependiendo de la etapa, el material utilizado puede ser de acero (acero cromado), acero inoxidable, cerámico, o goma. La superficie interior del cilindro se encuentra normalmente recubierta con un material resistente a la abrasión como por ejemplo acero de manganeso o goma, aunque presentan menores desgastes los forrados en goma. La longitud del molino es aproximadamente igual a su diámetro. El molino para desarrollar su giro requiere de un motor eléctrico para transmitir el torque necesario para el movimiento, o en los equipos más modernos el mismo molino

se convierte en el rotor siendo inducido por electro imanes montados en campos alrededor del cilindro.

En el caso de la unidad se tiene 4 molinos Allis Charmers de Barras (1 inoperativo) y 4 remoliendas Comesa de bolas (1 inoperativo):

- Rodmill 1, Allis Charmers 9’x12’ (Inoperativo)
- Rodmill 2, Allis Charmers 9’x12’
- Rodmill 3, Allis Charmers 9’x12’
- Rodmill 4, Allis Charmers 10.5’x14’
- Remolienda 1, Comesa 8.5’x9’(Inoperativo)
- Remolienda 2, Comesa 8.5’x9’
- Remolienda 3, Comesa 8.5’x9’
- Remolienda 4, Comesa 9’x10.5’

Los molinos son alimentados por un extremo a través de un cono de 60° y el producto es liberado por el otro extremo, a través de un cono de 30°. Mientras el cilindro gira, las barras o bolas son arrastradas hacia arriba por el lateral del cilindro que asciende al girar hasta que luego caen por acción de la fuerza de gravedad. Las partículas sólidas, al caer mezcladas entre las barras o con las bolas, son partidas al impactar entre sí.

### **CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

El 8 de agosto del 2018 Inicie mis labores en la empresa, en la cual fue participe de los periodos de reconocimiento y aprendizaje de los diferentes ámbitos que involucraba las áreas, así como las etapas directas y externas en el proceso.

Las personas involucradas fueron personal administrativo, operativo, Superintendencias y jefaturas que en conjunto alcanzamos la meta de culminar el objetivo del proyecto.

En el desarrollo del mismo utilizamos herramientas como:

- Matriz de Despliegue de la Función de Calidad.
- Diagrama SIPOC.
- Diagrama de Procesos.
- Matriz de Análisis Modal de Falla y Efectos.
- Síntesis de Conexión en el Equipo.
- Rápidas Ganancias (Quick Wins).

Con las herramientas descritas se tuvo un mejor panorama detallado y mínima del proyecto. Así mismo estará descrito por etapas los cuales se mencionan a continuación:

- Etapa de Conformación del Equipo de Desarrollo de Proyecto.
- Etapa de Planificación y Definición.
- Etapa de Medición del Proceso e Indicadores.
- Etapa de Análisis de Datos Obtenidos.
- Etapa de Medra de Análisis.
- Etapa de Control de Proceso e Indicadores
- Etapa de Reporte y Seguimiento de la Mejora.

Por medio de esta planificación conducimos a paso a paso el desarrollo del proyecto obteniendo óptimos resultados.

### 3.1 ETAPA DE PLANIFICACION Y DEFINICION:

#### 3.1.1 Identificar El Problema

La planta de tratamiento inició operaciones en 1943 se diseñó para procesar hasta 12,000 Toneladas por día (tpd).

Los procesos de producción para el respectivo tratamiento de concentrados tanto de plomo: como de Zinc. Las principales son chancado que esta conformado por 3 etapas (Chancado Primario, secundario y Terciario), pasa a los 4 circuitos de molienda (1 inoperativo) y posteriormente aun circuito de flotación con sub-etapas (rougher, scavenger y cleaner).

La compañía desea aumentar la producción a un tonelaje de 5,500 tpd en promedio, sin embargo, el tipo de mineral, antigüedad de los equipos y el desempeño operativo afectado directamente por la eficiencia general de equipos (disponibilidad, utilización y rendimiento o eficiencia) dificultando cumplir con el objetivo indicado, visualizándose que se está muy por debajo de éste, tal como verifica en las siguientes imágenes.

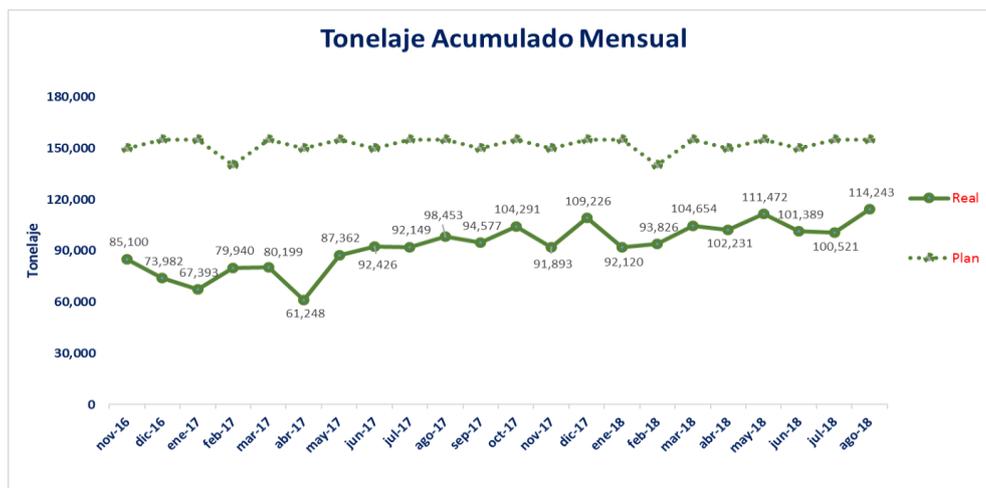


Figura 1. Tonelaje Acumulado Mensual, La figura muestra el tonelaje acumulado que la planta trata mes a mes. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Tonelaje Promedio Diario, Muestra el tonelaje promedio diario de tratamiento de la planta. Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en consideración todo lo indicado, el equipo de trabajo se propone realizar un proyecto de mejora enfocado en el incrementar la Eficiencia General de Equipos en la parte principal del proceso (área de Molienda) para llegar a 5,500 tpd en promedio.

A continuación, se muestra en la tabla los indicadores para llevar adelante la mejora propuesta:

Tabla 1  
Comparación de Kpi's

Planes	Disponibilidad (%)	Utilización (%)	Eficiencia (%)	OEE (%)
Actual	89.46	85.79	49.32	37.84
<b>Proyecto</b>	<b>92.00</b>	<b>95.00</b>	<b>78.16</b>	<b>68.31</b>
Compañía	92.00	95.00	85.26	74.52

La Tabla 1 Indica y muestran los Kpi's planeados tanto el actual, el planeado por la compañía y el plan que se busca obtener. Fuente: Elaboración propia.

Donde:

**Disponibilidad (%):** confianza que se tiene en un equipo o sistema de funcionalidad satisfactoria en un tiempo determinado.

**Utilización (%):** Uso efectivo de equipos respecto a las horas disponibles, generalmente afectado por temas operativos.

**Eficiencia (%):** Relación entre el rendimiento real del equipo o sistema y su límite técnico.

**OEE (%):** Producto de Disponibilidad x Utilización x Eficiencia.

A continuación, se ilustra los Límites técnicos de tonelaje soportado por cada circuito.

Tabla 2  
*Límites Técnicos por Circuito.*

Circuito	Límite Técnico (tph)
Rodmill 02	90
Rodmill 03	90
Rodmill 04	155

La Tabla 2 indica en muestra los límites máximos que tiene cada circuito para tratamiento del mineral Fuente: Elaboración propia.

Según OEE (Eficiencia General de Equipos) desglosamos el tonelaje por hora que será necesario producir para alcanzar la meta de 5500 toneladas por día.

Tabla 3  
*Comparativa de Rendimiento.*

Planes	OEE (%)	Rendimiento		
		LT	tph	tpd
Actual	37.84	335	165	3,039
<b>Proyecto</b>	<b>68.31</b>	<b>335</b>	<b>262</b>	<b>5,500</b>
Compañía	74.52	335	286	6,000

La Tabla 3 muestra los límites técnicos permisibles, así como las toneladas a los que se llega por hora y por día. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2 Cronograma Del Proyecto

Se presenta el cronograma de inicio, seguimiento y conclusión del proyecto

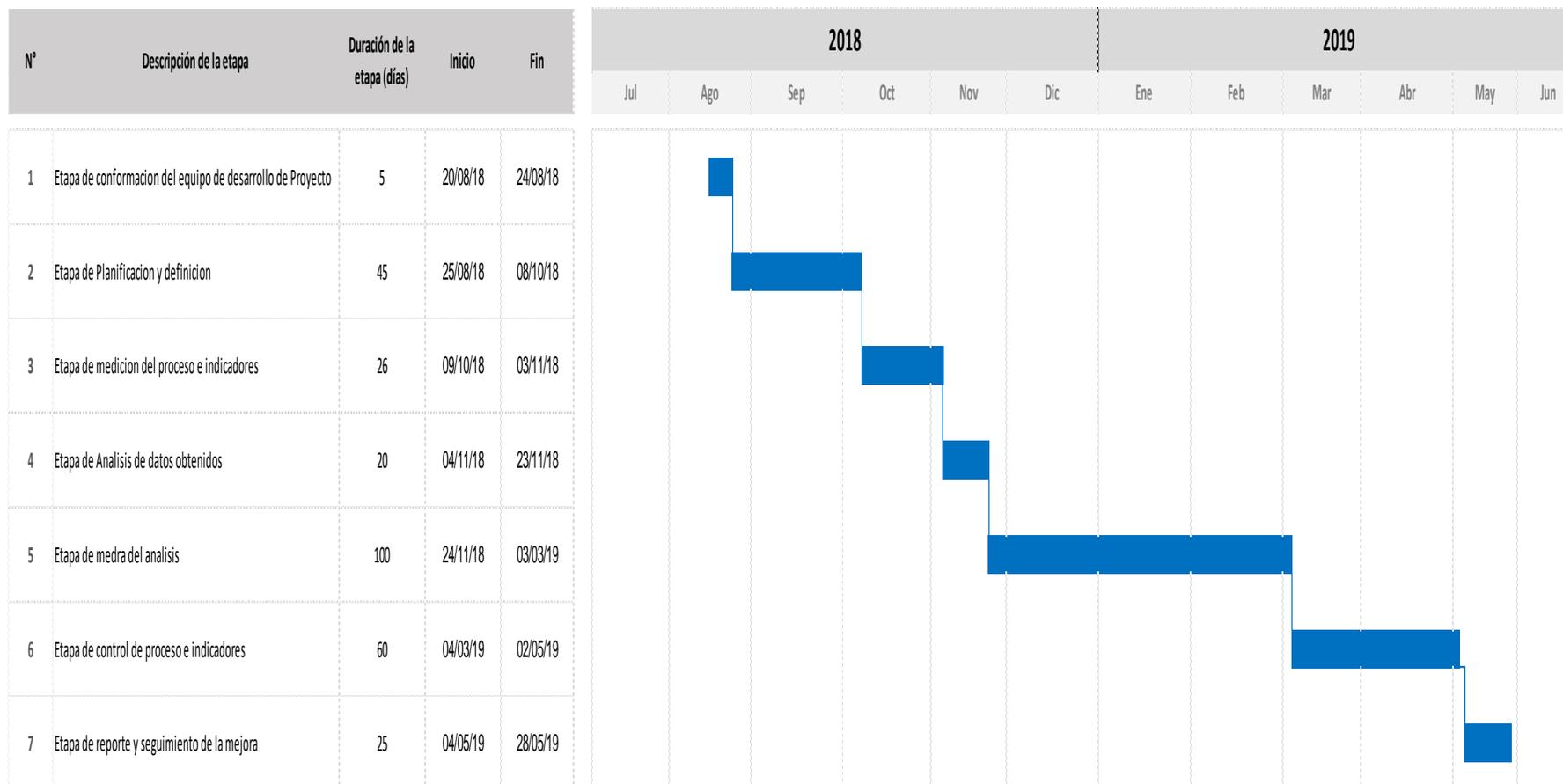


Figura 3. Gantt del Proyecto, muestra el Gantt a seguir con la finalidad de cumplir a tiempo el cronograma establecido por la empresa. Fuente: Elaboración Propia.

Para definir más claramente utilizaremos la metodología de despliegue de función de la calidad cuyo objetivo es transformar las expresiones y demandas del cliente en calidad del diseño.

### 3.1.3 Matriz De Despliegue de la Función de Calidad (QFD).

Se realizó la matriz, con la finalidad de identificar las necesidades, especificaciones y requerimientos del cliente. A través de la identificación de drivers y criticidad para medirlos cuantitativamente.

Tabla 4  
*Matriz de despliegue de función de calidad.*

Cliente	Requerimiento	Drivers	Criticidad
Gerente de Operaciones	Se debe cumplir con la eficiencia general de equipos	Disponibilidad: 92%	OEE: 68.41%
		Utilizacion: 95%	
		Eficiencia: 78.27%	
Superintendencias de planta y mantenimiento	El area de mantenimiento debe garantizar el 92% de disponibilidad	Programa de mantenimiento preventivo adecuado	Disponibilidad: 92%
	El area de operaciones debe garantizar una utilizacion del 95%	Eficiencia en tareas de limpieza, verificacion de parametro de operación de equipos, etc	Utilizacion: 95%
	Planta debe garantizar 262 tph	Asegurar calidad del producto chancado, operatividad continua de transferencia de mineral y zarandas	Rendimiento: 262tph

La Tabla 4 indica los drivers a seguir, el despliegue de calidad a utilizar y la criticidad que debemos afrontar para llegar al objetivo requerido por el cliente. Fuente: Elaboración propia

Donde:

**OEE:** Eficiencia Global del Equipo (Overall Equipment Effectiveness)

**tph:** Toneladas por hora

### **3.1.4 Diagrama Sipoc (Proveedor, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes).**

Usamos esta herramienta cuya información de estas cinco áreas nos permite crear un mapa de proceso que ofrezca una visión de alto nivel de un proyecto.

En el diagrama SIPOC elaborado para el proceso de molienda y flotación, que son los más relevantes de todas las etapas ya que en ella se concentra el proceso crítico y depende el producto final. (véase Anexo 1)

### **3.1.5 Diagrama De Proceso**

Es donde se detalla el flujo del mineral entrante ejecutado por los operadores y jefe de guardia encargado de llevar adelante la producción y continuación del proceso. (véase Anexo 2).

### **3.1.6 Matriz Análisis Modal De Falla y Efectos (AMFE)**

Para prever los potenciales fallos en las diferentes etapas del proceso, se elaboró el análisis AMFE (Análisis Modal de Falla y Efectos). Este análisis es una metodología que se emplea con el propósito de identificar y prevenir las fallas que pueden producirse u ocasionarse durante su período de diseño. (Véase Anexo 3)

### **3.1.7 Síntesis de Conexión en el Equipo**

El equipo sintetizo una idea de conexión entre todos con el fin de comunicar y coordinar avances e inicios, para ello se realiza la siguiente matriz.

Tabla 5  
*Síntesis de Conexión.*

Síntesis de Conexión						
¿Qué?	¿A Quien?	¿Cómo?	¿Quién?	¿Por qué?	¿Dónde?	¿Cuándo?
Mejorar, estandarizar y estabilizar el proceso por medio de mantenimiento, operaciones con el objetivo del mejorar el area critica de molienda usando OEE como indicador principal	Mantenimiento Operaciones Plant: Productividad Logistica Investigaciones Me Gerenci de Operaci	Reuniones semanales	Area de Productividad	1.- Informe y seguimiento de avances según etapa especificada. 2.- Asignar nuevas tareas y brindar recursos para el cumplimiento a cabalidad.	Sala de reuniones de unidad minera	Martes 5:00pm

La Tabla 5 indica la comunicación efectiva que se realizara entre las áreas para la coordinación pertinente con la finalidad de llevar adelante el proyecto desde sus inicios y el avance del mismo Fuente: Elaboración propia

### 3.1.8 Rápidas Ganancias (Quick Wins).

Se buscó con el equipo realizar pequeñas actividades o mejoras y con la participación de las áreas de Operaciones y Mantenimiento, se logró obtener oportunidades de rápida implementación que nos darán grandes beneficios.

Las oportunidades identificadas se desarrollaron a cabalidad trayendo consigo resultados exitosos y ayudaron a cumplir con el objetivo del proyecto.

Tabla 6  
*Quick Wins.*

N°	Quick Wins	Plan de Accion	Area Responsable	Estado
1	Mejorar Comunicación	a) Implementar reuniones de coordinación para programa de mantenimiento preventivo b) Implementar grupo virtual (redes Sociales) para mayor comunicación entre las areas	Operaciones/mantenimiento	Cumplido
2	Minimizar paradas de chancado por atoro y/o apelmazamiento de finos	Implementar reporte diario de Limpieza en Chancado	Operaciones	Cumplido
3	Implementacion de monitoreo de temperatura	a) Adquisicion de pirometros b) Verificar temperatura de motores y componentes	Mantenimiento	Cumplido
4	Implementar reporte de cumplimiento de hojas de ruta (mantenimientos preventivos)	Monitorear trabajos programados respecto a los realizados	Mantenimiento	Cumplido
5	Prevenir desalineamiento de motores	Monitorear constantemente nivel de terreno	Msntenimiento	Cumplido
6	Instalacion de oficina para jefes de guardia	a) Aprobar el gasto para la implementacion b) Implementacion de oficina cercana a la planta	Operaciones	Cumplido
7	Instalacion de placas a equipos de planta	Preparar, aprobar e instalar placas	Operaciones/Productividad	Cumplido
8	Mejorar reporte de indicadores clave de rendimiento (KPIs)	a) Cambiar metodologia de calculo de disponibilidad en circuitos de molienda b) Desarrollar nueva base de datos (considerando las causas de falla) c) Estandarizar reportabilidad en toda la unidad d) Capacitar al personal de mantenimiento y operaciones a fin de tener un reporte adecuado	Productividad	Cumplido
9	Actualizar lista de equipos criticos de planta	a) Reuniones cotidianas con mantenimiento b) Actualizar base de datos c) Identificar equipos criticos en planta	Productividad/Mantenimiento	Cumplido

La Tabla 6 muestra los Quick Wins que son actividades con mínima inversión y de rápida implementación las mismas que traen grandes beneficios con total apoyo de las áreas Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1 Etapa De Medición del Proceso e Indicadores

#### 4.1.1 Fijación de Variables

##### a. Disponibilidad

Como indicador de mantenimiento puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema nuevo o intervenido tenga un funcionamiento satisfactorio para en un tiempo determinado. En la práctica, la disponibilidad es la proporción de tiempo que un sistema está en condiciones de funcionamiento, la cual se representa de la siguiente manera:

$$D(\%) = \frac{H_{tot} - H_{man}}{H_{tot}}$$

Donde:

H<sub>tot</sub>: Horas Totales de Operación

H<sub>man</sub>: Horas de Mantenimiento

Las Horas de Mantenimiento depende mucho de:

- La facilidad de desensamble del equipo o sistema a intervenir.
- La capacitación del profesional que realiza la intervención.
- Las facilidades y herramientas con que se cuenta en el área.

Por ello se desarrolló una hoja en los cuales se registra o reporta las horas de parada por mantenimiento de cada uno de los circuitos del área de molienda sea por mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo, el ingreso de los datos detallados se delegó al área de mantenimiento y luego es corroborado en el reporte realizado por operaciones. Las horas registradas al final del turno son validadas

por el jefe en operación con el objetivo de tener datos confiables y verídicos para su posterior uso.

### **b. Utilización**

La utilización de los equipos se define como el porcentaje del tiempo mecánicamente disponible en que el equipo se encuentra operando adecuadamente. Los tiempos de pausas ocasionado por temas netamente operativos como cambios de turno, limpieza de equipos, muestreos de laboratorio o metalúrgicos son restados al tiempo disponible.

La utilización  $U$  (%) se define como las horas mecánicamente disponibles menos las paradas netamente operativas, dividido entre las horas mecánicamente disponibles, representadas como:

$$U(\%) = \frac{\sum Hdisp - \sum Poper}{\sum Hdisp}$$

Donde:

Hdisp: Horas Disponibles

Poper: Paradas Operativas

Para el proyecto las horas paradas por temas operativos son registradas por el operador de turno con la verificación y seguimiento del jefe de planta, luego es consensuada por el área de productividad para su posterior análisis.

### c. Eficiencia Total

La Eficiencia total está definida como la relación entre la eficiencia real lograda por el equipo entre la eficiencia teórica o definición técnica tanto para equipos o sistemas. Definida como:

$$E(\%) = \frac{Eficiencia_{Real}}{Eficiencia_{teorica}/Límite Técnico}$$

En el caso del proyecto se tomará en el área de molienda definido por circuitos los cuales ya tienen límites técnicos definidos, así como la descripción de los molinos (principales equipos en el área), se presenta a continuación:

Tabla 7  
*Límite técnico por Circuito.*

Circuito	Detalle de Equipo	Area	Límite Técnico (Tph)
Rodmill 2	Molino de barras 9'x12'	Molienda Primaria	90
Rodmill 3	Molino de barras 9'x12'	Molienda Primaria	90
Rodmill 4	Molino de barras 10.5'x14'	Molienda Primaria	155

En la Tabla 7 se detalla los límites técnicos que son definidos por circuitos del área de molienda. Fuente Elaboración propia.



Figura 4. Molino Rodmill 2, Muestra el Molino de Barras Primario Allis Chalmers 9'x12' N° 2. Fuente: Elaboración propia.



*Figura 5. Molino Rodmill 3, Muestra el Molino de Barras Primario Allis Chalmers 9'x12' N° 3. Fuente: Elaboración propia.*



*Figura 6. Molino Rodmill 4, Muestra el Molino de Barras Primario Allis Chalmers 10.5'x14' N° 4. Fuente: Elaboración propia.*

#### **4.1.3 Plan de Obtención de Datos**

Para lograr el objetivo de incremento de la eficiencia global de equipos se tiene un plan para obtener datos que nos permitan realizar un análisis adecuado, para ello tomamos los datos de las tres principales variables: disponibilidad, utilización y eficiencia, esto tendrá un impacto directo en la eficiencia global de equipos (OEE).

Tabla 8  
*Plan de Obtención de Datos.*

Variable	Tipo de Cotrol	Fuente	Frecuencia
Disponibilidad	Continuo	Centro de Control Mantenimiento	Diaria
Utilizacion	Continuo	Centro de Control Operaciones	Diaria
Eficiencia	Continuo	Centro de Control Operaciones	Diaria

En la Tabla 8 se muestra el análisis adecuado de las tres principales variables: disponibilidad, utilización y eficiencia. Fuente Elaboración propia.

#### 4.1.4 Autentificación de la Estructura de Medición

Para garantizar la medición de las variables descritas (disponibilidad, utilización y eficiencia) se tomaron alternativas de mejora como:

- Cambio de metodología de cálculo de disponibilidad,
- Creación de nueva base de datos,
- Estandarización de la reportabilidad en la planta
- Capacitación continua de toma de datos al personal de Operaciones y Mantenimiento.
- Validación de eficiencia comparando datos reportados por operadores de ambos turnos.

El estudio y la recolección de datos para análisis fue tomada a partir de noviembre de 2018 ya que la información tomada anterior a esta fecha no es confiable por la manera errada que se venía calculando la disponibilidad que al criterio se asumía el promedio aritmético de todos los componentes que involucraba cada circuito, dato que no tenía valor porque no se consideraba equipos stand by, equipos poco relevantes en el circuito entre otros.

#### 4.1.5 Comportamiento o Caracterización de Variables – RD 02

Para describir el comportamiento de las variables se realizará pruebas de Normalidad, Estabilidad I-MR y Capacidad de Proceso por cada circuito.

##### a. Circuito RD02– Disponibilidad

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, muchos de los datos sobrepasando los límites inferiores y superiores permisibles tanto de datos individuales y móviles respectivamente.

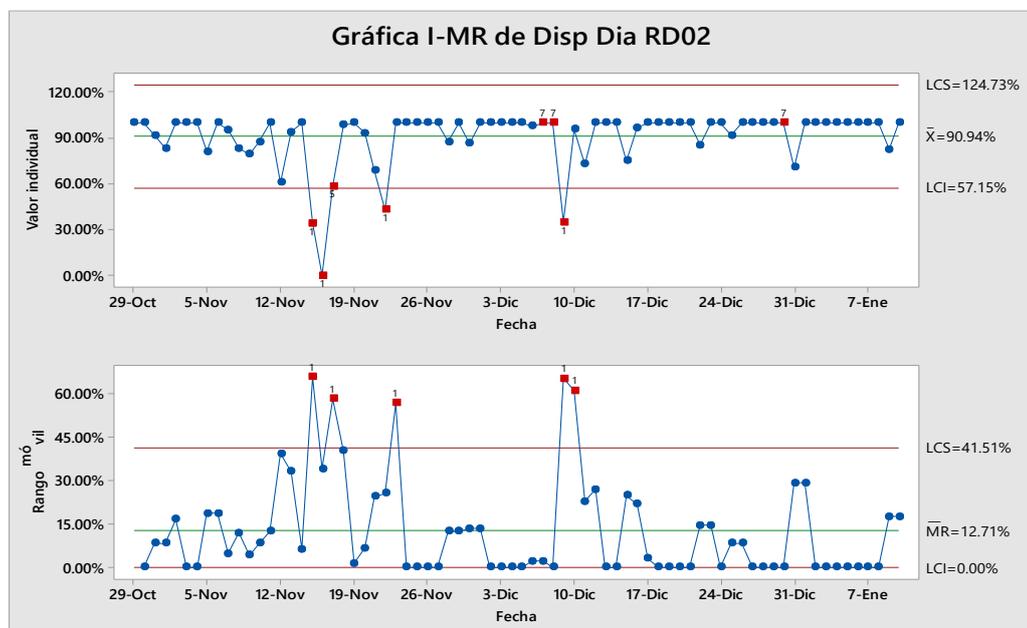


Figura 7. Gráfica de Estabilidad-MR – Disponibilidad Rodmill 2, La figura nos muestra la inestabilidad del proceso sobrepasando los límites inferiores y superiores permisibles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se presenta la gráfica de normalidad, donde nos muestra el resultado no óptimo dado que se tiene que  $p$  es menos a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

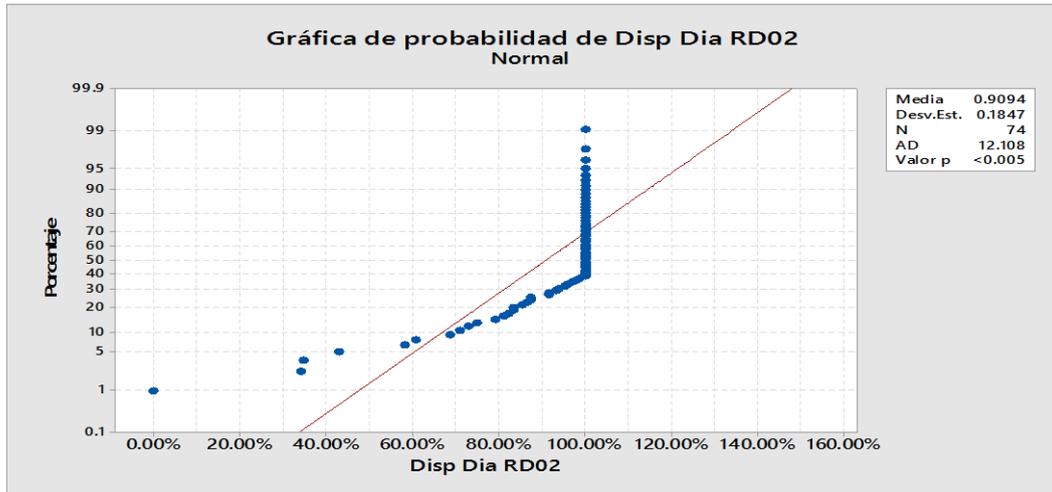


Figura 8. Grafica de Normalidad – Disponibilidad Rodmill 2, La figura muestra el resultado no óptimo dado que se tiene que  $p$  es menos a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

Se procede a realizar la transformación de datos individuales obteniendo el mismo resultado, que todos se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

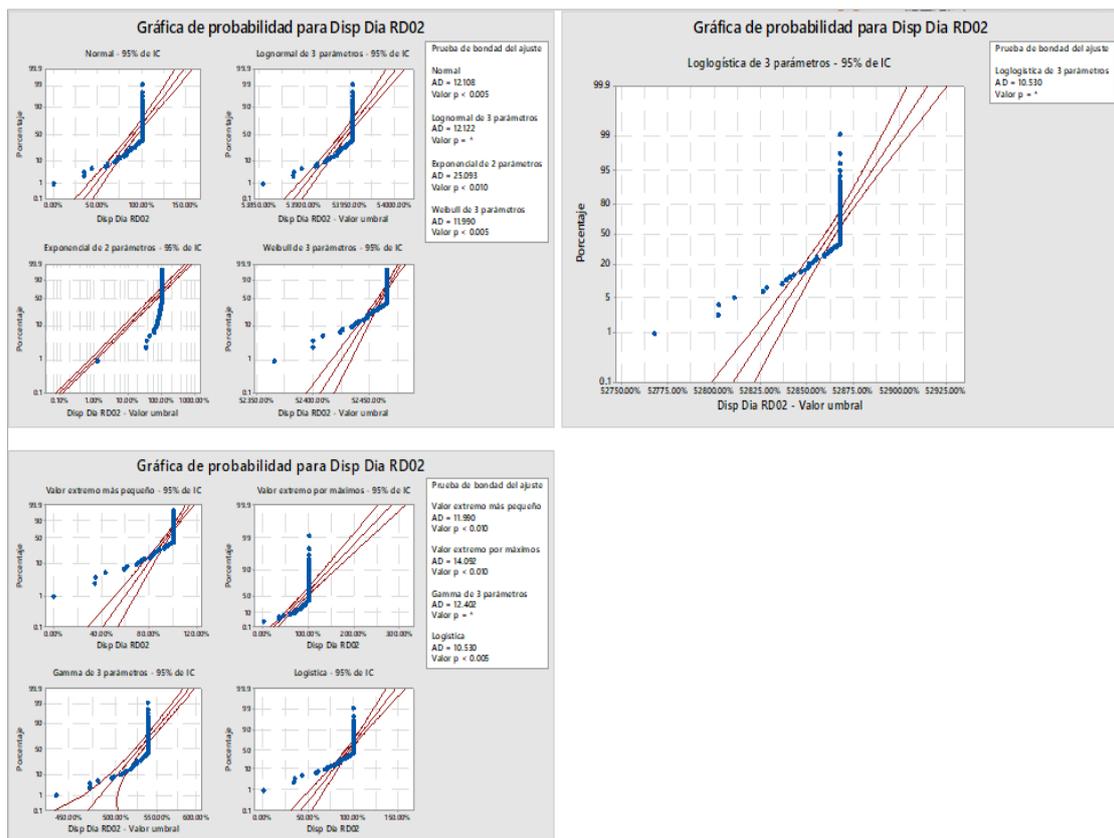


Figura 9. Transformaciones Individuales –Disponibilidad Rodmill 2, La figura muestra la transformación de datos individuales obteniendo el mismo resultado encontrado por debajo del límite ( $p > 0.05$ ).

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se muestra la capacidad de proceso cuyo valor obtenido (**cpk = -0.03**), nos indica que el proceso NO es capaz en el circuito analizado en lo que respecta a disponibilidad.

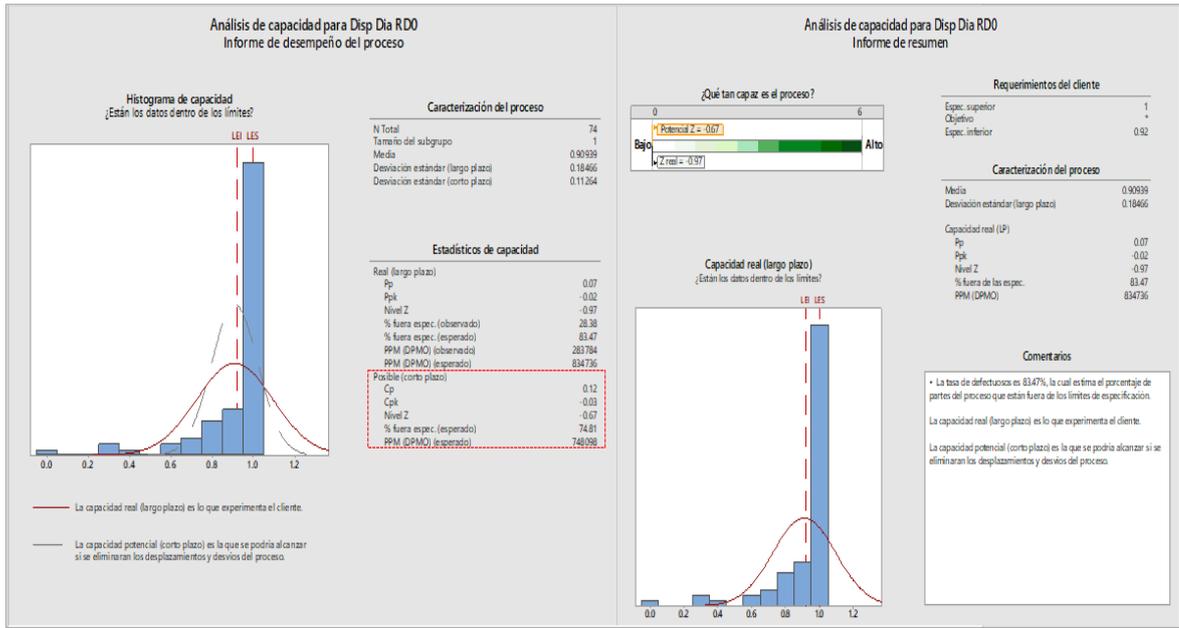


Figura 10. Capacidad de Proceso – Disponibilidad Rodmill 2, La figura muestra la capacidad de proceso cuyo valor obtenido ( $cpk = -0.03$ ), nos indica que el proceso NO es capaz respecto a disponibilidad. Fuente Elaboración propia.

**b. Circuito RD 02 - Utilización**

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, sobrepasando los límites permisibles.

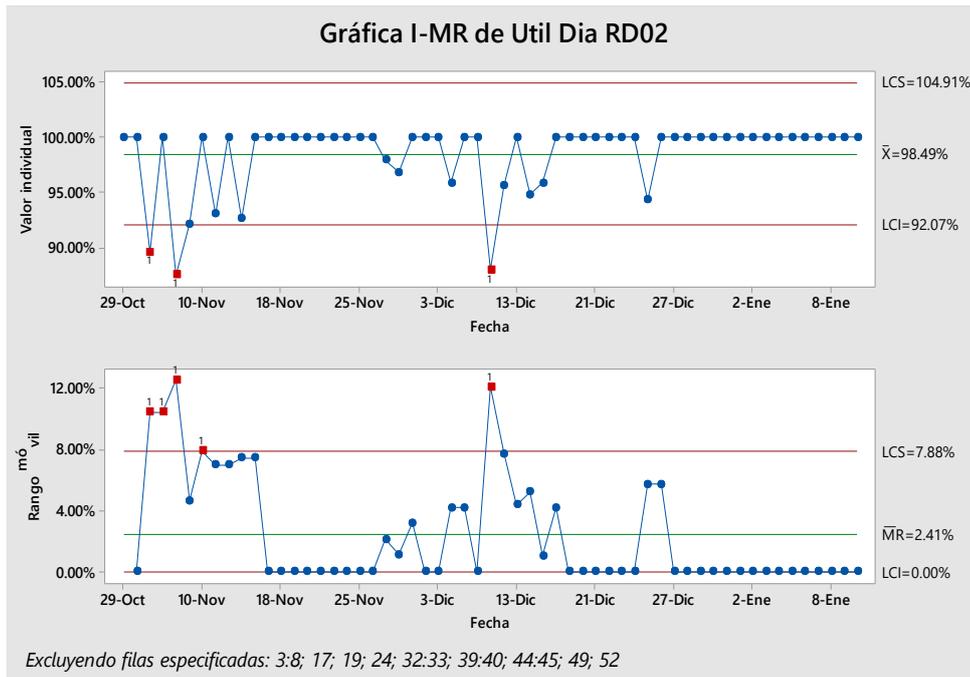


Figura 11. Gráfica de Estabilidad I-MR – Utilización Rodmill 2, La figura presenta de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, sobrepasando los límites permisibles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se presenta la gráfica de normalidad, donde se observa que con los datos registrados no se obtiene un resultado adecuado ya que  $p < 0.05$ .

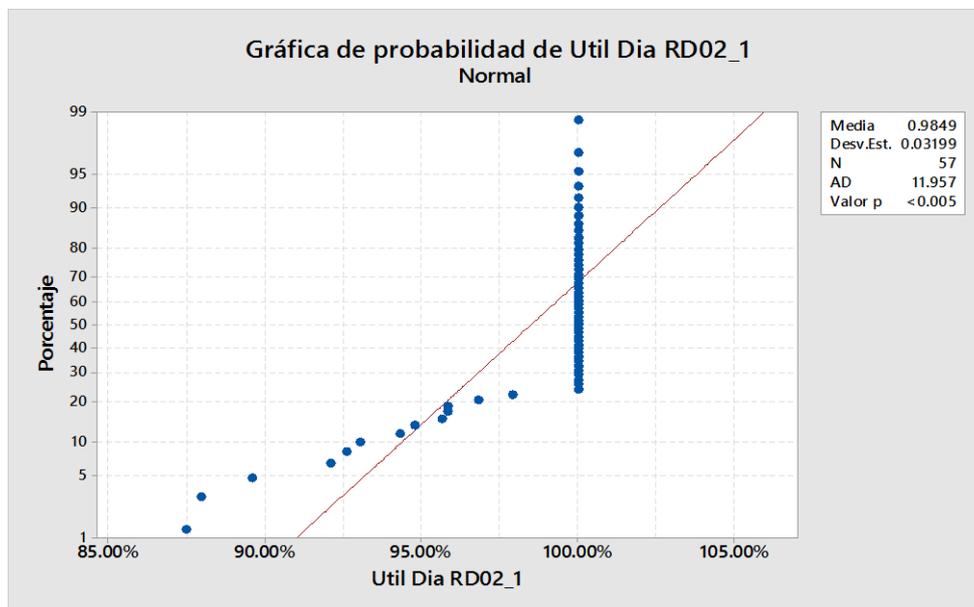


Figura 12. Grafica de Normalidad – Utilización Rodmill 2, La figura presenta la normalidad, donde se observa que los datos registrados no se obtiene un resultado adecuado ya que  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia

Se procede a transformar los datos individuales obteniendo resultados semejantes que se encuentran por debajo del límite aceptado ( $p > 0.05$ )

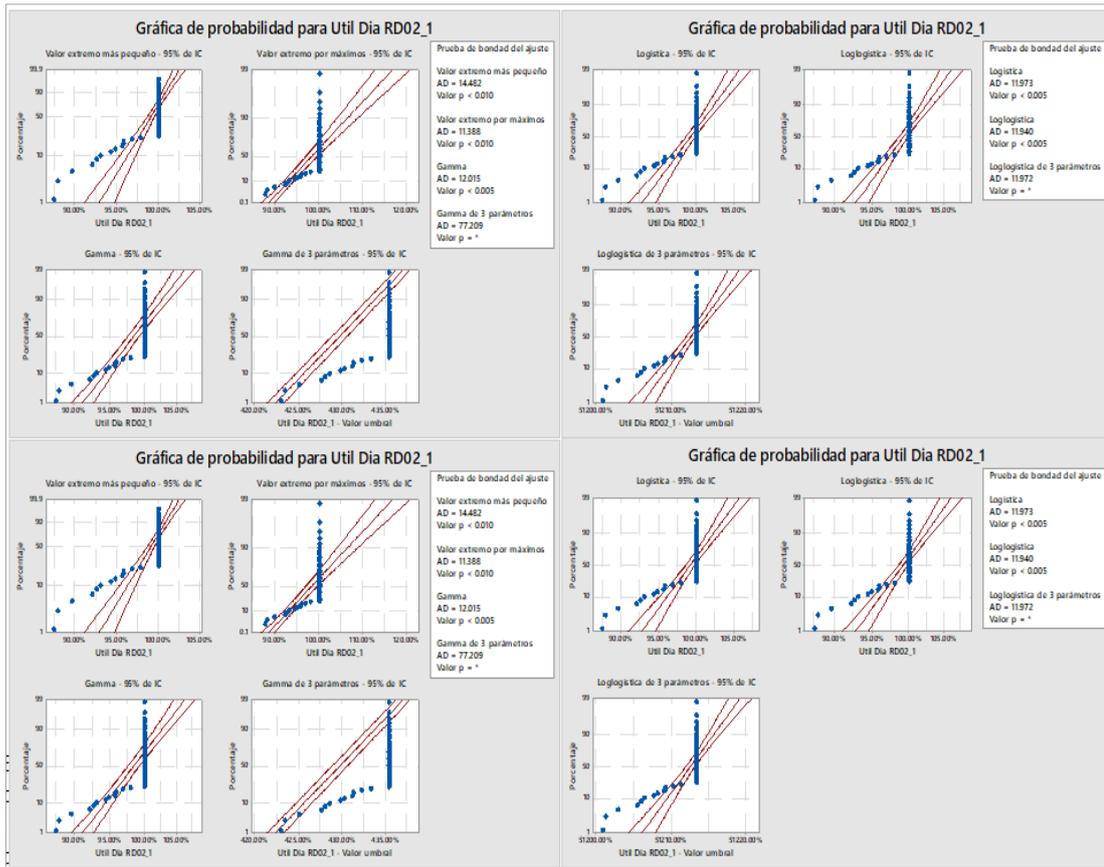


Figura 13. Transformaciones individuales – Utilización Rodmill 2, La figura muestra la transformación de los datos individuales y se van obteniendo resultados que se encuentran por debajo del límite aceptados ( $p > 0.05$ ) Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se muestra la capacidad de proceso donde el valor obtenido (**cpk = 0.24**) no muestra que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Utilización. Pero se denota que es posible ajustar la Capacidad de Proceso dado que el 71% de los datos se encuentra dentro de la especificación permitida.

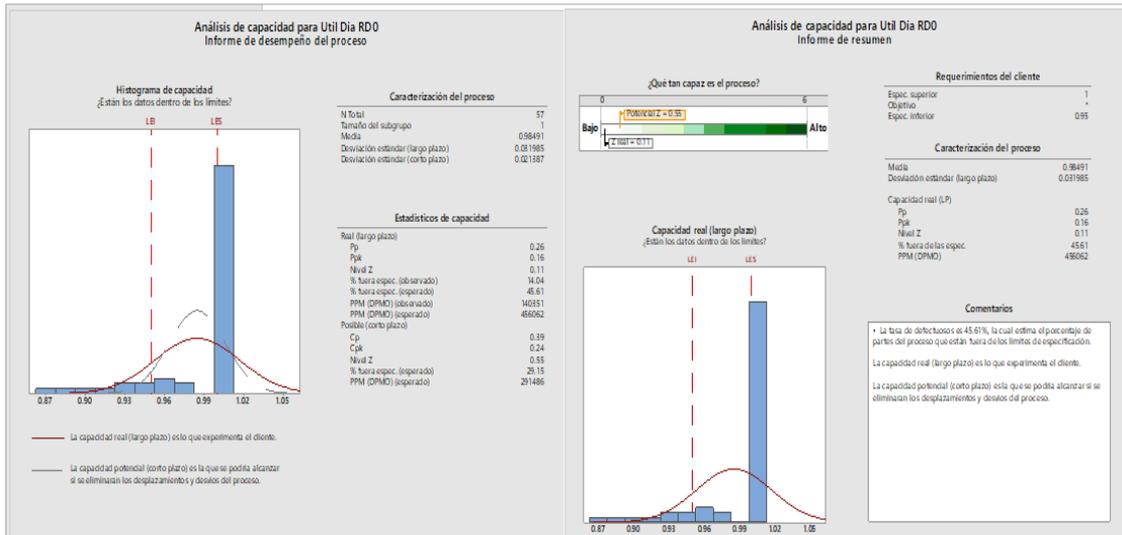


Figura 14. Capacidad de Proceso – Utilización Rodmill 2, La figura muestra la capacidad del proceso valor denotado en (cpk = 0.24) muestra que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Utilización.

### c. Circuito RD 02 - Eficiencia

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos indica la inestabilidad del proceso tanto de datos individuales como la de rangos móviles.

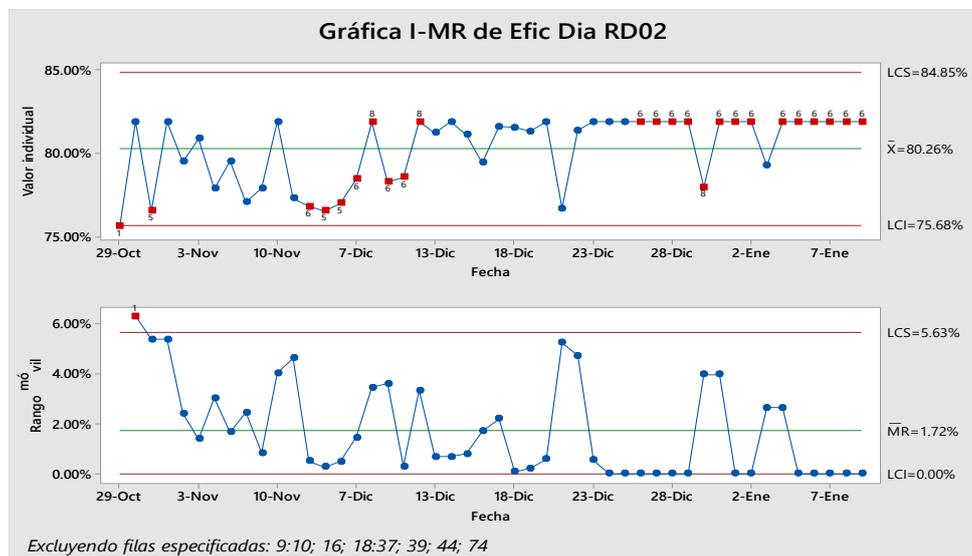


Figura 15. Gráfica Estabilidad I-MR – Eficiencia Rodmill 2, La figura muestra la inestabilidad del proceso tanto de datos individuales como la de rangos móviles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se Presenta la gráfica de normalidad, y observamos que los datos no muestran un resultado adecuado ya que p es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

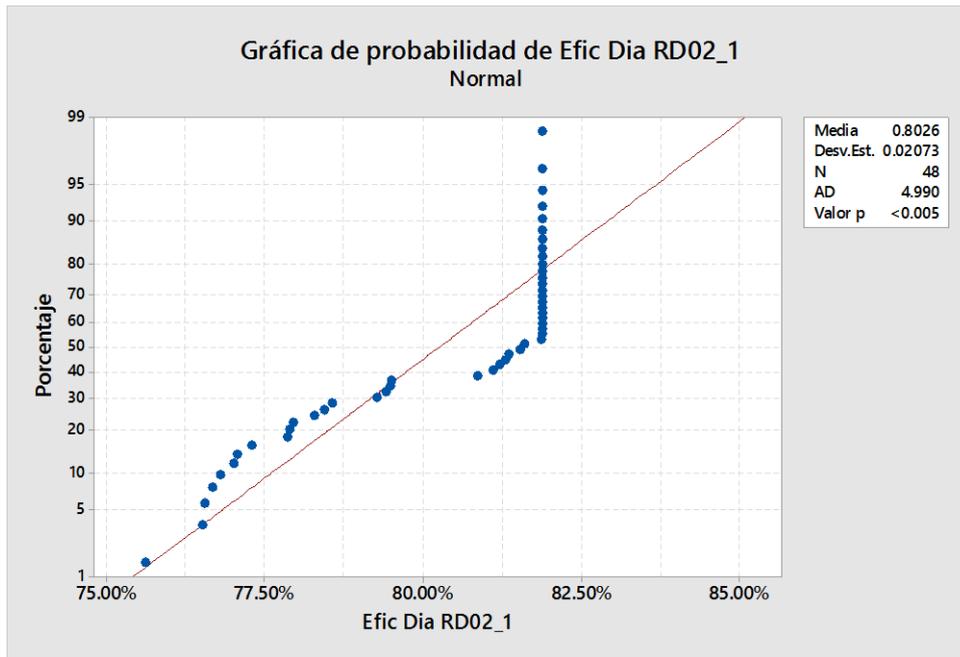


Figura 16. Grafica de Normalidad – Eficiencia Rodmill 2, La figura muestra la gráfica de normalidad la cual observamos datos que no muestran un resultado adecuado ya que p es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

Se procede a transformar los datos individualmente obteniendo los mismos resultados que se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

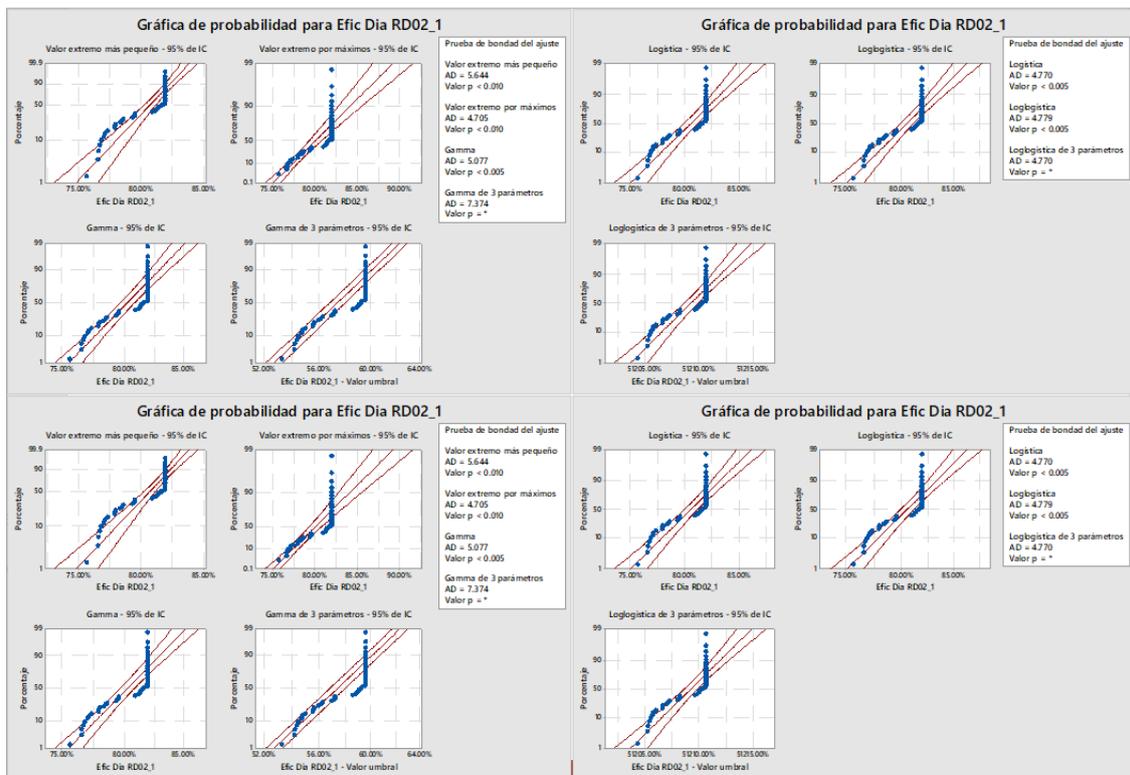


Figura 17 Transformaciones individuales – Eficiencia Rodmill 2, Se transforman los datos individualmente del cual podemos obtener los mismos resultados que se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se observa la capacidad de proceso donde obtenemos  $cpk = 0.06$ , que nos indica que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Eficiencia. Pero se denota que es posible ajustar la Capacidad de Proceso dado que el 42% de los datos se encuentra dentro de la especificación permitida.

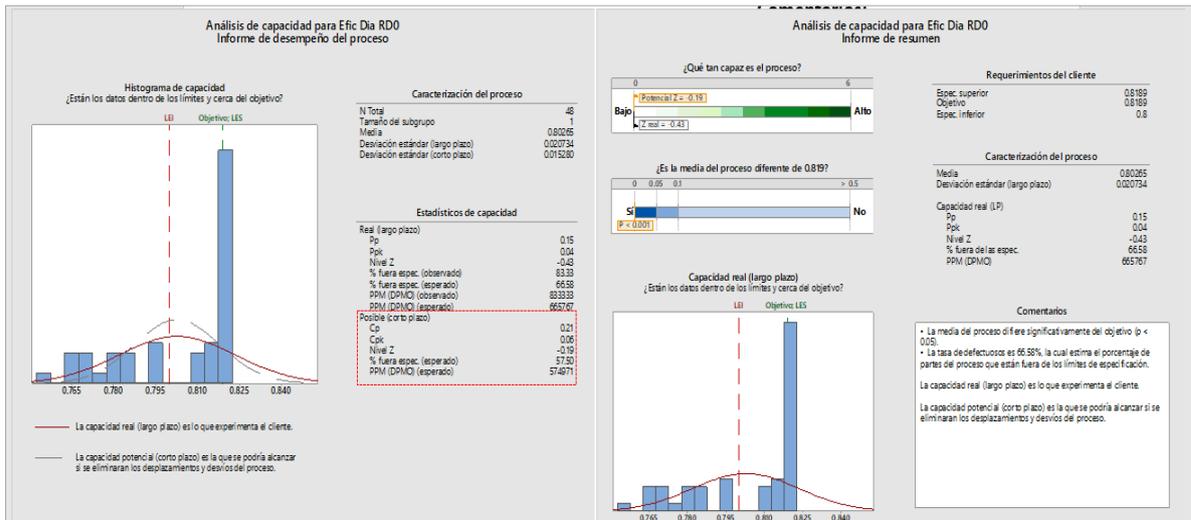


Figura 18. Capacidad de Proceso – Eficiencia Rodmill 2, En la figura observamos que en la capacidad de proceso obtenemos  $cpk = 0.06$ , el cual indica que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Eficiencia. Fuente: Elaboración propia.

d. **Circuito RD 02 – OEE**

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso tomando datos individuales y rangos móviles.

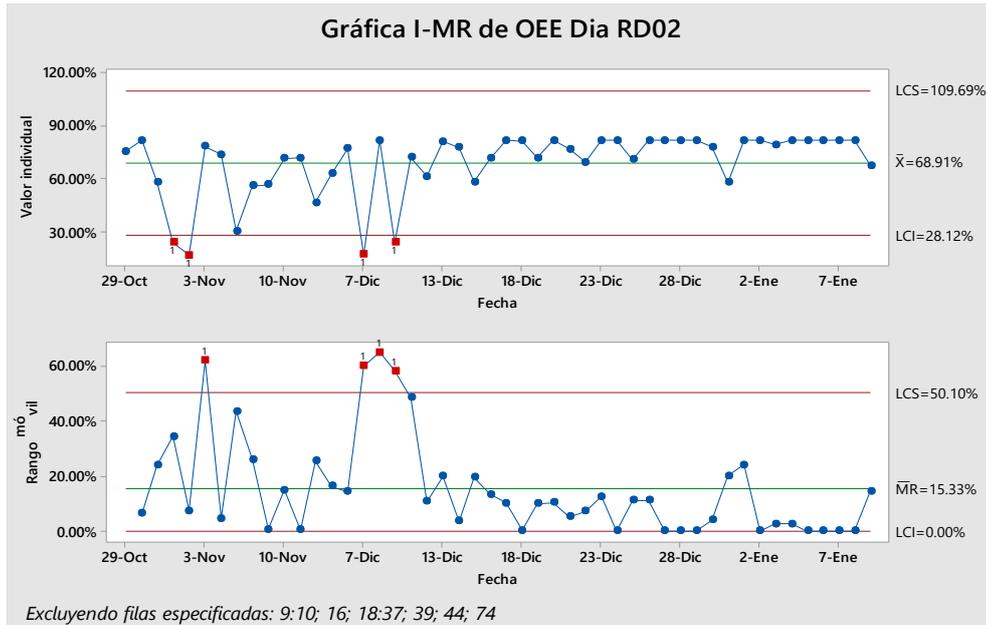


Figura 19 Gráfica de Estabilidad I-MR – OEE Rodmill 2, En la figura se presenta la gráfica de estabilidad I-MR en el que nos muestra la inestabilidad del proceso tomando datos individuales y rangos móviles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se Observa la gráfica de normalidad, pero se observa que el históricos de datos el resultado no es el óptimo dado que  $p < 0.05$ .

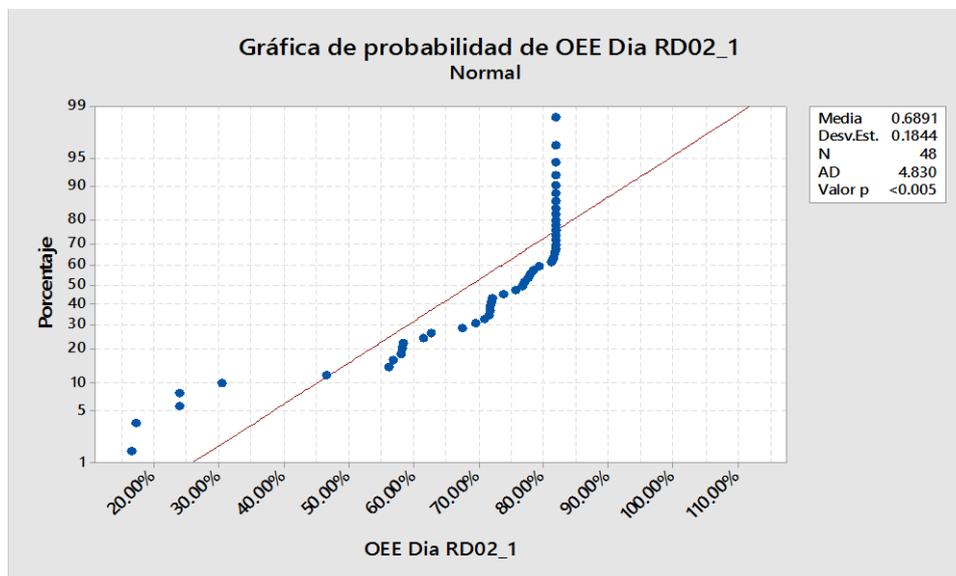


Figura 20. Grafica de Normalidad – OEE Rodmill 2, La figura muestra la gráfica de normalidad, pero, se observa que los reales datos el resultado no es el óptimo dado que  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar la transformación de los datos sin encontrar resultados exitosos, ya que todos siguen por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

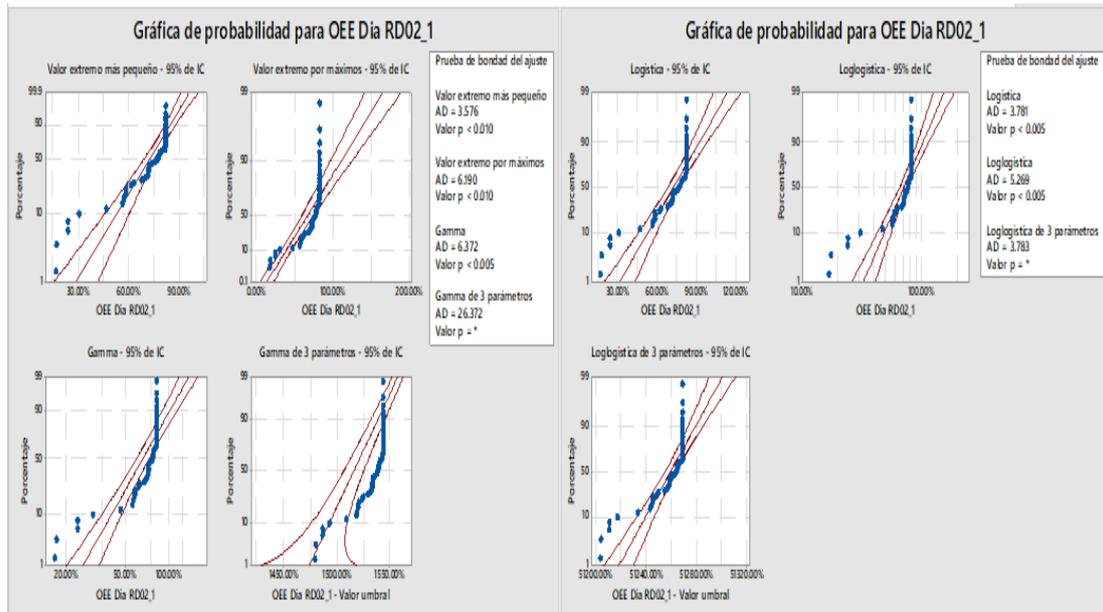


Figura 21. Transformaciones individuales – OEE Rodmill 2, La figura muestra la transformación de los datos no se encuentran resultados exitosos, ya que todos siguen por debajo del límite ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica mostrada se observa la capacidad de Proceso donde  $cpk = -0.07$ , por consiguiente, el proceso NO es capaz en lo que respecta al OEE.

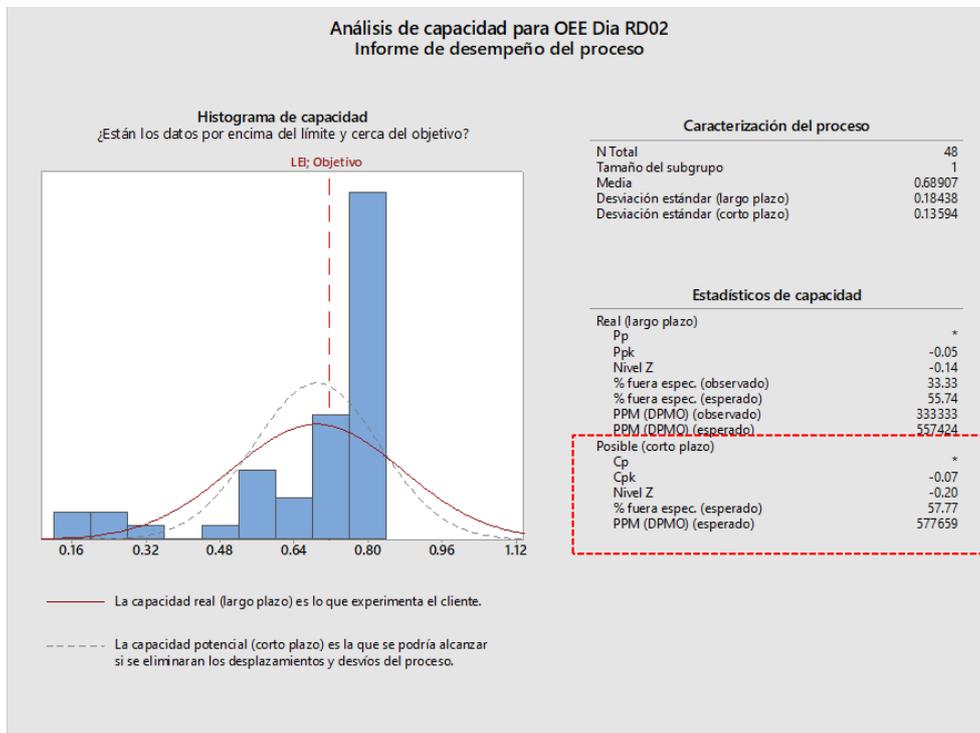


Figura 22. Capacidad de Proceso – OEE Rodmill 2, En la figura se observa la capacidad de Proceso donde  $cpk = -0.07$ , por consiguiente, el proceso NO es capaz en lo que respecta al OEE. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.6 Comportamiento o Caracterización de Variables – RD 03

##### a. Circuito RD 03 – Disponibilidad

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, muchos de los datos sobrepasando los límites inferiores y superiores permisibles tanto de datos individuales y móviles respectivamente.

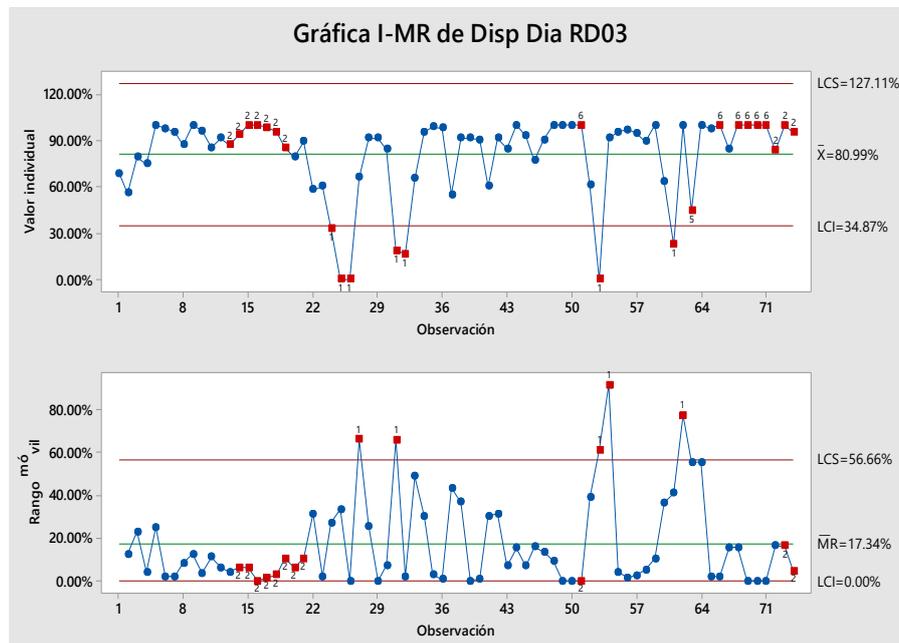


Figura 23. Gráfica de Estabilidad I-MR – Disponibilidad Rodmill 3 La figura muestra la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, siendo que varios de los datos excediendo los límites inferiores y superiores permisibles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se presenta la gráfica de normalidad, donde nos muestra el resultado no óptimo dado que se tiene que  $p$  es menos a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

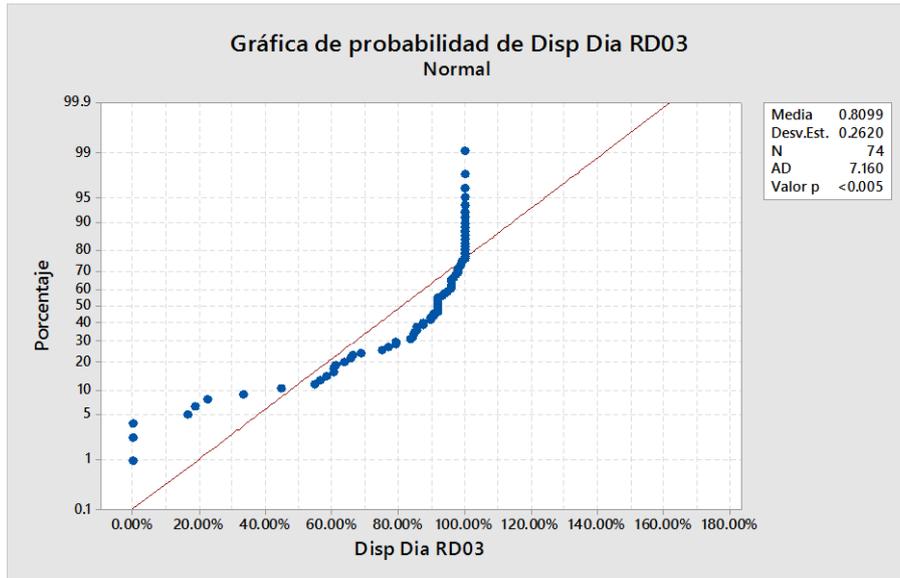


Figura 24. Grafica de Normalidad – Disponibilidad Rodmill 3, La figura muestra la gráfica de normalidad, donde nos muestra que el resultado insuperable ya que se tiene que p es menos a 0.05 ( $p < 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar la transformación de datos individuales obteniendo el mismo resultado, que todos se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

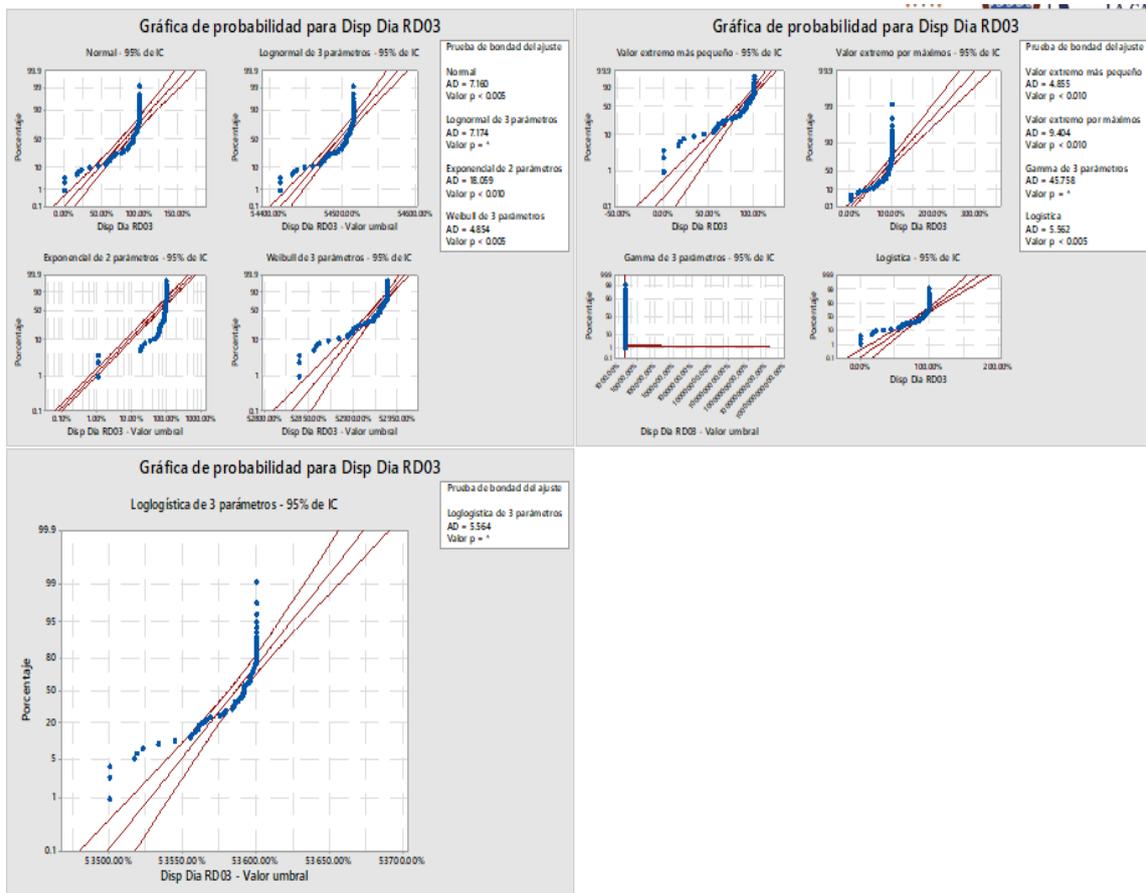


Figura 25. Transformaciones individuales – Disponibilidad Rodmill 3, La figura muestra la transformación de antecedentes individuales obteniendo el mismo resultado, de que todos se encuentran por debajo del límite de ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se muestra la capacidad de proceso cuyo valor obtenido ( $cpk = -0.24$ ), nos indica que el proceso NO es capaz en el circuito analizado en lo que respecta a disponibilidad.

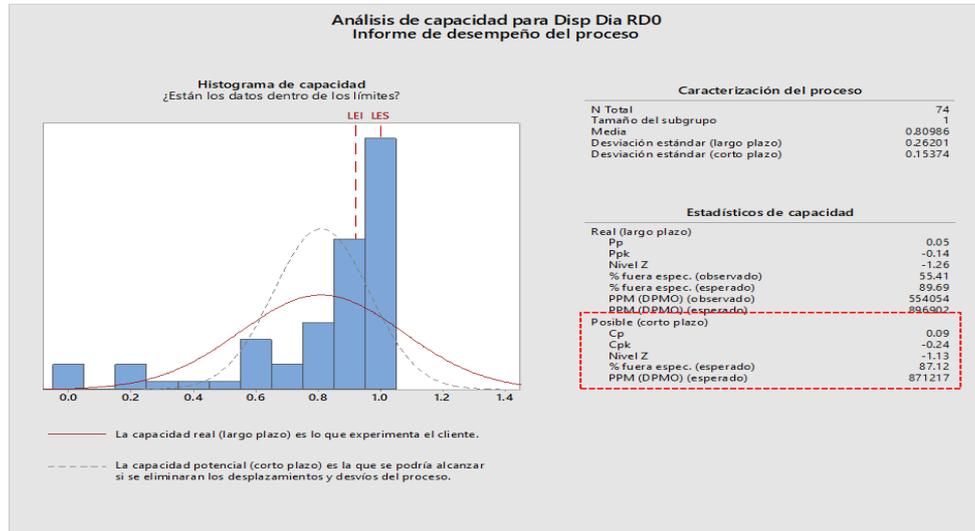


Figura 26. Capacidad del Proceso – Disponibilidad Rodmill 3, La figura muestra la capacidad del proceso cuyo valor obtenido es de  $cpk = -0.24$ , la misma que nos indica que el proceso NO es capaz en el circuito analizado en lo que respecta a disponibilidad. Fuente: Elaboración propia.

**b. Circuito RD 03 - Utilización**

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, sobrepasando los límites permisibles.

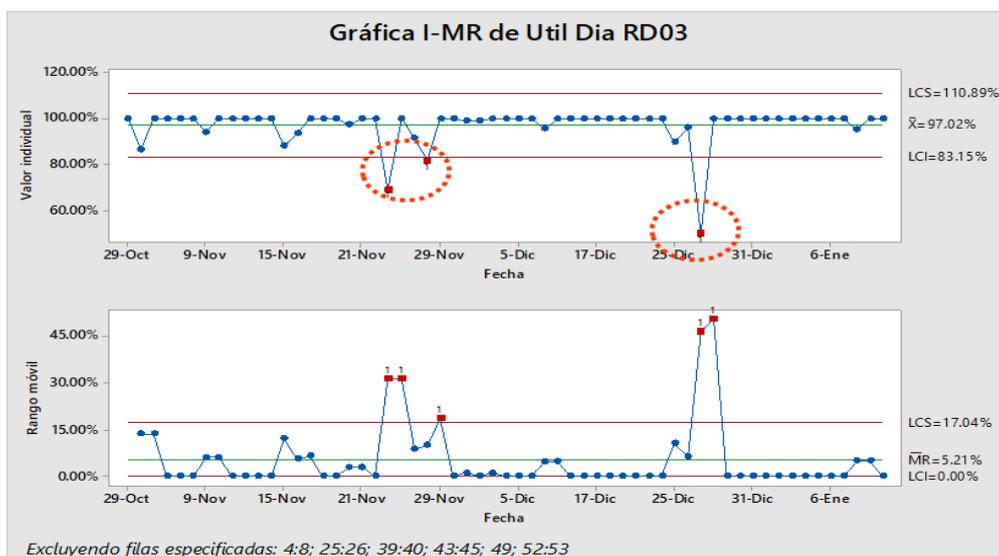


Figura 27. Gráfica de Estabilidad I-MR – Utilización Rodmill 3, La figura muestra la gráfica de estabilidad I-

MR donde nos muestra la inestabilidad del proceso, que van sobrepasando los límites permisibles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se presenta la gráfica de normalidad, donde se observa que con los datos registrados no se obtiene un resultado adecuado ya que  $p < 0.05$ .

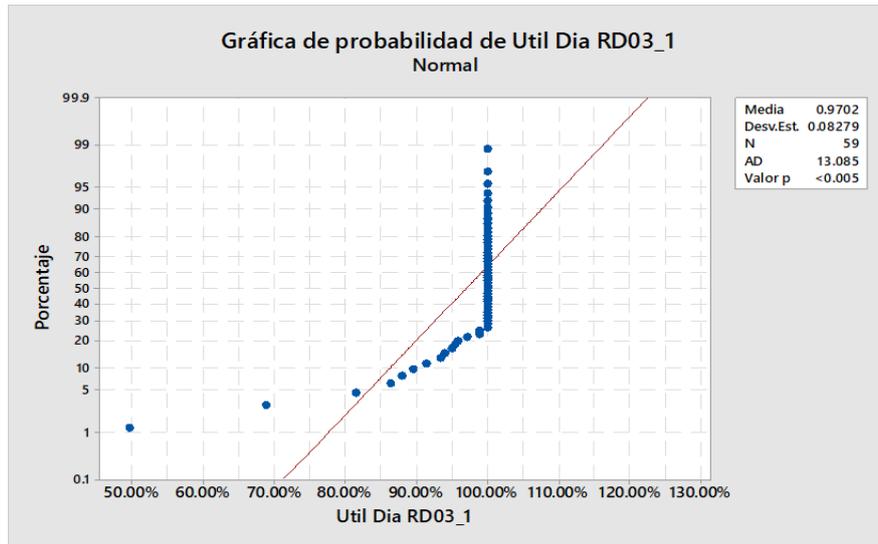


Figura 28. Grafica de Normalidad – Utilización Rodmill 3, La figura muestra la gráfica de normalidad, en la que podemos observar que, analizando los datos registrados no se obtiene un resultado adecuado ya que  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

Se procede a transformar los datos individuales obteniendo resultados semejantes que se encuentran por debajo del límite aceptado ( $p > 0.05$ )

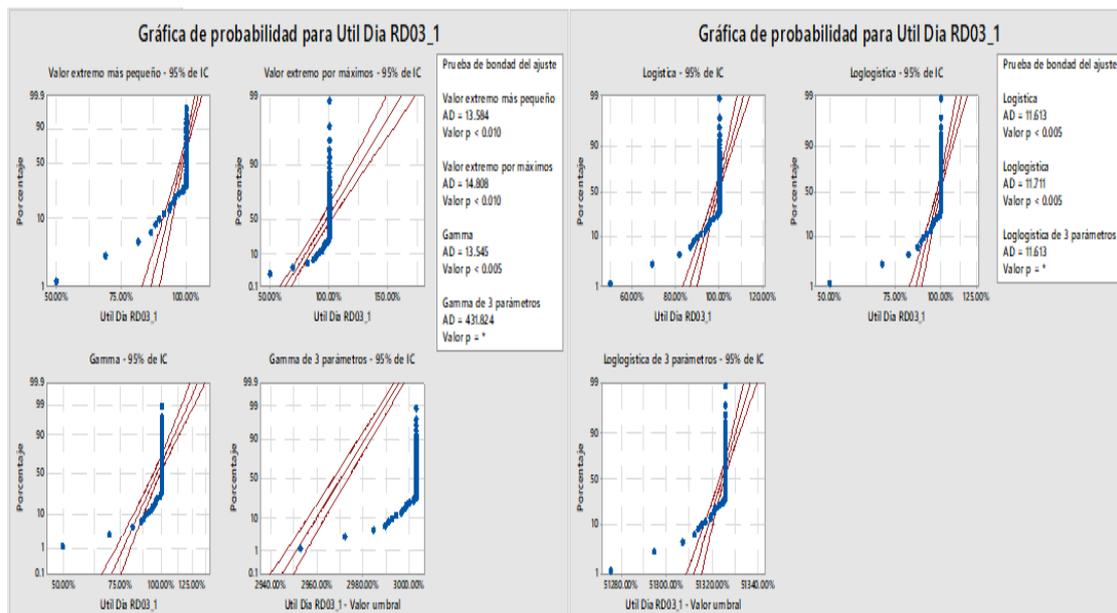


Figura 29. Transformaciones individuales – Utilización Rodmill 3, La figura muestra la transformación de datos individualmente obteniendo resultados semejantes que se encuentran por debajo del límite aceptado es decir a ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se muestra la capacidad de proceso donde el valor obtenido (**cpk = 0.15**) no muestra que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Utilización. Pero se denota que es posible ajustar la Capacidad de Proceso dado que el 41% de los datos se encuentra dentro de la especificación permitida.

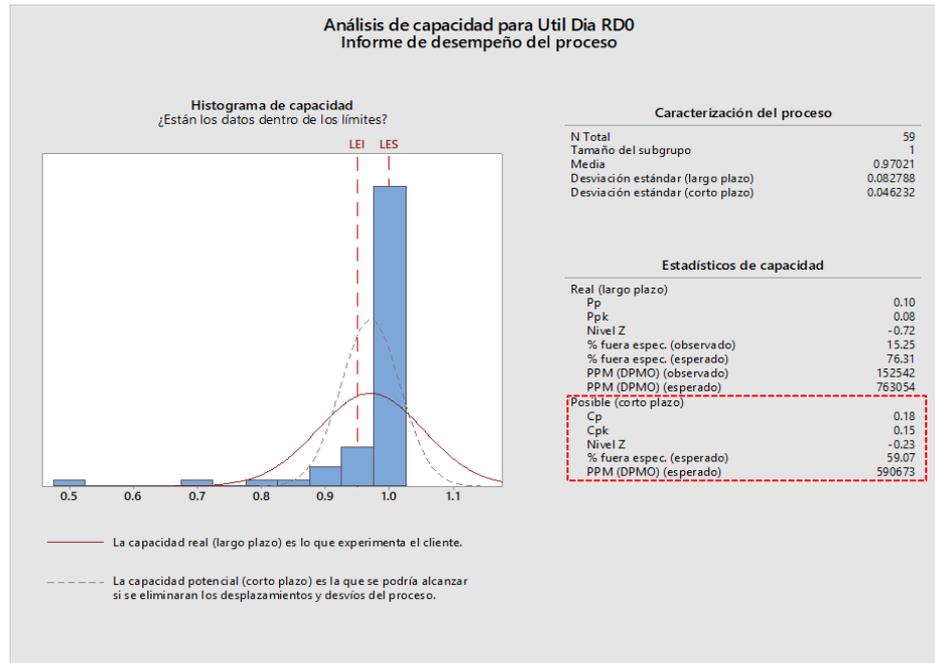


Figura 30. Capacidad de Proceso – Utilización Rodmill 3, La figura muestra la gráfica de la capacidad de proceso expuesto en (cpk = 0.15) muestra que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Utilización. Fuente: Elaboración propia.

**c. Circuito RD 03 - Eficiencia**

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos indica la inestabilidad del proceso tanto de datos individuales como la de rangos móviles.

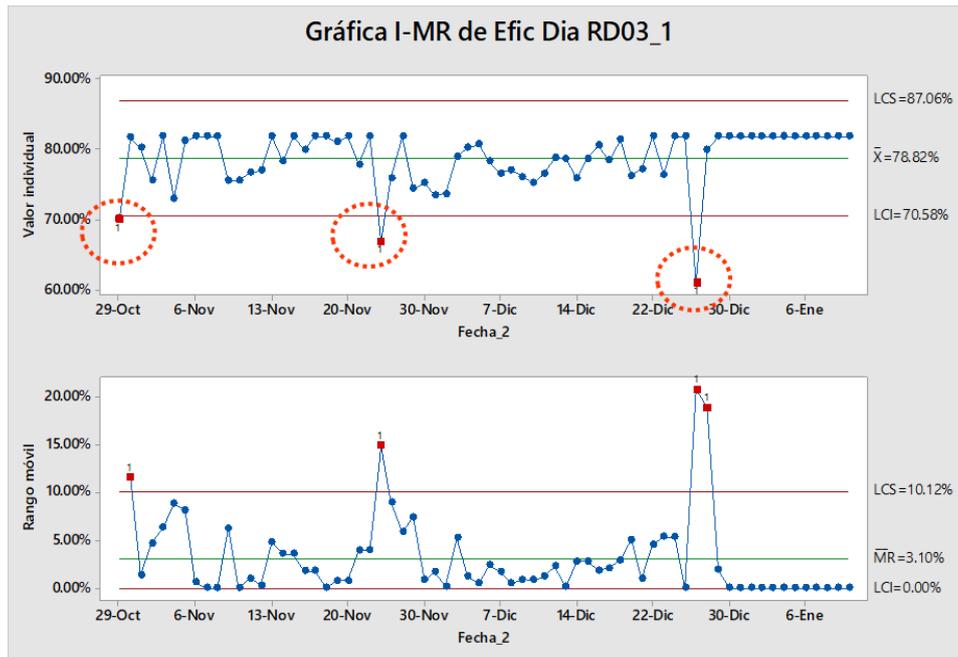


Figura 31. Gráfica de Estabilidad I-MR – Eficiencia Rodmill 3, La figura muestra la gráfica de estabilidad I-MR representamos y nos indica que existe la inestabilidad del proceso tanto de datos individuales como la de rangos móviles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se Presenta la gráfica de normalidad, y observamos que los datos no muestran un resultado adecuado ya que  $p$  es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

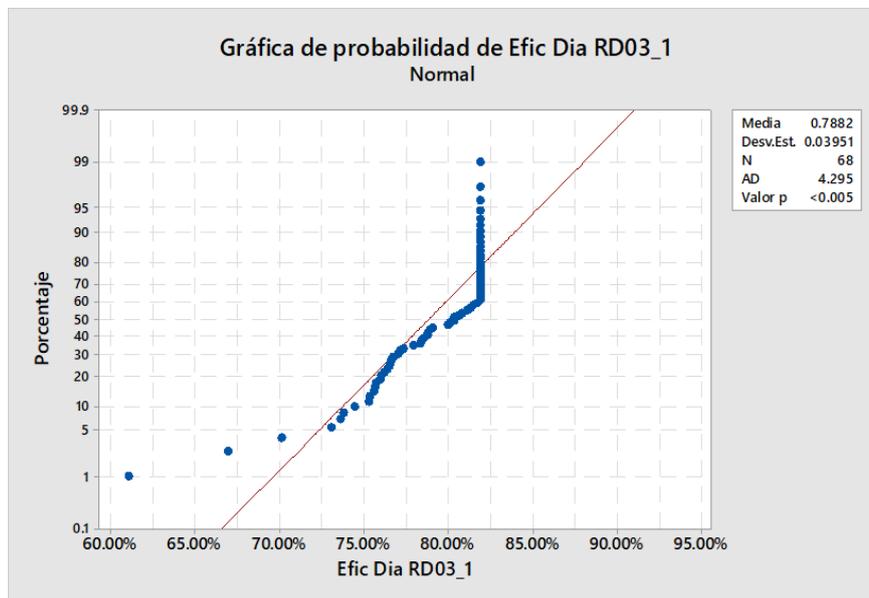


Figura 32. Grafica de Normalidad – Eficiencia Rodmill 3, Presenta la gráfica de normalidad, y cuando observamos detenidamente vemos que los datos no muestran un resultado adecuado ni favorable ya que  $p$  es menor a 0.05 es decir ( $p < 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

Se procede a transformar los datos individualmente obteniendo los mismos resultados que se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

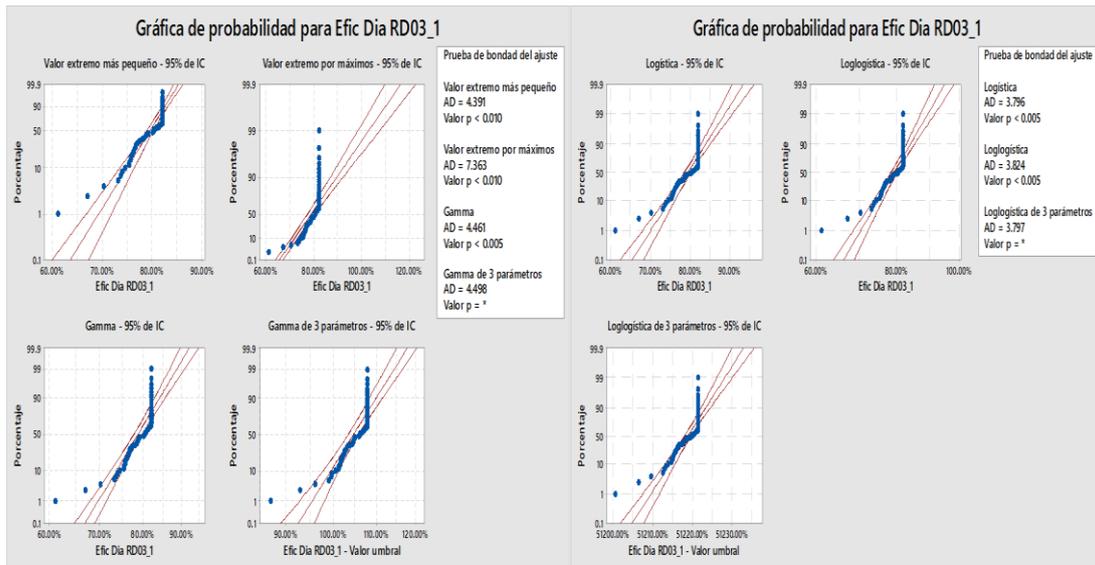


Figura 33. Transformaciones individuales – Eficiencia Rodmill 3, La figura muestra la conversión de datos individuales obteniendo la aparición de los mismos resultados que se encuentran por debajo del límite indicado cómo ( $p > 0.05$ ) Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se observa la capacidad de proceso donde obtenemos  $cpk = -0.14$ , que nos indica que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Eficiencia.

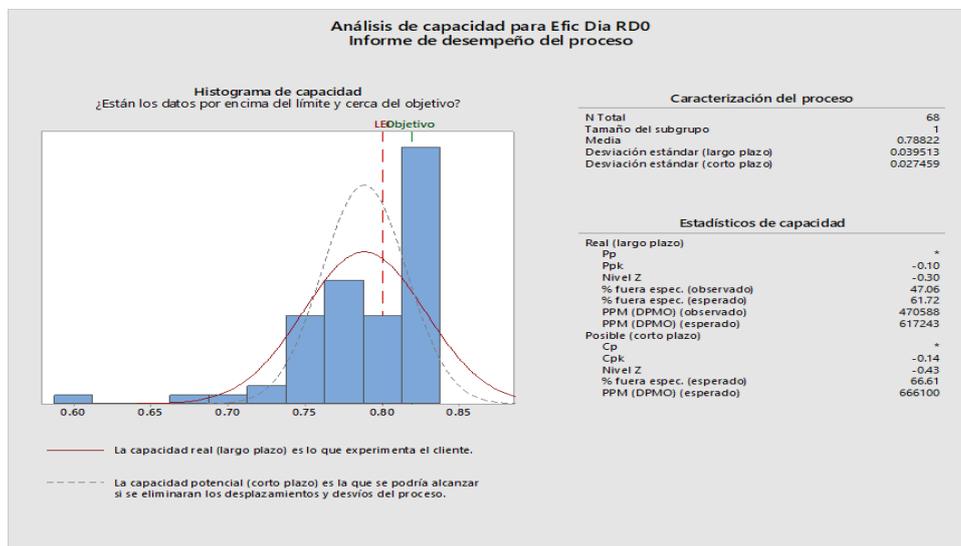


Figura 34. Capacidad de Proceso – Eficiencia Rodmill 3, En la figura podemos observar que la capacidad de proceso en la que obtenemos a  $cpk = -0.14$ , el cual nos indica que el proceso NO es capaz de representar con valor cierto en lo que respecta a Eficiencia. Fuente: Elaboración propia.

**d. Circuito RD 03 – OEE**

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso tomando datos individuales y rangos móviles.

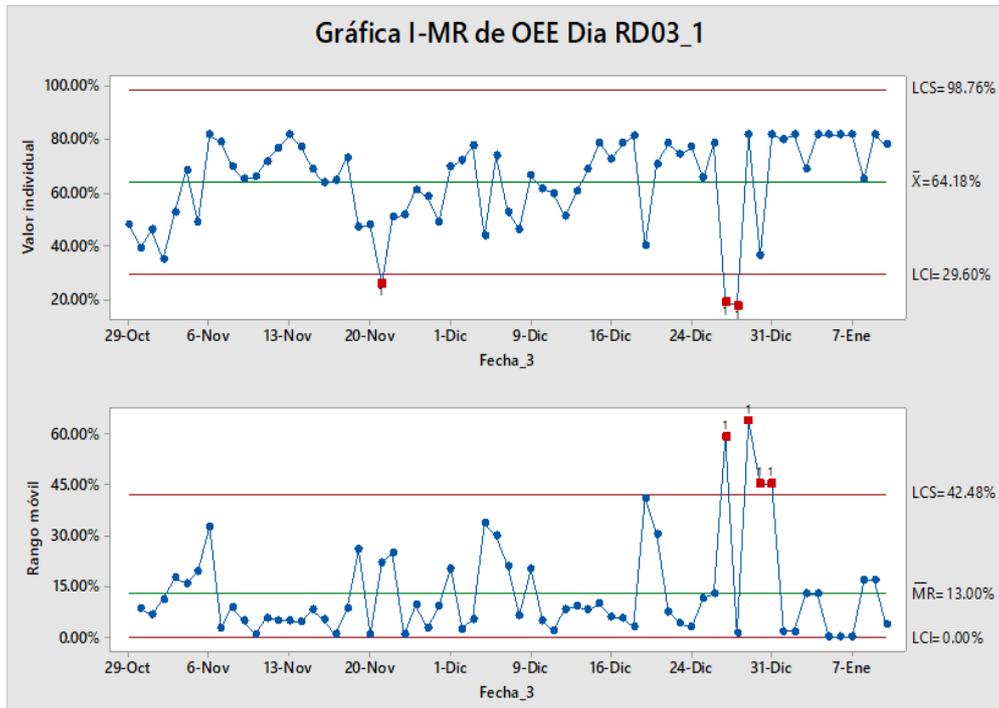


Figura 35. Gráfica de Estabilidad I-MR – OEE Rodmill 3, En la figura se muestra con claridad la inestabilidad del proceso el cual nos permitimos en tomar de los datos individuales y rangos móviles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se Observa la gráfica de normalidad, pero se observa que el históricos de datos el resultado no es el óptimo dado que  $p < 0.05$ .

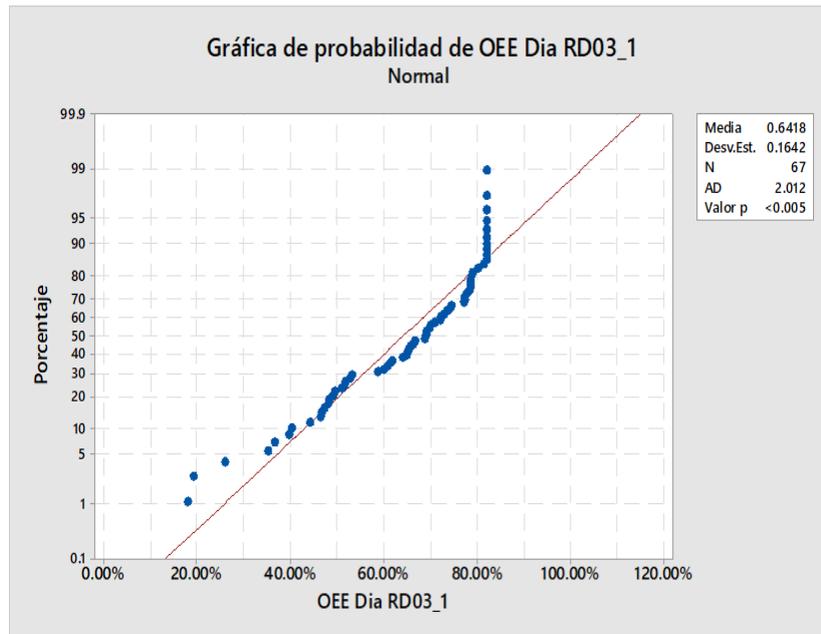


Figura 36. Grafica de Normalidad – OEE Rodmill 3, Se Observa la gráfica de normalidad, pero se observa que el históricos de datos el resultado no es el óptimo dado que  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar la transformación de los datos sin encontrar resultados exitosos, ya que todos siguen por debajo del límite ( $p > 0.05$ ).

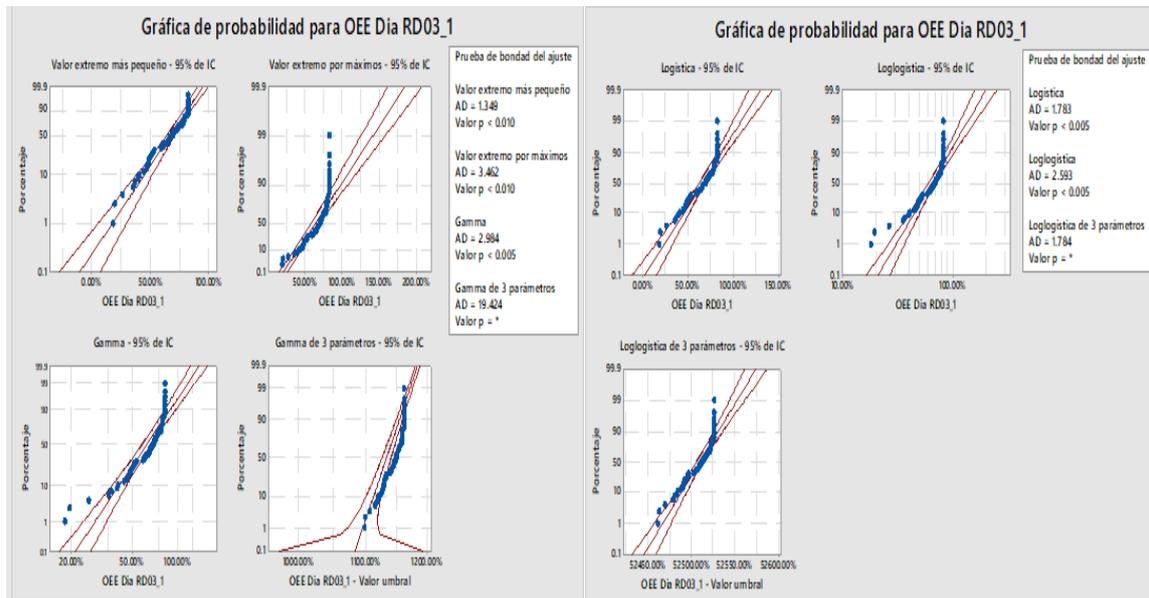


Figura 37. Transformaciones individuales – OEE Rodmill 3, En la figura se procede a realizar la transformación de los datos sin encontrar resultados exitosos por lo que todos los datos obtenidos siguen por debajo del límite, es decir ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración Propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica mostrada se observa la capacidad de Proceso donde  $cpk = -0.21$ , por consiguiente, el proceso NO es capaz en lo que respecta al OEE.

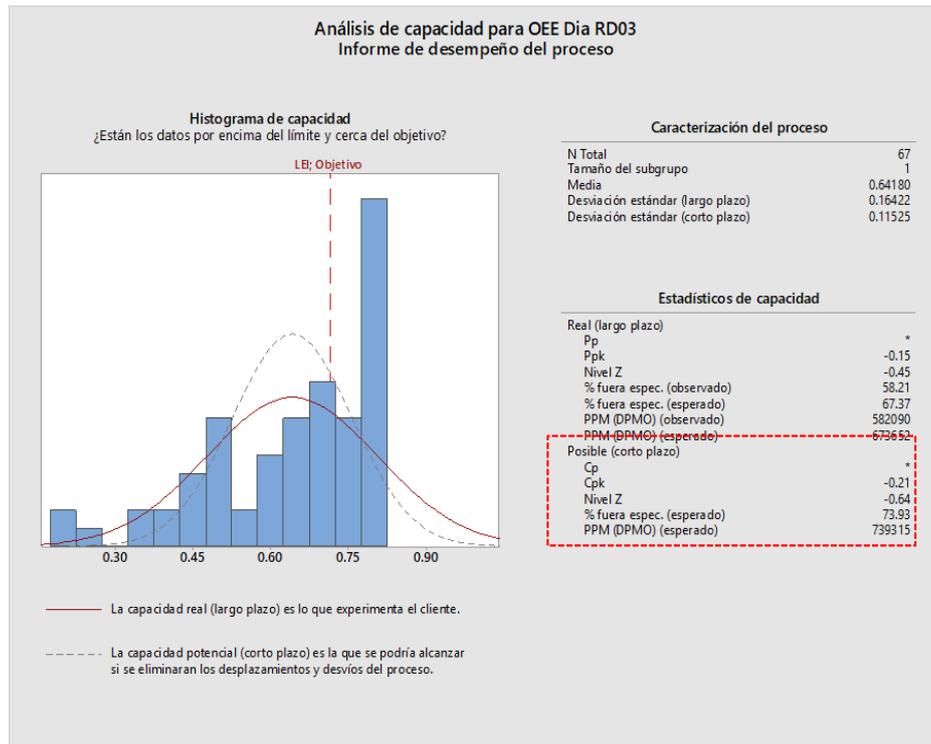


Figura 38. Capacidad de Proceso – OEE Rodmill 3, la figura nos muestra la capacidad de Proceso donde se encuentran los datos  $cpk = -0.21$ , por consiguiente, el proceso NO es capaz de responder en lo que respecta a lo requerido en OEE. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.7 Comportamiento o Caracterización de Variables – RD 04

##### a. Circuito RD 04 – Disponibilidad

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, muchos de los datos sobrepasando los límites inferiores y superiores permisibles tanto de datos individuales y móviles respectivamente.

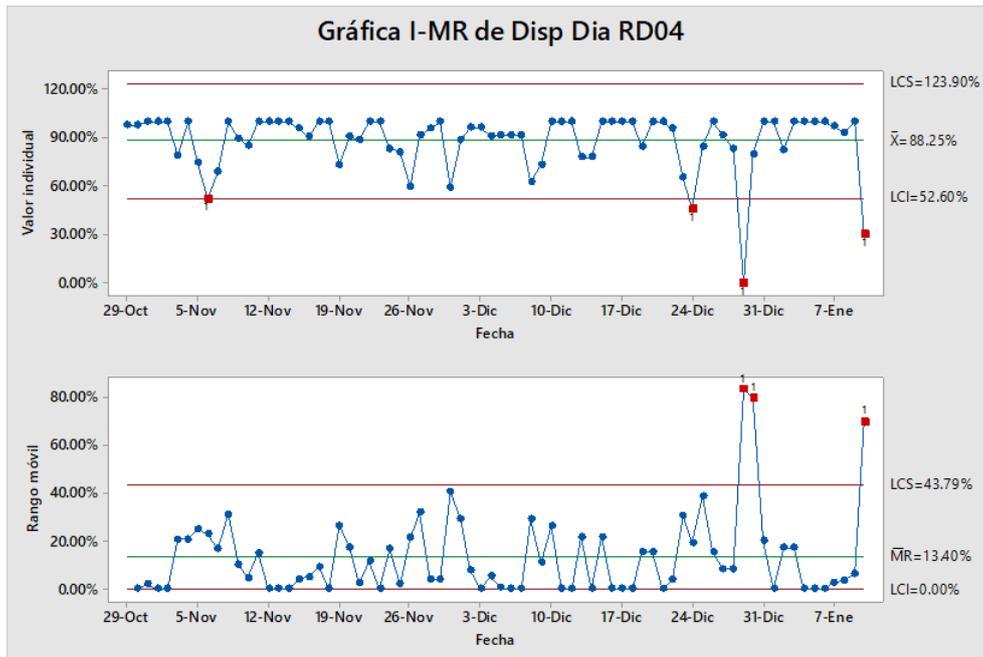


Figura 39. Gráfica de Estabilidad I-MR – Disponibilidad Rodmill 4, La figura presenta que existe inestabilidad en el proceso, los datos sobrepasan los límites inferiores y superiores permisibles, en relación a los datos individuales y móviles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se presenta la gráfica de normalidad, donde nos muestra el resultado no óptimo dado que se tiene que  $p$  es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

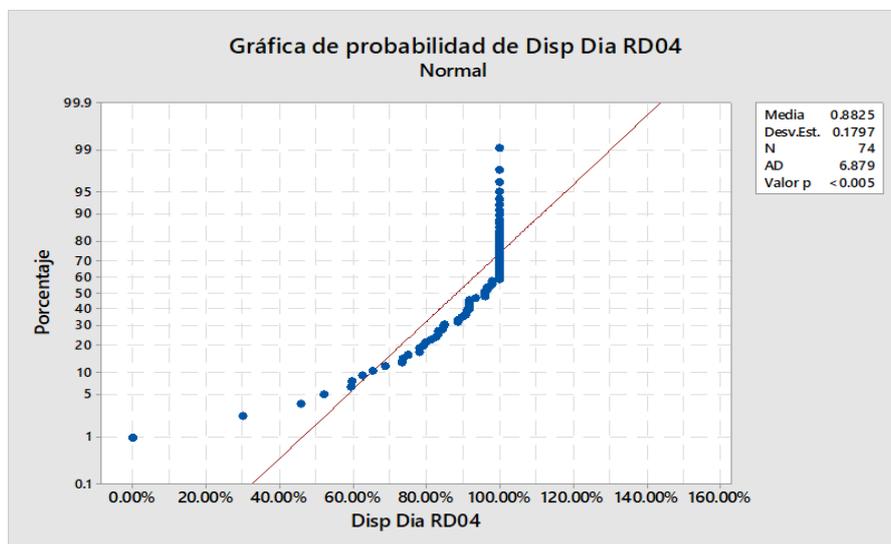


Figura 40. Gráfica de Normalidad – Disponibilidad Rodmill 4, Se presenta la gráfica de normalidad, donde al concluir con las relaciones establecidas, nos muestra un resultado no óptimo puesto que se tiene que  $p$  es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar la transformación de datos individuales obteniendo el mismo resultado, que todos se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

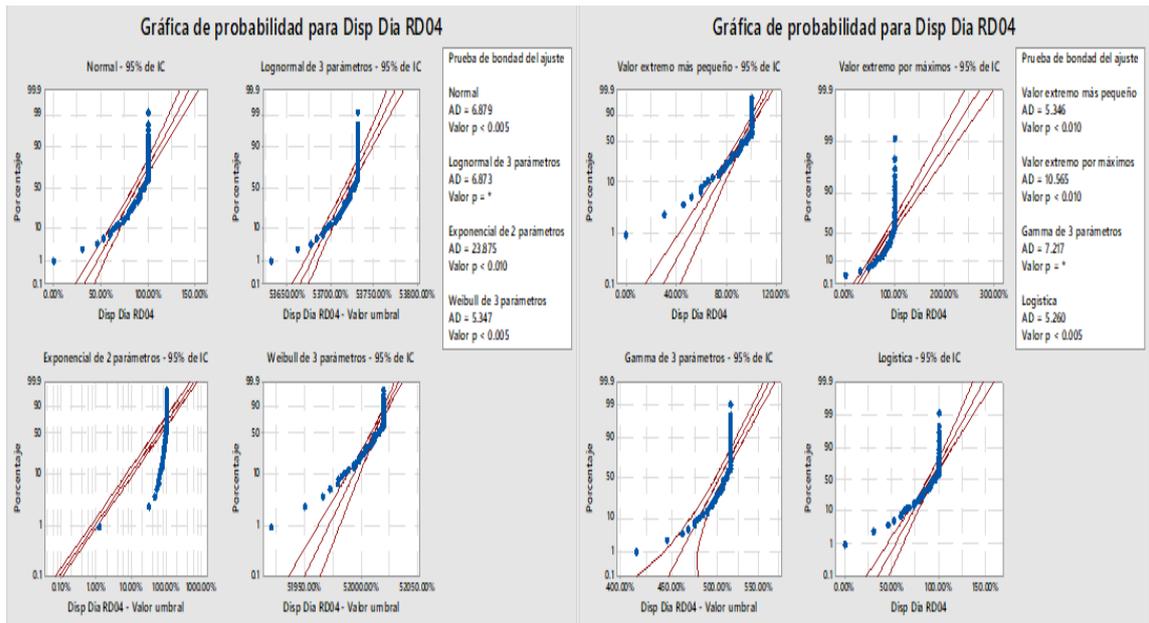


Figura 41. Transformaciones individuales – Disponibilidad Rodmill 4, La figura muestra los procesos realizados en lo que respecta a la transformación de los datos individuales en las que se obtienen el mismo resultado indicando que todos se encuentran por debajo del límite de  $(p > 0.05)$ . Fuente: Elaboración propia.

## • Capacidad de Proceso

En la gráfica se muestra la capacidad de proceso cuyo valor obtenido ( $cpk = -0.11$ ), nos indica que el proceso NO es capaz en el circuito analizado en lo que respecta a disponibilidad.

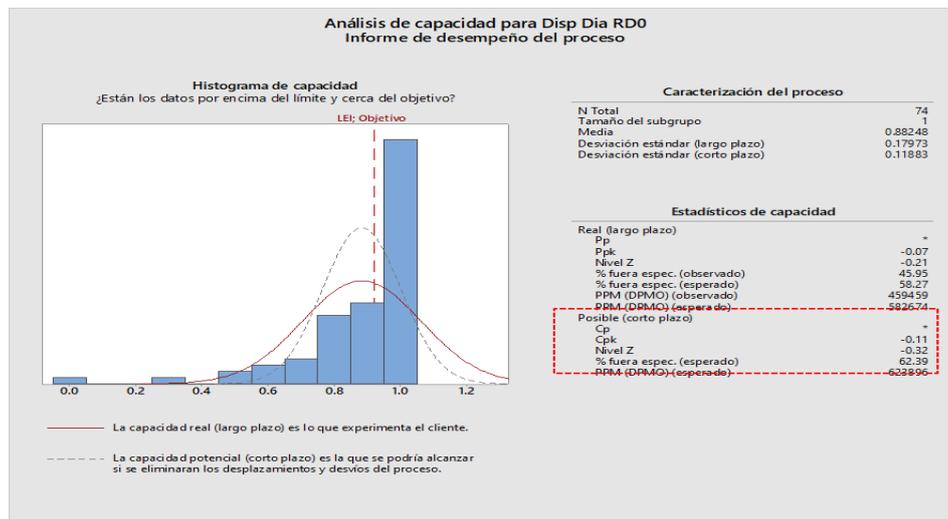


Figura 42. Capacidad del Proceso – Disponibilidad Rodmill 4, La figura nos muestra los indicadores sobre la capacidad de proceso cuyo valor obtenido es de  $(cpk = -0.11)$ , haciendo notar que el proceso NO es capaz de gestionar eficientemente en el circuito analizado en lo que respecta a disponibilidad. Fuente: Elaboración propia.

## b. Circuito RD 04 - Utilización

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso, sobrepasando los límites permisibles.

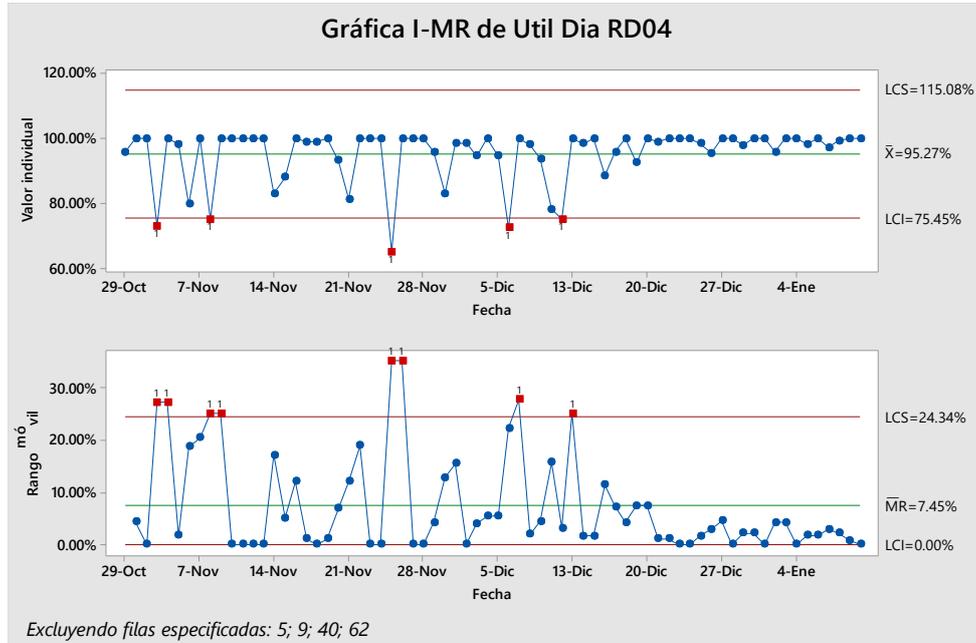


Figura 43. Gráfica de Estabilidad I-MR – Utilización Rodmill 4, En la figura se muestran las fluctuaciones de estabilidad I-MR que luego nos modela la inestabilidad del proceso, sobrepasando los límites permisibles. Fuente. Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se presenta la gráfica de normalidad, donde se observa que con los datos registrados no se obtiene un resultado adecuado ya que  $p < 0.05$ .

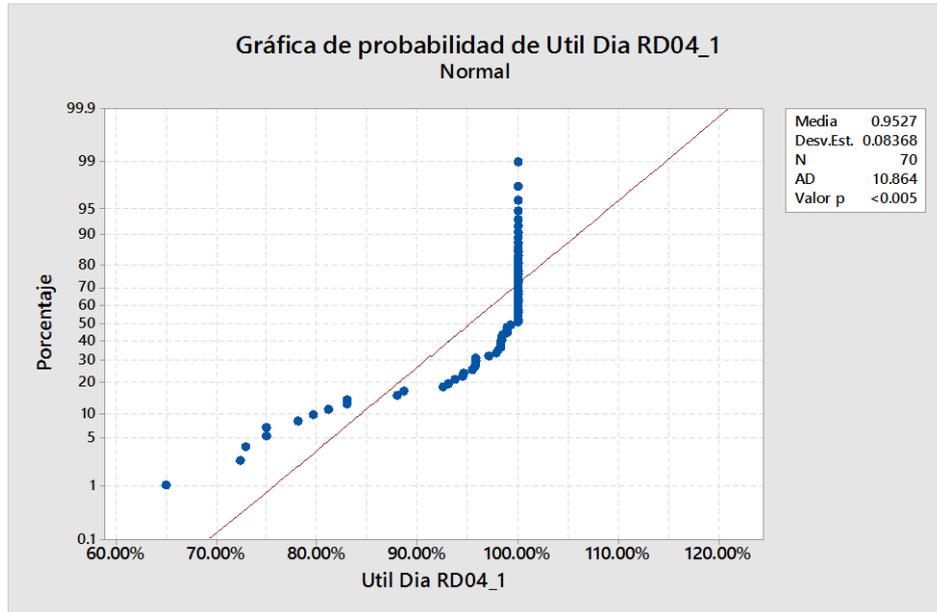


Figura 44. Grafica de Normalidad – Utilización Rodmill 4, En la figura se muestra un flujo de la normalidad, que luego como podemos observar que los datos registran un resultado no adecuado ya que es  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

Se procede a transformar los datos individuales obteniendo resultados semejantes que se encuentran por debajo del límite aceptado ( $p > 0.05$ )

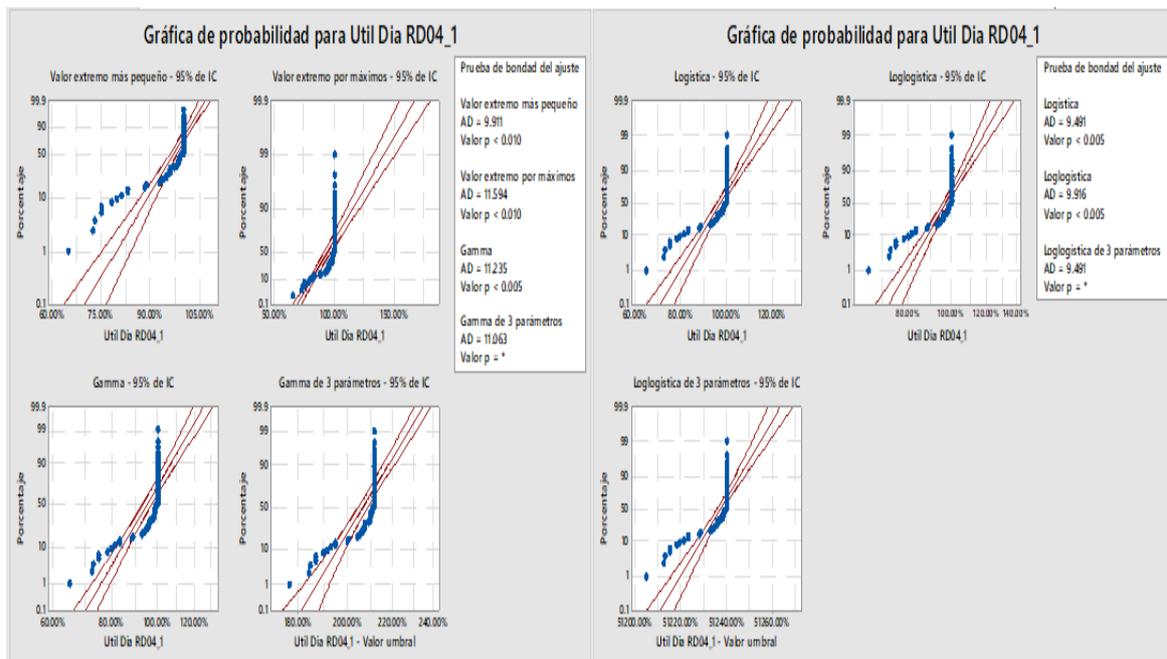


Figura 45. Transformaciones individuales – Utilización Rodmill 4, La figura muestra la transformación de datos individuales obteniendo resultados semejantes que se encuentran por debajo del límite aceptado el cual denotamos en ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se muestra la capacidad de proceso donde el valor obtenido (**cpk** = **0.01**) no muestra que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Utilización.

Pero se denota que es posible ajustar la Capacidad de Proceso dado que el 52% de los datos se encuentra dentro de la especificación permitida.

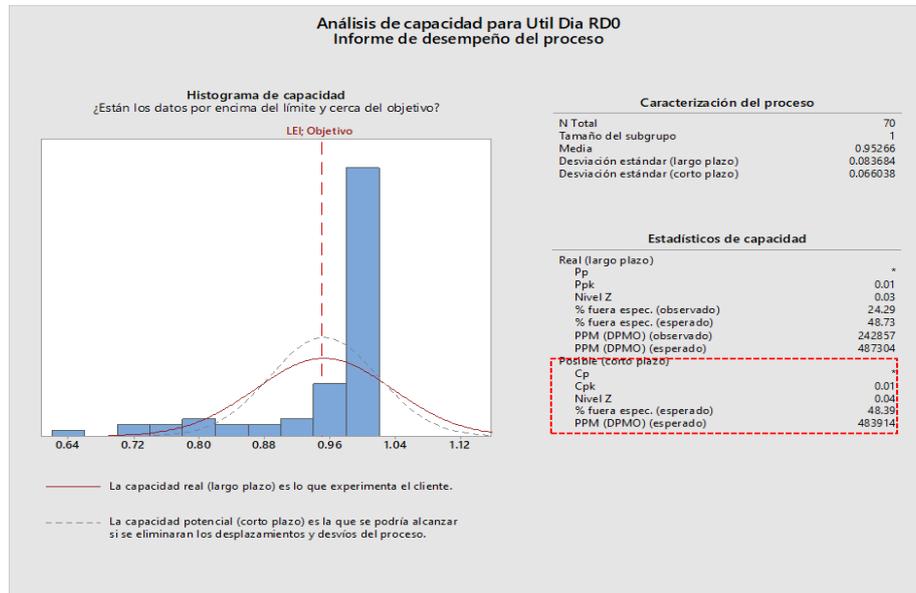


Figura 46. Capacidad de Proceso – Utilización Rodmill 4, La figura muestra que la capacidad de proceso donde el valor obtenido indica (cpk = 0.01), el que nos muestra que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Utilización. Fuente: Elaboración propia.

### c. Circuito RD 04 - Eficiencia

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos indica la inestabilidad del proceso tanto de datos individuales como la de rangos móviles.

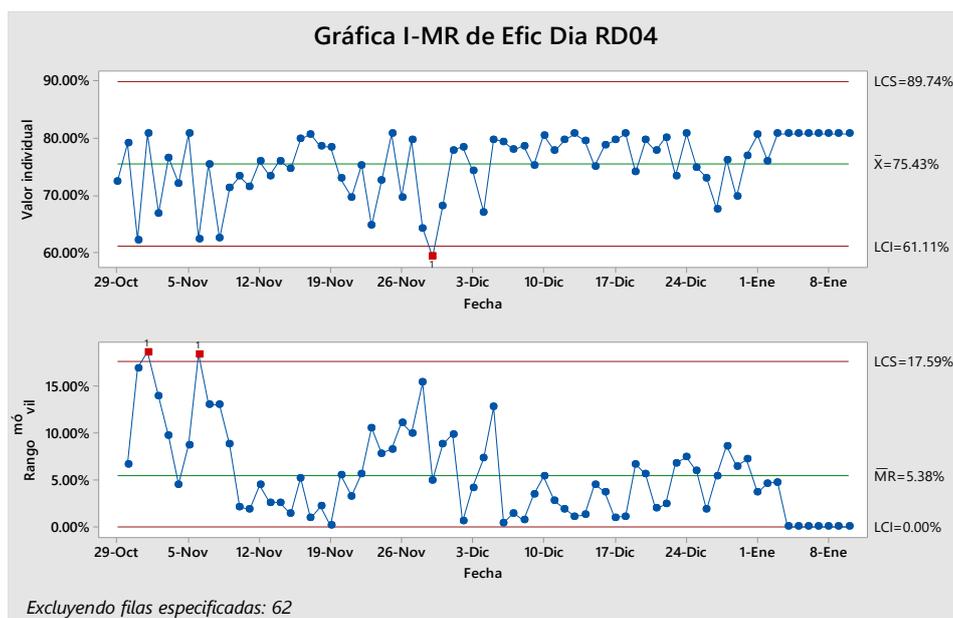


Figura 47. Gráfica de Estabilidad I-MR – Eficiencia Rodmill 4, La figura muestra la inestabilidad del proceso tanto de datos individuales como la de los rangos móviles. Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se Presenta la gráfica de normalidad, y observamos que los datos no muestran un resultado adecuado ya que  $p$  es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ).

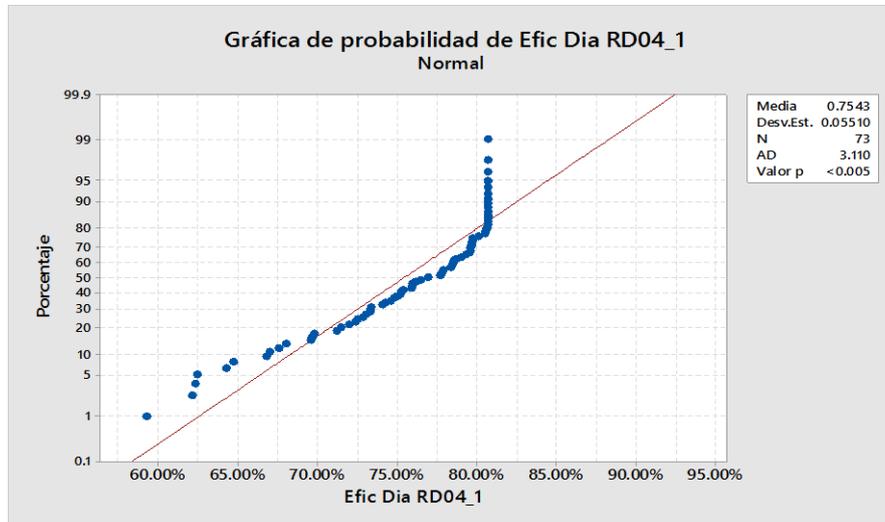


Figura 48. Grafica de Normalidad – Eficiencia Rodmill 4, La figura muestra la normalidad presentada donde observamos que los datos nos demuestran un resultado apropiado ya que  $p$  es menor a 0.05 ( $p < 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

Se procede a transformar los datos individualmente obteniendo los mismos resultados que se encuentran por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

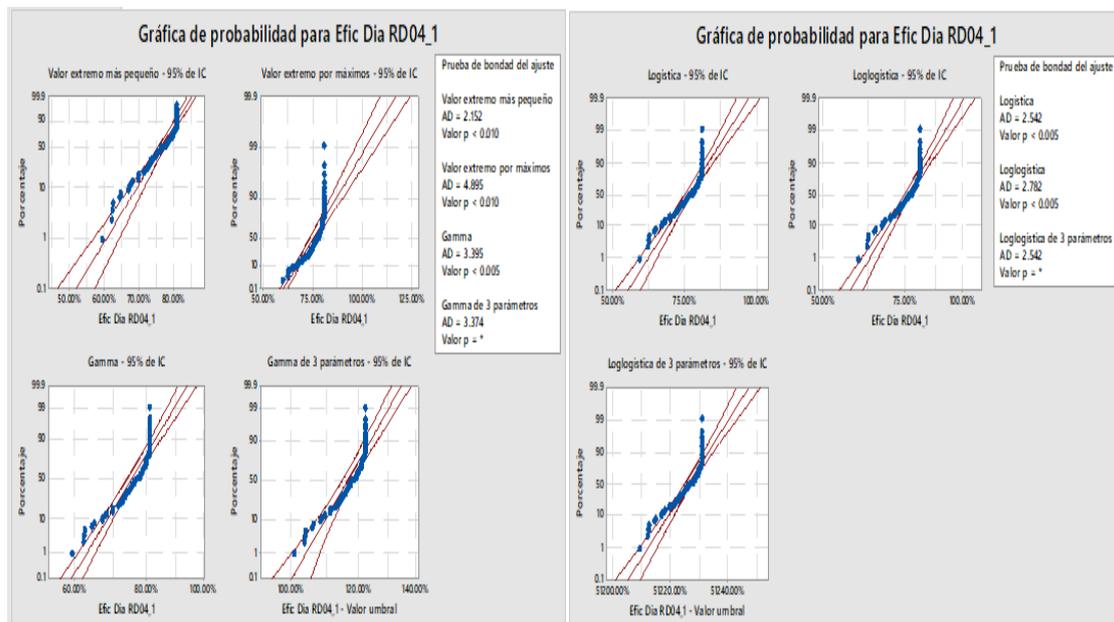


Figura 49. Transformaciones individuales – Eficiencia Rodmill 4, En la figura se muestra el proceso a transformar los datos individualmente de las que se obtienen los mismos resultados que se encuentran por debajo del límite de ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica se observa la capacidad de proceso donde obtenemos  $cpk = -0.37$ , que nos indica que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Eficiencia.

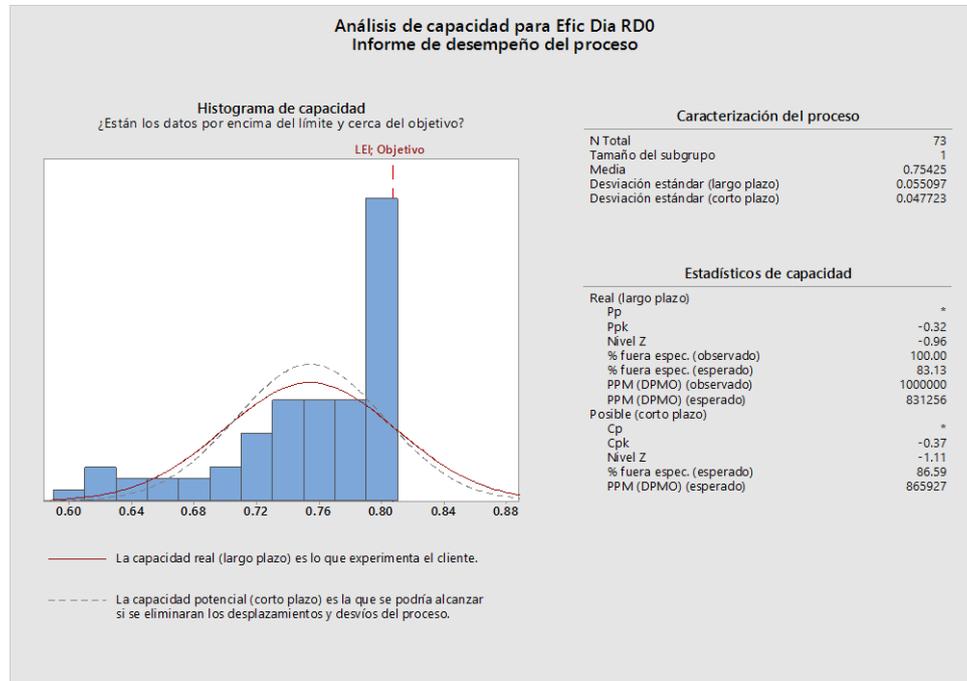


Figura 50. Capacidad de Proceso – Eficiencia Rodmill 4, La figura muestra la capacidad de proceso donde obtenemos  $cpk = -0.37$ , que nos indica que el proceso NO es capaz en lo que respecta a Eficiencia. Fuente: Elaboración propia.

**d. Circuito RD 04 – OEE**

- **Estabilidad**

Se presenta la gráfica de estabilidad I-MR que nos muestra la inestabilidad del proceso tomando datos individuales y rangos móviles.

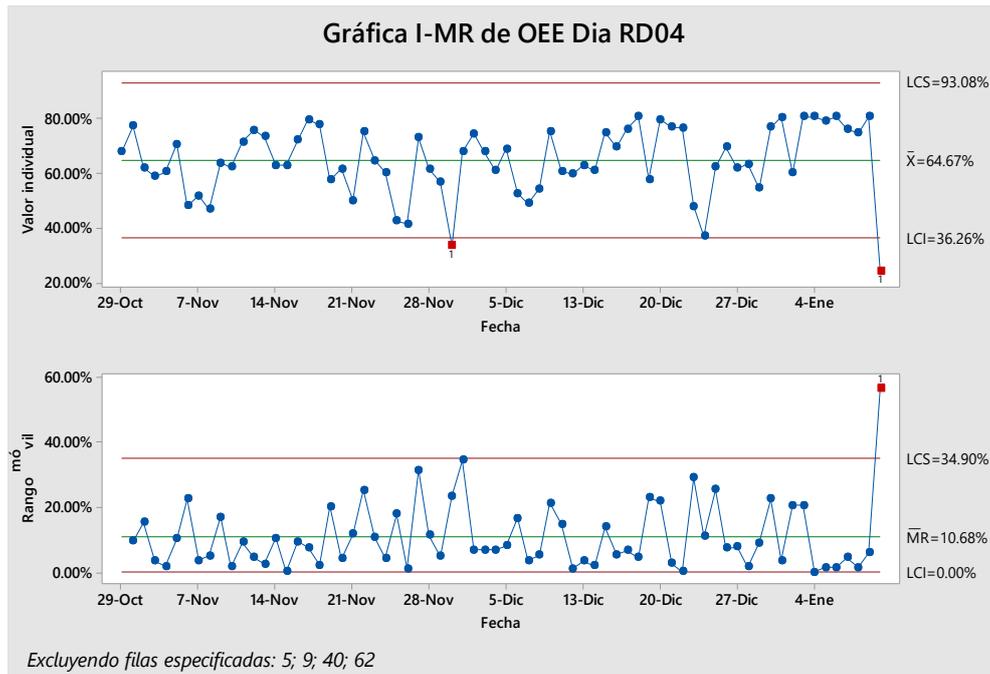


Figura 51. Gráfica de Estabilidad I-MR – OEE Rodmill 4, La figura muestra que la inestabilidad del proceso se da tomando los datos individuales y los rangos móviles Fuente: Elaboración propia.

- **Normalidad**

Se Observa la gráfica de normalidad, pero se observa que el históricos de datos el resultado no es el óptimo dado que  $p < 0.05$ .

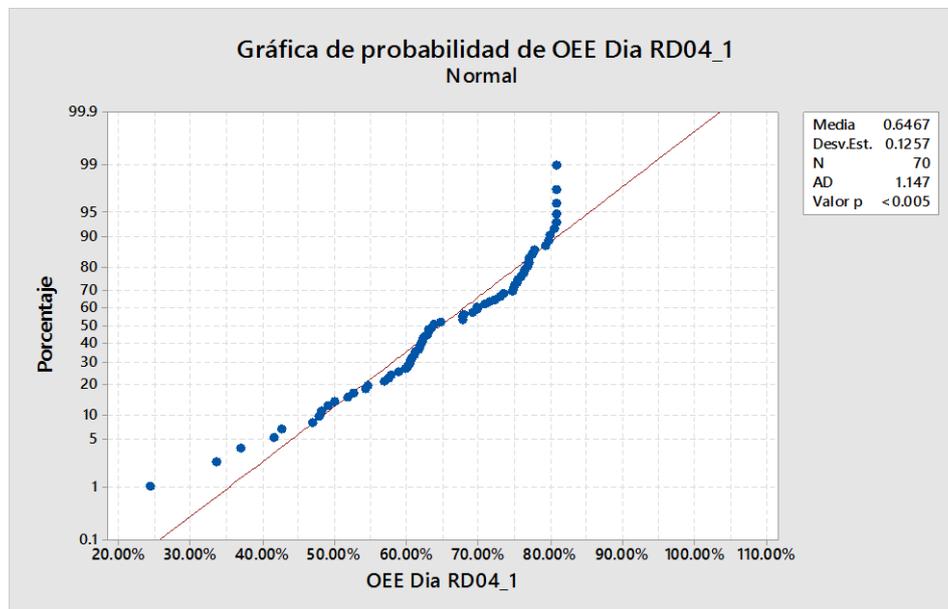


Figura 52. Grafica de Normalidad – OEE Rodmill 4, La figura de normalidad que ante las acciones realizadas, encontrando que el históricos de datos muestran un resultado que no es el óptimo dado que concluye en  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

Se procede a realizar la transformación de los datos sin encontrar resultados exitosos, ya que todos siguen por debajo del límite ( $p > 0.05$ )

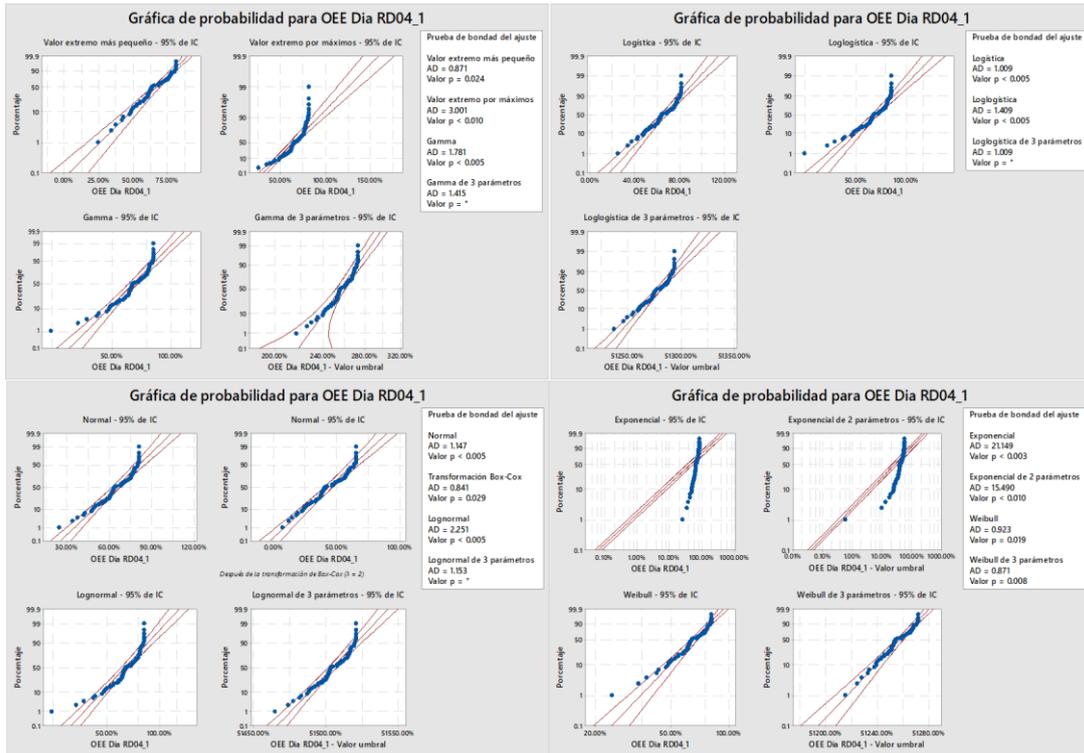


Figura 53. Transformaciones individuales – OEE Rodmill 4, La figura muestra la transformación de los datos, donde no podemos encontrar resultados nada satisfactorios, por lo mismo que todos siguen mostrándose por debajo del límite de ( $p > 0.05$ ). Fuente: Elaboración propia.

- **Capacidad de Proceso**

En la gráfica mostrada se observa la capacidad de Proceso donde  $cpk = -0.21$ , por consiguiente, el proceso NO es capaz en lo que respecta al OEE.

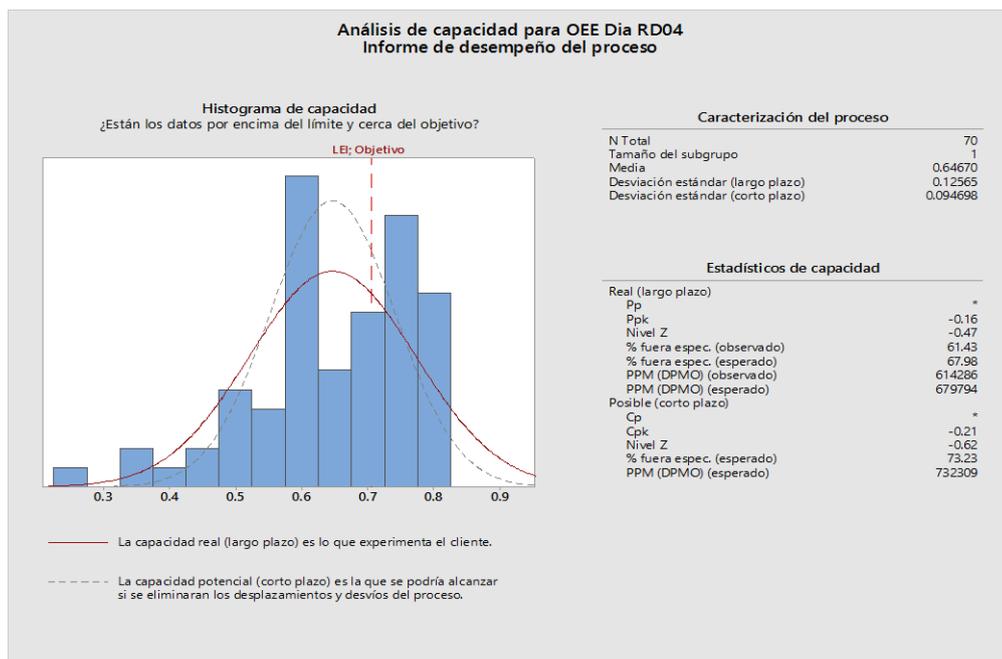


Figura 54. Capacidad de Proceso – OEE Rodmill 4, La figura muestra la capacidad de Proceso donde  $cpk = -0.21$ , en tal sentido fluctúa el proceso que NO es capaz de responder en lo que respecta a lo requerido por OEE. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.8 Resumen de Comportamiento de Variables por Circuito

##### a. Estabilidad y Normalidad

Al realizar la caracterización de variables se identificó datos irregulares en el análisis de la información, por ello en algunos casos se decidió no contarlos de la base de datos debido a que eran causas singulares propias del proceso y en otros casos en que se identificaba que las causas eran por factores externos se retiraron los datos de la base para el análisis.

Realizando el análisis no se encontró alguna transformada que permita normalizar los datos en ninguna de las variables analizadas, esto es una confirmación que es proceso es inestabilidad.

Tabla 91  
*Resumen de Caracterización de Variables.*

Circuito	Variable	Dato	Valor P	Normalidad	Transformacion
Rodmill 2	Disponibilidad	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
	Utilizacion	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
	Eficiencia	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
Rodmill 3	Disponibilidad	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
	Utilizacion	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
	Eficiencia	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
Rodmill 4	Disponibilidad	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
	Utilizacion	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos
	Eficiencia	Continuo	< 0.005	No Normal	No se ajustaron los datos

La tabla 9 muestra el resumen de la caracterización de variables por molinos. Fuente: Elaboración propia.

##### b. Capacidad del Proceso

Se analizó de acuerdo a la capacidad de los procesos en base a los objetivos por circuito. Por ello se puede concluir que ningún proceso es capaz, siendo los más críticos la disponibilidad y la eficiencia, por lo cual la mayor fuerza de trabajo estará enfocada en estas variables. Se muestra un resumen del análisis.

Tabla 10  
*Resumen de Capacidad del Proceso por Circuito.*

Circuito	Variable	Li	Objetivo	Ls	Media	Desv. Stand	Largo Plazo		Corto Plazo		Capacidad
							Ppk	Z	Cpk	Z	
Rodmill 2	Disponibilidad	TBD	92%	100%	90.94%	18.47%	-0.02	-0.97	-0.03	-0.67	Bajo
	Utilizacion	TBD	95%	100%	98.49%	3.20%	0.16	0.11	0.24	0.55	Bajo
	Eficiencia	TBD	88.89%	100%	80.26%	2.07%	0.04	-0.43	0.06	-0.19	Bajo
	OEE	TBD	77.69%	100%	68.91%	18.44%	-0.05	-0.14	-0.07	-0.2	Bajo
Rodmill 3	Disponibilidad	TBD	92%	100%	80.99%	26.20%	-0.14	-1.26	-0.24	-1.13	Bajo
	Utilizacion	TBD	95%	100%	97.02%	8.28%	0.08	-0.72	0.15	-0.23	Bajo
	Eficiencia	TBD	88.89%	100%	78.82%	3.95%	-0.1	-0.3	-0.14	-0.43	Bajo
	OEE	TBD	77.69%	100%	64.18%	16.42%	-0.15	-0.45	-0.21	-0.64	Bajo
Rodmill 4	Disponibilidad	TBD	92%	100%	88.25%	17.97%	-0.07	-0.21	-0.11	-0.32	Bajo
	Utilizacion	TBD	95%	100%	95.27%	8.37%	0.01	0.03	0.01	0.04	Bajo
	Eficiencia	TBD	88.89%	100%	75.43%	5.51%	-0.32	-0.96	-0.37	-1.11	Bajo
	OEE	TBD	77.69%	100%	64.67%	12.57%	-0.16	-0.47	-0.21	-0.62	Bajo

La tabla 10 muestra un resumen de la capacidad del proceso por circuitos. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2 Etapa de Análisis de Datos Obtenidos

### 4.2.1 Análisis de Causas-Validación por Correlación y Regresión

Se realiza un análisis de las principales causas que afectan la Eficiencia Global de Equipos, y para ello usamos herramientas gráficas.

El método de identificación fue:

- Identificar principales causas mediante el diagrama de Pareto.
- Realizar el análisis de fallas mediante los 5 porqués para determinar la causa raíz.

### 4.2.2 Disponibilidad

#### a. Diagrama de Pareto

Consiste en el ordenamiento por causas que afectaron el tiempo disponible de acuerdo a su orden de relevancia.

El Siguiete Diagrama de Pareto se toma los datos de quincena de octubre a Fines de Noviembre.

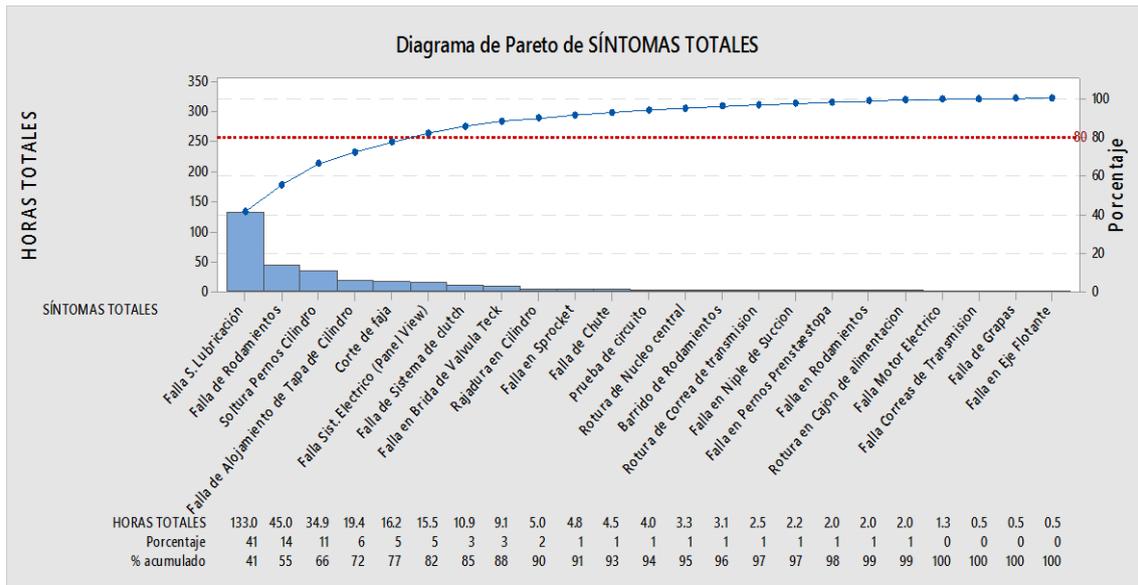


Figura 55. Diagrama de Pareto sin contar falla de eje flotante, Aquí podemos mostrar que éste diagrama consiste en el ordenamiento por causas que luego afectaron el tiempo disponible concurrido y de acuerdo a su orden de relevancia. Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente Diagrama de Pareto incluye la Falla de Eje Flotante, parada muy relevante en la pérdida de producción en el mes de enero, obteniendo el Diagrama que se observa:

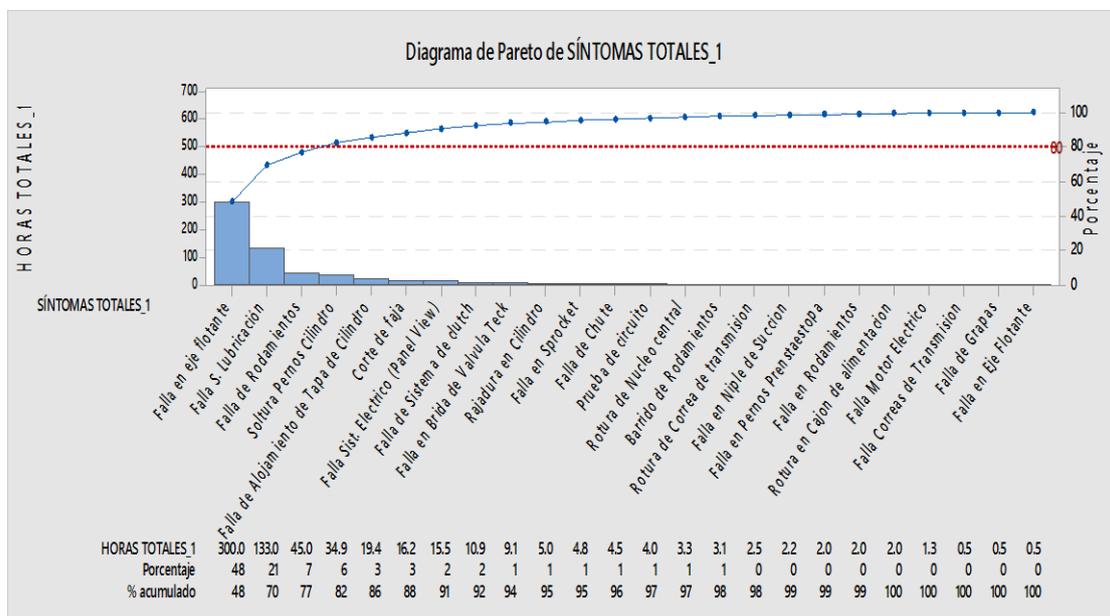


Figura 56. Diagrama de Pareto con falla de eje flotante, En la figura se muestra el siguiente Diagrama de Pareto incluye la Falla de Eje Flotante, esto se concluye luego de la parada muy relevante en la pérdida de producción en el mes de enero. Fuente: Elaboración propia.

Las causas implicadas fueron las siguientes:

Tabla 2  
*Tabla de causas.*

Item	Causas	Tipo de Causa	Horas
1	Falla en eje flotante	Puntual	300
2	Falla en sistema de lubricacion	Frecuente	133
3	Falla de rodamiento	Frecuente	45
4	Soltura de pernos en cilindro del molino	Frecuente	34.9
5	Falla de alojamiento de tapa de molino	Puntual	19.4
6	Corte de faja transportadora	Puntual	16.2
7	Falla en sistema electrico (Panel View)	Puntual	15.5
8	Falla de sistema de embrague (Clutch)	Frecuente	8

La tabla 11 muestra un resumen de Diagrama de Pareto donde se pudieron identificar las fallas que comprenden en el 80% las cuales concluimos en Falla en eje flotante, Falla en sistema de lubricación, Falla de rodamiento, Soltura de pernos en cilindro de molino. Fuente: Elaboración propia.

Según el concepto del Diagrama de Pareto las fallas que abarcan el 80% son:

1. Falla en eje flotante
2. Falla en sistema de lubricación
3. Falla de rodamiento
4. Soltura de pernos en cilindro de molino

Además, consideramos el ítem 8 dado que por experiencia en el campo de la planta discernimos que puede volver a suceder esta falla (Falla del sistema Clutch).

Los ítems del 5 al 7 tiene una probabilidad de ocurrencia baja por ellos no son tomados en cuenta.

En conclusión, obtendremos las siguientes fallas para analizar:

Tabla 32  
*Fallas a analizar.*

Item	Causas	Tipo de Causa	Horas
1	Falla en eje flotante	Puntual	300
2	Falla en sistema de lubricacion	Frecuente	133
3	Falla de rodamiento	Frecuente	45
4	Soltura de pernos en cilindro del molino	Frecuente	34.9
5	Falla del sistema de embrague (Clutch).	Frecuente	8

La tabla 12 muestra las fallas más relevantes a analizar. Fuente: Elaboración propia.

## b. Análisis de Causa de Fallas

### • Falla de sistema de Lubricación

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Cuaternaria	Causa Quinaria	Causa Sextaria
Falla de Sistema de Lubricación en chumaceras de trunnion.	Fuga de aceite por trunnion.	Desgaste de retén.	Contaminación con carga	Derrame de carga por spout feeder Derrame de carga por chute de alimentación	Desgaste de sello de spout feeder. Falta de limpieza continua operacional.	No se tiene un programa de ajuste de sellos.
	Falta de control de sistema de lubricación.	No existe un sistema automatizado de sistema de lubricación.				
	Falta de control continuo operacional de sistema.	No se tiene implementado el preuso de operación.				
Falla de Sistema de bombas de Lubricación.	Contaminación de Aceite	Ingreso de Carga al Sistema	Desgaste de Trunnion / Ausencia de Placa Deflectora	Tiempo de Vida/Ingeniería Inadecuada	Planificación Deficiente de trunnion.	
	Falla de Bomba Hidraulica	Diseño Deficiente	Mala Selección de Bomba de bomba de lubricación.	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.		
		Sistema de Tuberías en Mal Estado	Falta de inspeccion	No se tiene implementado el preuso de operación.		
	Ausencia de Manto Preventivo	Deficiente Cumplimiento de Manto Preventivo	No se cuenta con seguimiento de cumplimiento de hojas de Ruta de manto Preventivo Incremento de Back Log			
Desconocimiento Técnico de Sistemas Hidraulico	Falta de Capacitacion	Falta de gestion de Capacitaciones en Sistema Hidraulico				

Figura 57. Sistema de Lubricación, La figura muestra la Falla de sistema de Lubricación. Fuente: Elaboración propia

### • Falla de Rodamientos

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Cuaternaria
Falla de rodamientos	Alta vibración en sistema de transmisión (eje piñón y catalina)	Falla de dientes de piñón	Mal diseño de fabricación y calidad de material.	Proveedor no cumplió con el diseño original.
		Catalina y eje piñón presenta acumulación de carga	Fuga de carga por aflojamiento de pernos de cilindros. * VER SIGUIENTE ACR	
		Desnivelación de terreno		
	Falta de Atención inmediata a reporte de inspección predictiva.	Falta de compromiso		
	Falta de inspección por parte de Operaciones y Manto	No se tiene implementado el preuso de operación.		

Figura 58. Falla de Rodamientos, muestra la Falla de rodamientos. Fuente: Elaboración propia.

- **Soltura de Pernos en cilindro de molino**

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Cuaternaria
Soltura de pernos de molino	Alojamiento ovalados de pernos	Desgaste por tiempo de vida de alojamiento de pernos.	Fin de Tiempo de vida de alojamiento de pernos	
		Operador opera con carga en vacío.		
	Mal ajuste de pernos	Falta de herramienta adecuada (torquímetro)		
	Falta de carga de mineral.	Campaneo en chute de alimentación.	Apelmazamiento de carga	Humedad de mineral. (factor externo)

Figura 59. Análisis de Soltura de Pernos, se muestra el análisis de soltura de pernos. Fuente: Elaboración propia.

- **Falla del sistema de embrague (Clutch)**

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Cuaternaria	Causa Quinzenaria
Falla de sistema clutch	Falta de presión de aire	Pérdida de presión de aire entre clutch y drum	Separación de clutch y drum	Motor eléctrico eléctrico fuera de posición	
		Fugas de aire en circuito	Desgaste de tuberías de alimentación de circuito de aire.	Exceso de tiempo de vida	Fin de vida útil de tuberías de circuito.
		Falla de compresora	Falta de manto programado en compresoras. (completo)		
	No existe el sistema de alerta de falta de aire para sistema clutch	Falta de un sistema de control automatico y alarma.			
	Falta de control continuo operacional de sistema.	Falta de conocimiento del operador en controles. No se tiene implementado el preuso de operación.			

Figura 60. Análisis de Falla de Sistema de Embrague, se muestra el análisis de sistema de embrague. Fuente: Elaboración propia.

- **Falla en Eje Flotante**

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Cuaternaria
Falla de Eje Piñon y Corona	Vibracion en Sistema de Transmision eje piñon - Catalina	Desalineamiento de Eje Piñon	Desgaste de eje Piñon	Tiempo de Vida util cumplida
	Contaminacion de Eje piñon	Fuga de carga por aflojamiento de pernos de cilindros. * VER SIGUIENTE ACP		
		Desgaste de Chaquetas	Mal diseño de fabricación de Chaquetas	
	No se para el equipo ante la minima fuga de Carga	Falta de compromiso para parar equipo		

Figura 61. Análisis de Falla de Eje Flotante, muestra la Falla en eje flotante. Fuente: Elaboración propia.

### c. Análisis de Correlación y Regresión

En la siguiente tabla se observa realizó el test de Hipótesis de las 5 causas

indicadas:

Tabla 13  
*Test de Hipótesis.*

Item	Causas	Hipotesis	Conclusion de Hipotesis	p	¿Varia por esta causa?
1	Falla en eje flotante	H <sub>0</sub> Disponibilidad no varia	Se rechaza H <sub>0</sub>	p=0.000	SI
		H <sub>1</sub> Disponibilidad si varia			
2	Falla en sistema de lubricacion	H <sub>0</sub> Disponibilidad no varia	Se rechaza H <sub>0</sub>	p=0.000	SI
		H <sub>1</sub> Disponibilidad si varia			
3	Falla de rodamiento	H <sub>0</sub> Disponibilidad no varia	Se rechaza H <sub>0</sub>	p=0.001	SI
		H <sub>1</sub> Disponibilidad si varia			
4	Soltura de pernos en cilindro del molino	H <sub>0</sub> Disponibilidad no varia	Se rechaza H <sub>0</sub>	p=0.190	NO
		H <sub>1</sub> Disponibilidad si varia			
5	Falla de alojamiento de tapa de molino	H <sub>0</sub> Disponibilidad no varia	Se rechaza H <sub>0</sub>	p=0.000	SI
		H <sub>1</sub> Disponibilidad si varia			

La tabla 13 muestra las acciones que se realizó al aplicar el test de Hipótesis de las 5 causas Indicadas. Fuente: Elaboración propia.

Para aceptar o rechazar la hipotesis va depender del valor de  $p \leq 0.05$ , haciendo el análisis por mejores subconjuntos para la variable respuesta disponibilidad, vemos que de igual manera se validan las 4 causas principales descartando la falla del sistema de embrague, tal como se muestra en la tabla.

**Regresión de los mejores subconjuntos: DISP (%)\_TOT vs. ... FLOT\_TOT**

la respuesta es DISP (%)\_TOT

Vars	R-cuad.	R-cuad. (ajust.)	R-cuad. (pred.)	Cp de Mallows	S	T	T	T	T	T	T
1	38.6	38.1	36.6	85.5	0.087801	X					
1	8.7	8.0	6.7	183.1	0.10706	X					
2	49.9	49.0	47.9	50.7	0.079668	X	X				
2	48.7	47.8	45.3	54.6	0.080611	X					X
3	61.2	60.2	58.0	15.9	0.070441	X	X				X
3	52.8	51.6	50.2	43.2	0.077665	X	X	X			
4	64.9	63.6	61.1	5.7	0.067286	X	X	X			X
4	61.6	60.3	54.6	16.4	0.070338	X	X			X	X
5	65.4	63.9	58.8	6.0	0.067069	X	X	X	X	X	X

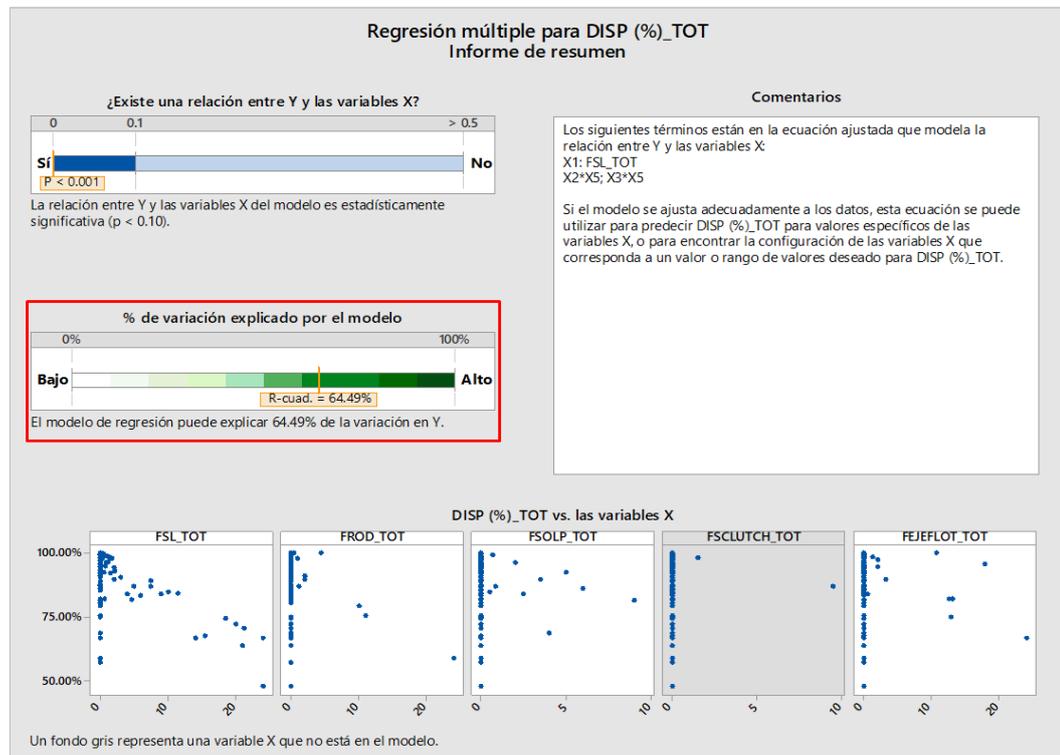
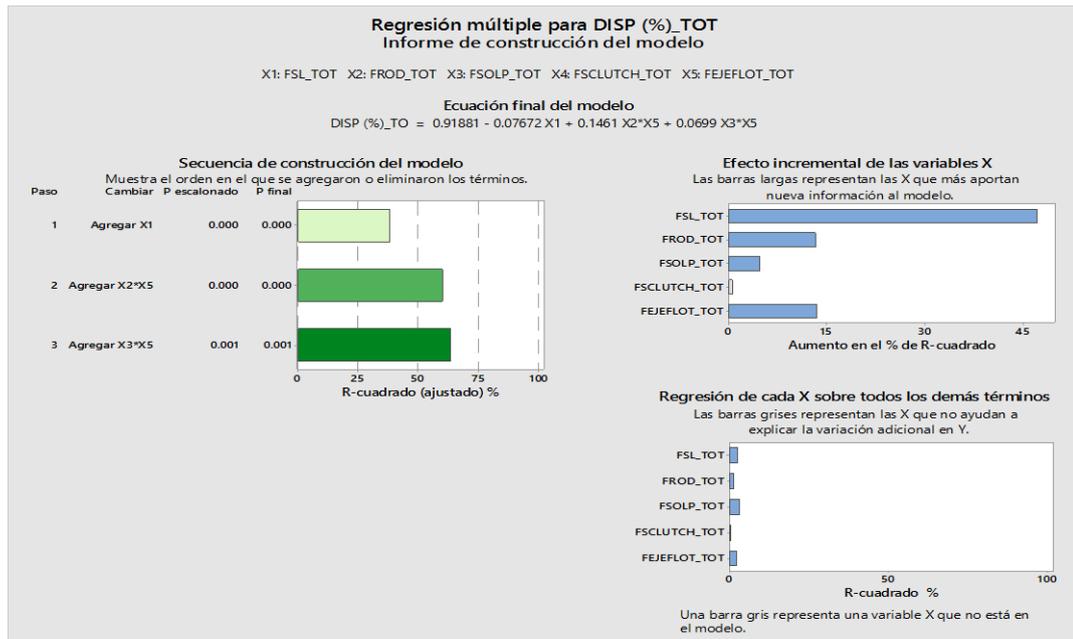


Figura 62. Modelo de regresión múltiple para disponibilidad, La figura muestra el análisis para aceptar o rechazar la hipótesis que va depender del valor de  $p \leq 0.05$ ., Fuente: Elaboración propia.

En la figura anterior se visualiza que no debería ser considerado la Falla de Sistema Clutch, pero debido a la experiencia en planta no la descartamos ya que la probabilidad de falla que tiene es muy grande.

## 4.2.3 Utilización

### a. Diagrama de Pareto

Se ordenaron las causas que afectaron de acuerdo a su relevancia en base a la cantidad de horas asignadas a cada una de ellas.

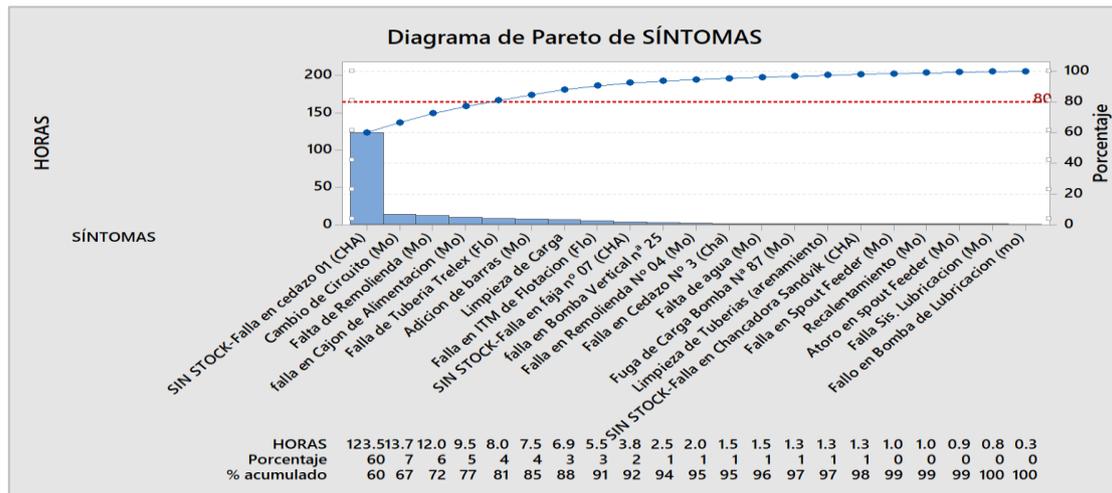


Figura 63. Diagrama de Pareto para Utilización, La figura muestra las causas que afectaron a las acciones realizadas de acuerdo a la relevancia tomados en base a la cantidad de horas asignadas a cada una de ellas. Fuente: Elaboración propia.

El 80% de las horas que afectaron la utilización están asignadas a las siguientes causas:

Tabla 14  
Causas que afectaron las horas de utilización

Item	Causas	Tipo de Causa	Horas
1	Falla de cedazo lavador N° 1	Frecuente	123.5
2	Cambio de Circuito	Frecuente	13.7
3	Falta de Remolienda	Frecuente	12
4	Arenamiento en cajon de alimentacion	Frecuente	9.5

La tabla 14, muestra el 80% de las horas que afectaron la utilización permanente de la molienda. Fuente: Elaboración propia.

De las 4 causas que impactan la utilización del circuito de molienda, el 60% está relacionado a la **Falla del Cedazo Lavador N°1**, este equipo está ubicado antes de la etapa de chancado secundario y en él se Realiza la clasificación del mineral por vía húmeda. El mineral pasante bajo la malla de corte del cedazo (-1/2”) es

transportado directamente al circuito de molienda, el sobre tamaño pasa nuevamente por el circuito de chancado secundario. Cuando este equipo se obstruye con mineral, queda sin alimentación las tolvas que alimentarán posteriormente al circuito de molienda.

## b. Análisis de Causa de Fallas

### • Falla del Cedazo Lavador N°1

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria	Causa Terciaria	Causa Cuaternaria	Causa Quintenaria	Causa Sextenaria
Circuitos presentan Falta de mineral circulante.	Tolvas presentan Falta de Stock de mineral.	Falta de alimentación de mineral (proceso de chancado)	Falla en cedazo Nro 01. (Área de chancado)	Exceso de tiempo de vida		
				Falla de componentes interno de cedazo Nro 01	Falta de Programación Preventiva en Sección Chancado. Ingreso de carga de mineral en componentes internos de cedazo nro 01.	Falta de Personal de Mantto Falta de limpieza de carga.

Figura 64. Análisis de Falla fe Cedazo Lavador N° 1, muestra la Falla del Cedazo Lavador N°1.

## c. Análisis de Correlación y Regresión

A continuación, se realizó el test de Hipótesis de la causa principal:

Tabla 15  
Test de hipótesis de causa principal.

Item	Causas	Hipotesis	Conclusion de Hipotesis	p	¿Varia por esta causa?
1	Falla en cedazo lavador N° 1	H <sub>0</sub> Utilizacion no varia H <sub>1</sub> Utilizacion si varia	Se rechaza H <sub>0</sub>	p=0.000	SI

La tabla 15 muestra el cómo se realizó el test de Hipótesis de la causa principal y su respuesta. Fuente: Elaboración propia.

El análisis de regresión confirma las conclusiones, valor de  $p \leq 0.05$ .

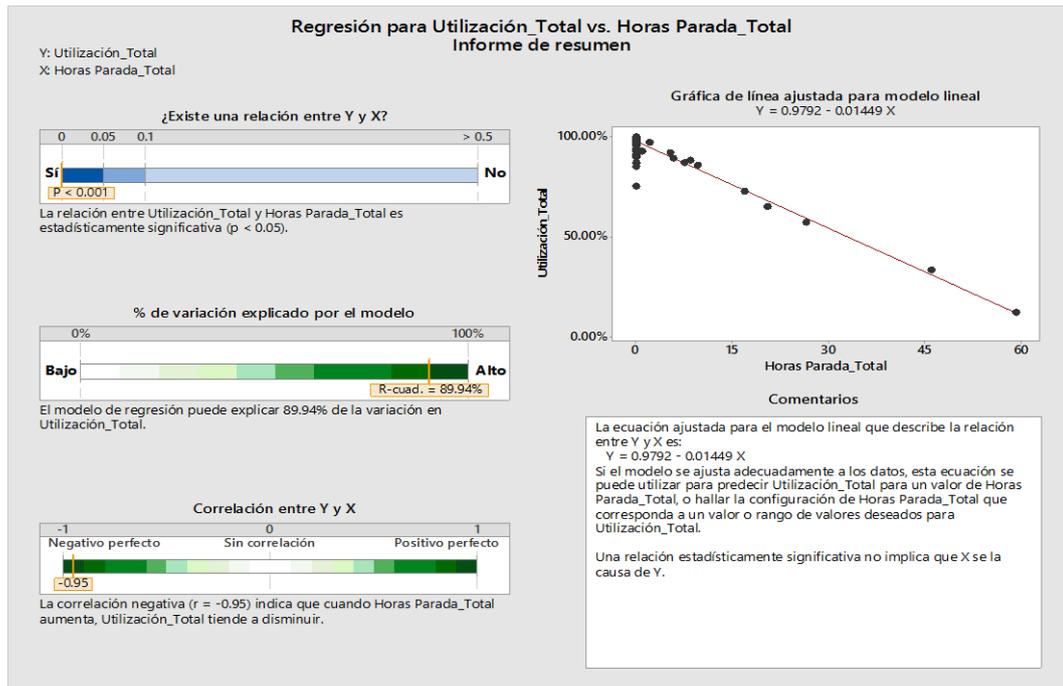


Figura 65. Regresión múltiple para utilización, La figura muestra el análisis de regresión que a la larga confirman las conclusiones, valor de  $p \leq 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.4 Eficiencia

##### a. Diagrama de Pareto

Dado que no se cuenta con un historial de causas para eficiencia como lo son para los indicadores de disponibilidad y utilización, se procede a tomar las causas puntuales de acuerdo a la experiencia en planta de los responsables.

##### b. Análisis de Causa de Fallas

Así mismo, se realizó un breve análisis de las posibles causas.

Sistema y Síntoma	Causa Primaria	Causa Secundaria
Baja eficiencia en los circuitos RD02, RD03 y RD04.	Producto final de chancado no llega con granulometría adecuada.	Falta de control de granulometría de producto final de chancado
	Clasificación deficiente en el proceso intermedio (nidos, celdas, etc)	Deficiencias en el armado del circuito de molienda.
	Atoros en spout feeder	

Figura 66. Análisis de Causa de Fallas para Eficiencia, muestran en breve el análisis de las posibles causas de la baja eficiencia en los circuitos. Fuente: Elaboración propia.

### c. Análisis de Correlación y Regresión

El enfoque de este trabajo no incluirá el análisis de esta variable, quedará como una oportunidad de mejora identificada.

## 4.3 ETAPA MEDRA DEL ANALISIS

### 4.3.1 Identificación de Soluciones

Se definieron planes de acción para las causas raíces identificadas en la etapa Analizar, las mismas que se detallan a continuación:

#### a. Disponibilidad

- **Falla de Sistema de Lubricación**

Nº de la Causa	CAUSA	Nº de la Acción	WHAT--> LO QUE HACER	WHO-->QUIEN	WHEN-->CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	1	Ajuste de sellos en base a reporte diario de preuso de operaciones.	Victor Villena	11/12/18	31/12/18	15/01/19	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	2	Seguimiento de cumplimiento de ajuste en base a preuso	Geraldine Céspedes	31/12/18	03/01/19	16/01/19	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	3	Solicitud de requerimiento de materiales a planeamiento para trabajos de sellado con titanio, sello y retén en rodmill 02 y 04.	Américo Herbas	23/01/18	23/11/18	23-Nov	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	4	Revisión de materiales en stock por requerimiento.	Rainer López	24/11/18	25/11/18	25/11/18	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	5	Elaboración de Solped de Adquisición de Resina y resorte	Rainer López	25/11/18	25/11/18	25/11/18	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	6	Liberación de Solped de Adquisición de Resina y resortes.	Américo Herbas	26/11/18	26/11/18	26/11/18	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	7	Cotización de Adquisición de Resinas y resortes.	Rainer López	26/11/18	06/12/18	6-Dic	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	8	Evaluación técnica de Adquisición de Resina y resorte	Américo Herbas	07/12/18	07/12/18	06/12/18	EJECUTADO
1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	9	Adquisición de resina y resorte	Américo Herbas	07/12/18	12/12/18	06/12/18	EJECUTADO
2	Falta de limpieza continua operacional.	1	Implementación de preuso de operación.	Juan Cortéz	15/12/18	17/12/18	17/12/18	EJECUTADO
4	No se tiene implementado el preuso de operación.	1	<b>*Implementación de preuso de operación.</b>					
3	No existe un sistema automatizado de sistema de lubricación.	1	Elaboración de TDR para evaluación de sistema automatizado de sistema de lubricación	Victor Villena	01/12/18	12/12/18	15/01/19	EJECUTADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	1	Identificación de código de componente trunnion	Rainer López	05/12/18	05/12/18	05/12/18	CANCELADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	2	Elaboración de informe de desgaste de componente trunnion de Remolienda 04.	Victor Villena	03/12/18	08/12/18		CANCELADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	3	Elaboración de solped de Adquisición de componente trunnion de Remolienda 04.	Rainer López	09/12/18	09/12/18		CANCELADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	4	Liberación de solped de Adquisición de componente trunnion de Remolienda 04.	Rainer López	10/12/18	10/12/18		CANCELADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	5	Cotización de Adquisición de componente trunnion de Remolienda 04.	Ronnie Febre	11/12/18	21/12/18		CANCELADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	6	Evaluación técnica de Adquisición de componente trunnion Remolienda 04.	Victor Villena	22/12/18	23/12/18		CANCELADO
5	Planificación Deficiente de trunnion.	7	Adquisición de componente trunnion Remolienda 04.	Ronnie Febre	24/12/18	23/01/19		CANCELADO
6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	1	Elaboración de informe de adquisición de bombas de lubricación (modelo viking)	Victor Villena	08/12/18	08/12/18		CANCELADO
6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	2	Elaboración de solped para adquisición de bombas de lubricación (modelo viking)	Rainer López	09/12/18	10/12/18		CANCELADO
6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	3	Liberación de solped para adquisición de bombas de lubricación (modelo viking)	Rainer López	11/12/18	11/12/18		CANCELADO
6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	4	Cotización de solped para adquisición de bombas de lubricación (modelo viking)	Ronnie Febre	12/12/18	22/12/18		CANCELADO
6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	5	Evaluación técnica para adquisición de bombas de lubricación (modelo viking)	Victor Villena	23/12/18	24/12/18		CANCELADO
6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	6	Adquisición de bombas de lubricación (modelo viking)	Ronnie Febre	25/12/18	24/01/19		CANCELADO
7	No se tiene implementado el preuso de operación.	1	<b>*Implementación de preuso de operación.</b>					
8	No se cuenta con seguimiento de cumplimiento de hojas de Ruta de mantenimiento Preventivo	1	Implementación de Cumplimiento de trabajos de Hojas de Ruta (en general).	Geraldine Céspedes	06/12/18	09/12/18	15-Dic	EJECUTADO
9	Incremento de Back Log	1	N/A					CANCELADO
10	Falta de gestión de Capacitaciones en Sistema Hidráulico	1	Capacitación en temas de Sistema de Lubricación a Mantenedores mecánicos.	Victor Villena	08/12/18	12/12/18	8-Dic	EJECUTADO
10	Falta de gestión de Capacitaciones en Sistema Hidráulico	1	Elaboración de procedimiento de Sistema de Lubricación.	Victor Villena	13/12/18	20/12/18	31-Dic	EJECUTADO

Figura 67. Planes de acción - Falla de sistema de lubricación, se muestran la Falla de Sistema de Lubricación. Fuente: Elaboración propia.

• **Falla de Sistema de Rodamientos**

N° de la Causa	CAUSA	N° de la Acción	WHAT--> LO QUE HACER	WHO-->QUIEN	WHEN-->CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	1	Elaboración de informe de reclamo de eje piñón a proveedor famesa.	Victor Villena	17/11/18	20/11/18	20/11/18	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	2	Revisión de informe de reclamo de eje piñón a proveedor famesa.	Juan Salas	24/11/18	25/11/18	25/11/18	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	3	Envío de informe de reclamo de eje piñón a Logística Lima (Miyashiro)	Juan Salas	26/11/18	26/11/18	26/11/18	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	4	Evaluación de acciones por parte de Gerencia a Logística Lima.	César Beraún	27/11/18	30/11/18	2-Dic	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	5	Creación de solped para nuevo eje piñón p/ rodmill 02 y 03. (Intercompany)	Hammer Mosquera	20/11/18	20/11/18	20/11/18	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	6	Liberación de solped para nuevo eje piñón p/ rodmill 02 y 03.	Victor Villena	21/11/18	22/11/18	22/11/18	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	7	Cotización de adquisición de nuevo eje piñón p/ rodmill 02 y 03.	Rainer López	26/11/18	30/11/18	1-Dic	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	8	Evaluación técnica de adquisición de nuevo eje piñón p/ rodmill 02 y 03.	Rainer López	01/12/18	02/12/18	2-Dic	EJECUTADO
1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	9	Adquisición de eje piñón p/ rodmill 02 y 03.	Rainer López	02/12/18	31/01/19	31/01/2019	EJECUTADO
2	Fuga de carga por aflojamiento de pernos de cilindros. * VER SIGUIENTE ACR	1	N/A					
3	Desnivelación de terreno	1	Implementación de toma de mediciones de nivel de terreno (frecuencia quincenal)	Freddy Fernández	29/11/18	30/11/18	7-Dic	EJECUTADO
4	Falta de compromiso	1	Sensibilización de supervisión por parte de Superintendencia	Juan Salas	26/11/18	28/11/18	5-Dic	EJECUTADO
5	No se tiene implementado el preuso de operación.	1	Evaluación de periodicidad de Mantenimiento Predictivo de Rodamientos (Coordinar con Mena)	Victor Villena	29/11/18	30/11/18	11/12/18	EJECUTADO
5	No se tiene implementado el preuso de operación.	2	Evaluación de periodicidad de Lubricación en catalinas.	Victor Villena	29/11/18	30/11/18	31-Dic	EJECUTADO
5	No se tiene implementado el preuso de operación.	3	*Implementación de preuso de operación.	Juan Cortéz	15/12/18	17/12/18	17/12/18	EJECUTADO

Figura 68. Planes de acción - Falla de rodamientos, se muestra las Fallas de Sistema de Rodamientos. Fuente: Elaboración propia.

• **Soltura de pernos**

N° de la Causa	CAUSA	N° de la Acción	WHAT--> LO QUE HACER	WHO-->QUIEN	WHEN-->CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	Fin de Tiempo de vida de alojamiento de pernos	1	Inspección y evaluación de alojamiento de pernos de cilindro.	Victor Villena	22/01/19	23/01/19	20/01/19	EJECUTADO
1	Fin de Tiempo de vida de alojamiento de pernos	2	Elaboración de informe de alojamiento de pernos de cilindro.	Victor Villena	24/01/19	26/01/19	15/05/19	EJECUTADO
1	Fin de Tiempo de vida de alojamiento de pernos	3	Barrenado de alojamiento de pernos (reparación de agujeros de cilindro)	Victor Villena	24/03/19	29/05/19		EN PLAZO
2	Operador opera con carga en vacío.	1	Realizar la inspección del área y alternativas para obtener la señal de Carga	Alejandro Ruiz	28/11/18	28/11/18	2/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	2	Verificar en el área de Logística los tipos de sensores que se tiene (de proximidad, capacitiva, inductiva, infrarrojo, ultrasónico) y si alguna va	Crhystiam Pacchioni	29/11/18	30/11/18	4/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	3	Obtener sensores en stock de planta o realizar un intercompany en caso no se tenga.	Alejandro Ruiz	01/12/18	03/12/18	4/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	4	Verificar detalles en hojas técnicas de los sensores encontrados	Alejandro Ruiz	04/12/18	04/12/18	4/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	5	Realizar instalación y pruebas en planta con sensor y equipos adquiridos	Alejandro Ruiz	05/12/18	12/12/18	6/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	6	Elaboración de Solped de Adquisición de controladores y sirenas. (RD02/03/05)	Rainer López	11/12/18	11/12/18	11/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	7	Liberación de Solped de Adquisición de controladores y sirenas. (RD02/03/05)	Miguel Veliz	12/12/18	12/12/18	12/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	8	Cotización de Adquisición de controladores y sirenas. (RD02/03/05)	Miguel Veliz	13/12/18	20/12/18	20/12/18	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	9	Adjudicación de Adquisición de controladores y sirenas. (RD02/03/05)	Miguel Veliz	21/12/18	22/12/18	22/12/2018	EJECUTADO
2	Operador opera con carga en vacío.	10	Adquisición de controladores y sirenas (RD02/03/05).	Miguel Veliz	23/12/18	31/05/19		EN PLAZO
2	Operador opera con carga en vacío.	11	Realizar instalación y pruebas en planta con sensor y equipos adquiridos	Miguel Veliz	31/05/19	08/06/19		EN PLAZO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	12	Evaluación por parte de proveedores para adquisición de torquimetro.	Juan Salas	24/11/18	10/12/18	31-Ene	EJECUTADO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	13	Informe para adquisición de torquimetro.	Juan Salas	11/12/18	17/05/19		EN PLAZO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	14	Elaboración de solped para adquisición de torquimetro	Juan Salas	18/05/19	18/05/19		EN PLAZO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	15	Liberación de solped para adquisición de torquimetro	Juan Salas	18/05/19	19/05/19		EN PLAZO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	16	Cotización de adquisición de torquimetro	Juan Salas	20/05/19	27/05/19		EN PLAZO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	17	Evaluación técnica de adquisición de torquimetro	Juan Salas	28/05/19	28/05/19		EN PLAZO
3	Falta de herramienta adecuada (torquimetro)	18	Adquisición de torquimetro	Juan Salas	29/05/19	04/06/19		EN PLAZO

Figura 69. Planes de acción - Soltura de pernos, se muestran los resultados de la Soltura de pernos. Fuente: Elaboración propia.

- **Falla de Sistema Clutch**

Nº de la Causa	CAUSA	Nº de la Acción	WHAT→ LO QUE HACER	WHO→QUIEN	WHEN→CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	Motor eléctrico eléctrico fuera de posición	1	Evaluación de Espaciamento entre drum y clutch.	Miguel Veliz	12/12/18	18/12/18	15/03/19	EJECUTADO
2	Fin de vida útil de tuberías de circuito.	1	Evaluación de estado de líneas de aire.	Victor Villena	03/12/18	11/12/18	11/12/18	EJECUTADO
2	Fin de vida útil de tuberías de circuito.	2	Corrección de fallas de líneas de aire	Victor Villena	13/12/18	20/12/18	20/12/2018	EJECUTADO
3	Falta de manto programado en compresoras. (completo)	1	N/A					
4	Falta de un sistema de control automático y alarma.	1	Evaluación de instalación de control de sistema automático y alarma	Miguel Veliz	01/12/18	15/12/18	5-Ene	EJECUTADO
5	Falta de conocimiento del operador en controles.	1	Capacitación de operadores en controles.	Juan Cortéz	15/12/18	31/12/18	31/12/2018	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	1	Implementación de preuso de operación.	Victor Villena/Elmer Garcia	27/11/18	30/11/18	7-Dic	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	2	Capacitación de llenado de preuso de operación.	Victor Villena/Elmer Garcia	01/12/18	03/12/18	8-Dic	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	3	Creación de solped para adquisición de formato preuso de operación.	Juan Cortéz	08/12/18	08/12/18	08/12/18	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	4	Liberación de solped para adquisición de formato de preuso de operación.	Juan Cortéz	09/12/18	10/12/18	10/12/18	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	5	Colización de adquisición de formato de preuso de operación.	Juan Cortéz	11/12/18	16/12/18	16-Dic	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	6	Evaluación técnica de adquisición de formato de preuso de operación.	Juan Cortéz	17/12/18	18/12/18	18-Dic	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	7	Adquisición formato de preuso de operación.	Juan Cortéz	19/12/18	21/12/18	14-Ene	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	8	Creación de solped para adquisición de Pirómetro.	Juan Cortéz	08/12/18	08/12/18	08/12/18	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	9	Liberación de solped para adquisición de Pirómetro.	Juan Cortéz	09/12/18	10/12/18	10/12/18	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	10	Colización de adquisición de Pirómetro.	Juan Cortéz	11/12/18	16/12/18	26/12/18	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	11	Evaluación técnica de adquisición de Pirómetro.	Juan Cortéz	17/12/18	18/12/18	26/01/2018	EJECUTADO
6	No se tiene implementado el preuso de operación.	12	Adquisición de Pirómetro.	Juan Cortéz	19/12/18	21/12/18	7/01/2019	EJECUTADO

Figura 70. Planes de acción - Falla de sistema de embrague se muestran los resultados de la Falla de sistema de embrague Fuente: Elaboración propia.

- **Falla de Eje Flotante**

Nº de la Causa	CAUSA	Nº de la Acción	WHAT→ LO QUE HACER	WHO→QUIEN	WHEN→CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	Tiempo de Vida útil cumplida	1	Cambio del eje piñón y el eje flotante	Victor Villena	30/06/19	05/07/19		EN PLAZO
1	Tiempo de Vida útil cumplida	2	Realizar un realineamiento del sistema de transmisión para minimizar la vibración y el golpeteo	Victor Villena	26/04/19	27/04/19	27/04/19	EJECUTADO
2	Fuga de carga por aflojamiento de pernos de cilindros. * VER SIGUIENTE	1	N/A					
3	Mal diseño de fabricación de Chaquetas	1	Invitación a empresas especialistas para levantamiento de planos de chaquetas	Victor Villena	17/05/19	22/05/19		EN PLAZO
3	Mal diseño de fabricación de Chaquetas	2	Levantamiento de planos de chaquetas con empresas especializadas	Victor Villena	04/06/19	05/06/19		EN PLAZO
4	Falta de compromiso para parar equipo	1	Capacitar a Jefes de Guardia para parar equipo ante cualquier anomalía inmediatamente	Juan Cortéz / Elmer Garcia	04/04/19	15/04/19	15/04/2019	EJECUTADO

Figura 71. Planes de acción - Falla en eje flotante, se muestra la Falla en eje flotante. Fuente: Elaboración propia.

**b. Utilización**

- **Falla en Cedazo Lavador N°1**

Se identificaron tres causas raíz para la falla en Cedazo Lavador N°1, el exceso de tiempo de vida, la falta de personal de mantenimiento que afecta en el cumplimiento del programa de trabajo y la falta de limpieza de la carga que originaba parada por obstrucción de bancos en los laterales así como rajaduras, etc. Los planes de acción se detallan en la siguiente figura:

N° de la Causa	CAUSA	N° de la Acción	WHAT--> LO QUE HACER	WHO-->QUIEN	WHEN-->CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	Exceso de tiempo de vida	1	Invitación interna a Proveedores de Cedazos (Weird, tykan, melso)	Juan Cortéz	12/11/18	14/11/18	14/11/18	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	2	Elaboración de Informe de Evaluación de Cedazo Nro 01	Juan Cortéz	15/11/18	15/11/18	15/11/18	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	3	Solicitud de Codificación de Cedazo en SAP	Hammer Mosquera	23/11/18	23/11/18	23-Nov	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	4	Ejecución de Codificación de Cedazo en SAP	Hammer Mosquera	24/11/18	24/11/18	24-Nov	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	5	Elaboración de Solped de Adquisición de Cedazo Nro 01 (6ftx16ft)	Hammer Mosquera	24/11/18	24/11/18	25-Nov	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	6	Liberación de Solped de Adquisición de Cedazo Nro 01 (6ftx16ft)	Juan Cortéz	25/11/18	26/11/18	26-Nov	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	7	Colización de Adquisición de Cedazo Nro 01	Juan Cortéz	27/11/18	07/12/18	07/12/18	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	8	Evaluación técnica de Adquisición de Cedazo Nro 01	Juan Cortéz	08/12/18	09/12/18	10-Dic	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	9	Adjudicación (Envío de OC) a Proveedor de Cedazo Nro 01	Juan Cortéz	10/12/18	11/12/18	19-Dic	EJECUTADO
1	Exceso de tiempo de vida	10	Adquisición de Cedazo Nro 01	Juan Cortéz	15/02/19	03/06/19		EN PLAZO
2	Falta de Personal de Mantto	1	Elaboración de TDR de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Juan Cortéz	05/11/18	08/11/18	08/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	2	Aprobación de TDR de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)-Seguridad Unidad	William Oré	09/11/18	09/11/18	09/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	3	Aprobación de TDR de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)-Seguridad Lima	William Oré	10/11/18	10/11/18	10/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	4	Elaboración de Solped de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Hammer Mosquera	14/11/18	14/11/18	14/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	5	Liberación de Solped de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Juan Salas	15/11/18	16/11/18	16/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	6	Colización de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Juan Salas	17/11/18	19/11/18	19/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	7	Evaluación técnica de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Juan Salas	20/11/18	22/11/18	22/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	8	Adjudicación (Envío de OC) a Proveedor de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Juan Salas	23/11/18	24/11/18	23-Nov	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	9	Envío de Documentación de Seguridad de Proveedor por parte de Logística a Seguridad Unidad.	Juan Salas	25/11/18	26/11/18	26/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	10	Aprobación de Documentación de Seguridad de proveedor por parte de Seguridad Unidad	William Oré	27/11/18	28/11/18	28/11/18	EJECUTADO
2	Falta de Personal de Mantto	11	Adquisición de Servicio de Mantto General (8 mec+sup)	Juan Salas	29/11/18	30/11/18	30/11/18	EJECUTADO
3	Falta de limpieza de carga.	1	Evaluación de Estado de Limpieza Operacional de Sección Chancado	Geraldine Céspedes	20/11/18	23/11/18	23/11/18	EJECUTADO
3	Falta de limpieza de carga.	2	Elaboración de Informe de Estado de Limpieza Operacional de Sección Chancado	Geraldine Céspedes	23/11/18	23/11/18	23/11/18	EJECUTADO
3	Falta de limpieza de carga.	3	Elaboración de Reporte diario de Limpieza Operacional en Sección Chancado.	Geraldine Céspedes	24/11/18	24/11/18	24-Nov	EJECUTADO

Figura 72. Planes de acción - Falla en cedazo N°1, se muestra la identificación de las tres causas raíz causantes de la falla en Cedazo Lavador N°1 Fuente: Elaboración propia.

### c. Eficiencia

- **Baja Eficiencia en los circuitos RD02, RD03 y RD04**

Se identificaron dos causas raíces principales que influyen directamente en la baja eficiencia de los circuitos de molienda, en la siguiente tabla se detallan los planes de acción:

N° de la Causa	CAUSA	N° de la Acción	WHAT--> LO QUE HACER	WHO-->QUIEN	WHEN-->CUANDO		Fecha Real	Estado
					Inicio	Término		
1	Falta de control de granulometría de producto final de chancado	1	Configurar el set point en las etapas de chancado 1.1 Chacado Primario: 4-1/2" (actual) - 3" (recomendado) 1.2 Chancado Secundario: 2-1/2" (actual) - 1-1/2"(recomendado) 1.3 Chancado Terciario: 1-1/4" (actual) - 3/8 o 1/2" (recomendado)	Juan Cortéz	01/12/18	15/12/18	15/12/18	EJECUTADO
1	Falta de control de granulometría de producto final de chancado	2	Cambiar el perfil de la chancadora HP 500, solicitar bowl y mantle para un short head de perfil fino.	Juan Cortéz	01/12/18	15/06/19		EN PLAZO
2	Deficiencias en el armado del circuito de molienda.	1	1.- Uniformizar el tamaño de las barras a 3" en los molinos primarios y la carga molidante en el rango de 38 - 40% para garantizar el tonELAJE por molino.	Juan Cortéz	01/12/18	10/12/18	10/12/2018	EJECUTADO
2	Deficiencias en el armado del circuito de molienda.	2	2.- Molinos secundarios de bolas alimentarse con bolas de 2" y la molienda terciaria alimentarse con bolas de 1-1/2", la carga molidante para ambos en el rango de 36 a 37%.	Juan Cortéz	01/12/18	10/12/18	10-Dic	EJECUTADO
2	Deficiencias en el armado del circuito de molienda.	3	Cambio del APEX de los hidrociclones a un material tipo cerámico que asegurará que la calidad de la clasificación sea sostenida.	Juan Cortéz	01/12/18	15/04/19	15-Abr	EJECUTADO
2	Deficiencias en el armado del circuito de molienda.	4	Instalación y operación de celda flash SK 240 para tratar el underflow del nido de ciclones D15, las espumas serán derivadas como concentrado de Plomo final, mientras que la descarga ingresará al molino de bolas 9x13'.	Juan Cortéz	04/04/18	31/05/19		EN PLAZO

Figura 73. Plan de acción - Baja eficiencia en circuito de molienda, quedan identificados las dos causas principales que influyen directamente en la eficiencia de los circuitos de molienda. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.2 Análisis Estadístico-Test de Hipótesis

De acuerdo a las causas detalladas anteriormente, se muestra el siguiente cuadro, sigue resumen por Falla:

FALLA	NRO CAUSA	DESCRIPCIÓN CAUSA	ESTADO	ACCIÓN
Falla de Sistema de Lubricación	1	No se tiene un programa de ajuste de sellos.	FINALIZADO	Correctivo
	2	Falta de limpieza continua operacional.	FINALIZADO	Preuso de Operación
	3	No existe un sistema automatizado de sistema de lubricación.	EN PROCESO	
	4	No se tiene implementado el preuso de operación.	FINALIZADO	Preuso de Operación
	5	Planificación Deficiente de trunnion.	N/A	N/A
	6	Desconocimiento Técnico de selección de bomba de lubricación.	N/A	N/A
	7	No se tiene implementado el preuso de operación.	FINALIZADO	Preuso de Operación
	8	No se cuenta con seguimiento de cumplimiento de hojas de Ruta de mant	FINALIZADO	Control Diario Cumplimiento Mantto Preventivo
	9	Incremento de Back Log	N/A	N/A
	10	Falta de gestión de Capacitaciones en Sistema Hidraulico	EN PROCESO	
Falla de Rodamientos	1	Proveedor no cumplió con el diseño original.	FINALIZADO	Correctivo
	2	Fuga de carga por aflojamiento de pernos de cilindros. * VER SIGUIENTE A	N/A	N/A
	3	Desnivelación de terreno	FINALIZADO	Correctivo
	4	Falta de compromiso	FINALIZADO	Correctivo
	5	No se tiene implementado el preuso de operación.	FINALIZADO	Preuso de Operación
Soltura de Pernos	1	Fin de Tiempo de vida de alojamiento de pernos	EN PROCESO	
	2	Operador opera con carga en vacío.	EN PROCESO	Sensores en faja
	3	Falta de herramienta adecuada (torquímetro)	EN PROCESO	
	4	Humedad de mineral. (factor externo)	FINALIZADO	Correctivo
Falla de Sistema clutch	1	Motor eléctrico fuera de posición	EN PROCESO	
	2	Fin de vida útil de tuberías de circuito.	FINALIZADO	Correctivo
	3	Falta de mantto programado en compresoras. (completo)	N/A	N/A
	4	Falta de un sistema de control automatico y alarma.	EN PROCESO	
	5	Falta de conocimiento del operador en controles.	FINALIZADO	Correctivo
	6	No se tiene implementado el preuso de operación.	FINALIZADO	Preuso de Operación
Falla de cedazo	1	Exceso de tiempo de vida	EN PROCESO	
	2	Falta de Personal de Mantto	FINALIZADO	Aumento de personal mecánico
	3	Falta de limpieza de carga.	FINALIZADO	Preuso de Operación
Falla de Bombas	2	Por analizar	FINALIZADO	Control diario horas operación Bombas
	3			
	4			
	4			

Figura 74. Resumen de análisis de fallas, se muestra el resumen por Falla. Fuente: Elaboración propia.

Al observar los planes de acción emitidos, se concluye que todas las causas determinadas tienen en común 5 acciones básicas a realizar para la respectiva mejora, estas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 16  
*Resumen de planes de acción a implementar.*

N°	Accion
1	Preuso de Operación
2	Control Diario Cumplimiento mantenimientoe Prev.
3	Sensores en Faja
4	Aumento de Personal Mecanico
5	Control diario de Horas de Operación de Bombas

La tabla 16 muestra los planes de acción emitidos. Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el test de hipótesis de acuerdo a los escenarios antes y después de haber realizado la acción.

#### **a. Implementación de Preuso de Operación**

- El OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 57.78%
- El OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 83.86%
- El valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ .

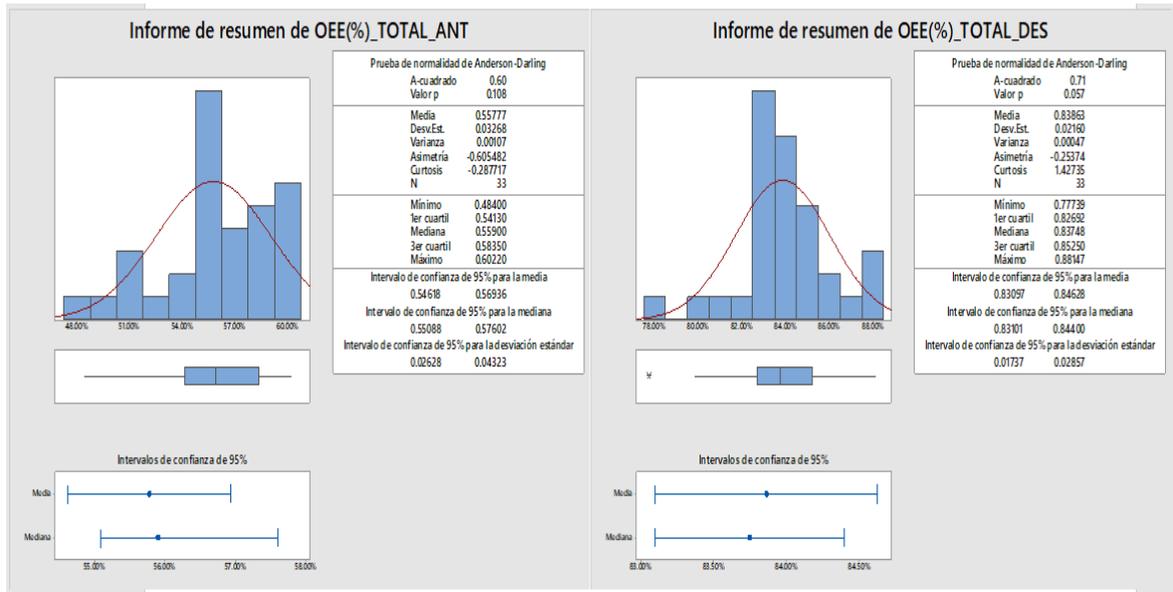


Figura 75. Test de hipótesis – Implementación de Preuso de operación, En la figura se denotan que el OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 57.78%, así mismo el OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 83.86%, para concluir con el valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

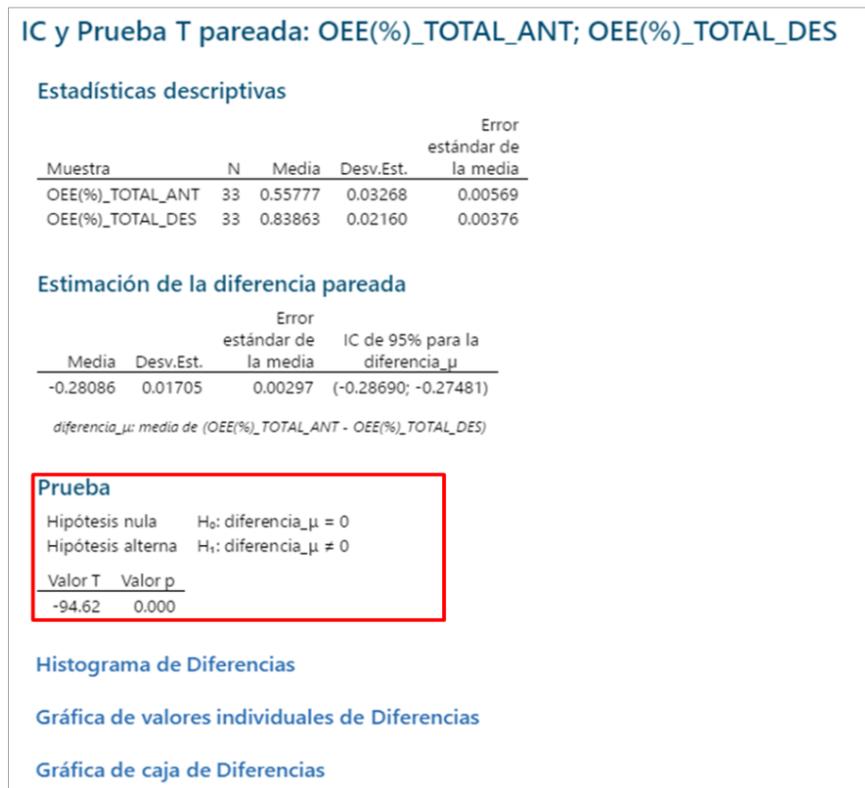


Figura 76. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra todas las cantidades en estadística, la diferencia pareada y sus correspondientes gráficos. Fuente: Elaboración propia.

## b. Control Diario de Cumplimiento de Mantto Preventivo/Aumento de personal mecánico

- El OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 57.27%

- El OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 84.29%
- El valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ .

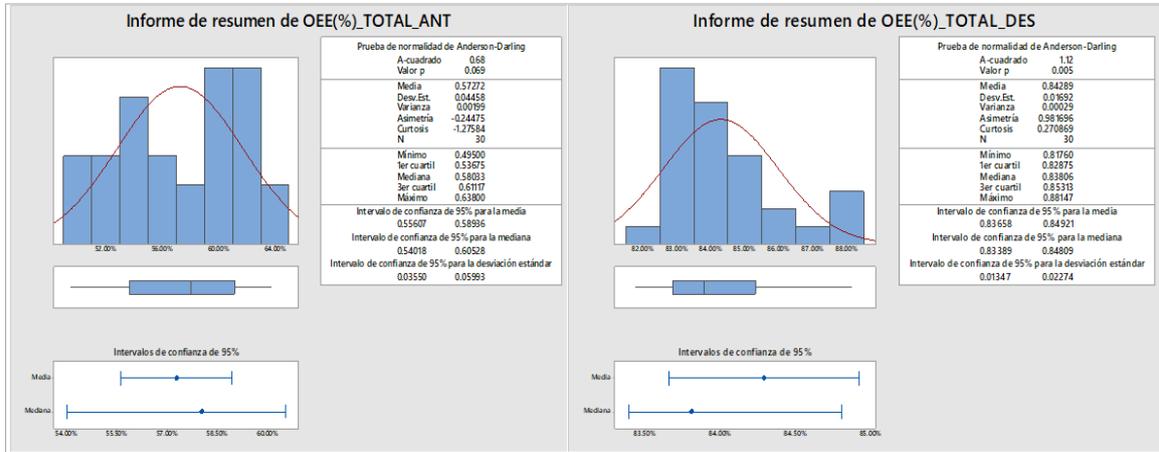


Figura 77. Test de hipótesis – Control Diario de Mantenimiento,. En la figura se muestra que el OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 57.27%, seguido el OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 84.29% , otorgando un valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

### c. Sensores en Faja

- El OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 56.55%.
- El OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 58.88%.
- El valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ .

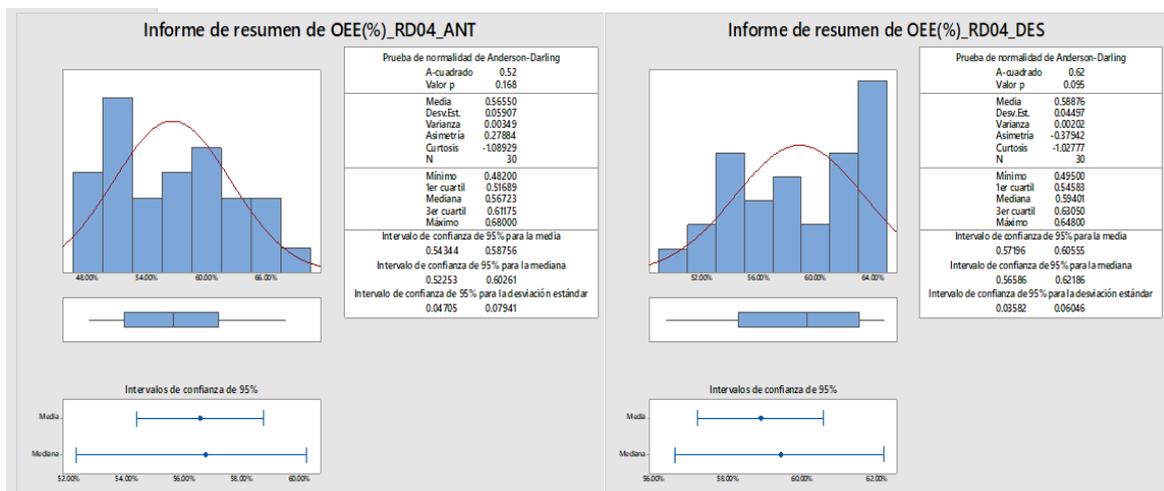


Figura 78. Test de hipótesis – Sensores de faja, El OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 56.55%, el OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 58.88%, por otro lado, el valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo en referencia a un  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

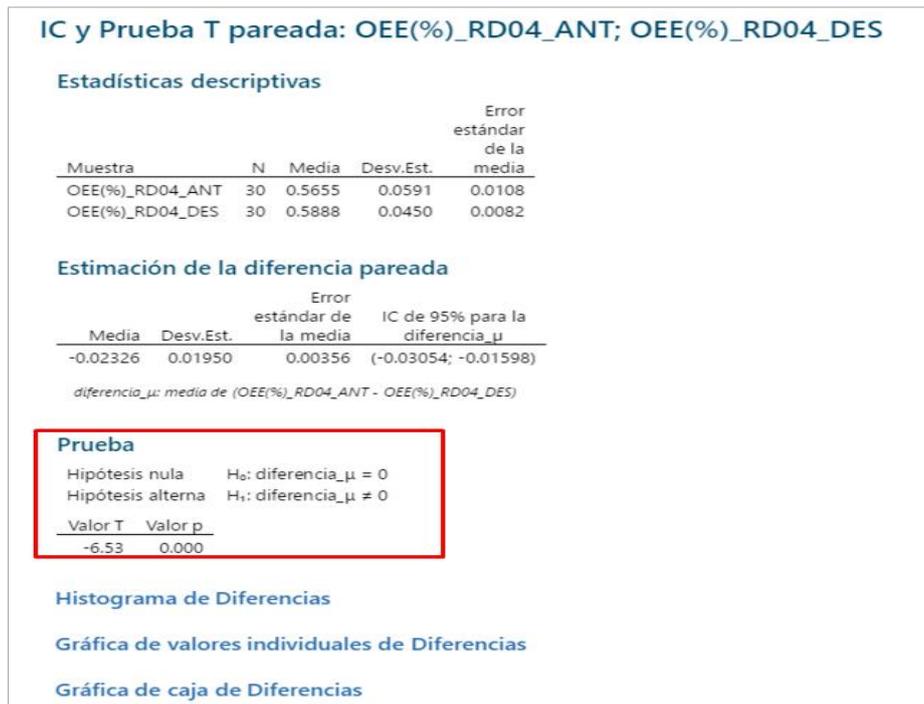


Figura 79. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra los valores. Fuente: Elaboración propia.

#### d. Control Diario de Operación de Bombas

- El OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 44.12%.
- El OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 84.29%.
- El valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ .

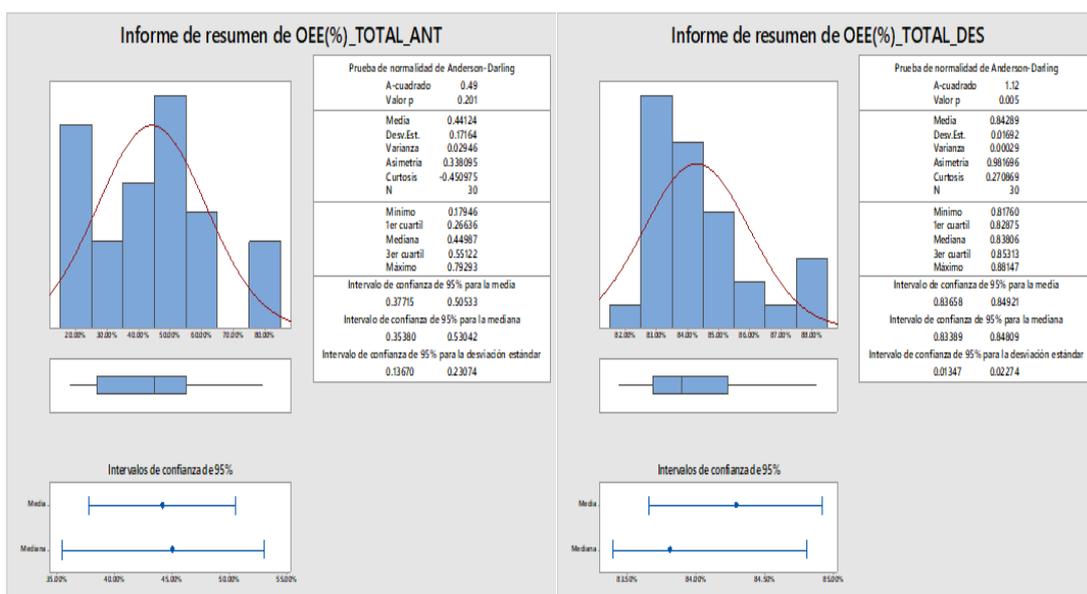


Figura 80 Test de hipótesis – Control diario de operación de bombas, La figura muestra el OEE en un 1er escenario cuenta con una media de 44.12%, así el OEE en un 2do escenario cuenta con una media de 84.29% y el valor p de la prueba de hipótesis nos confirma el cambio positivo con un  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

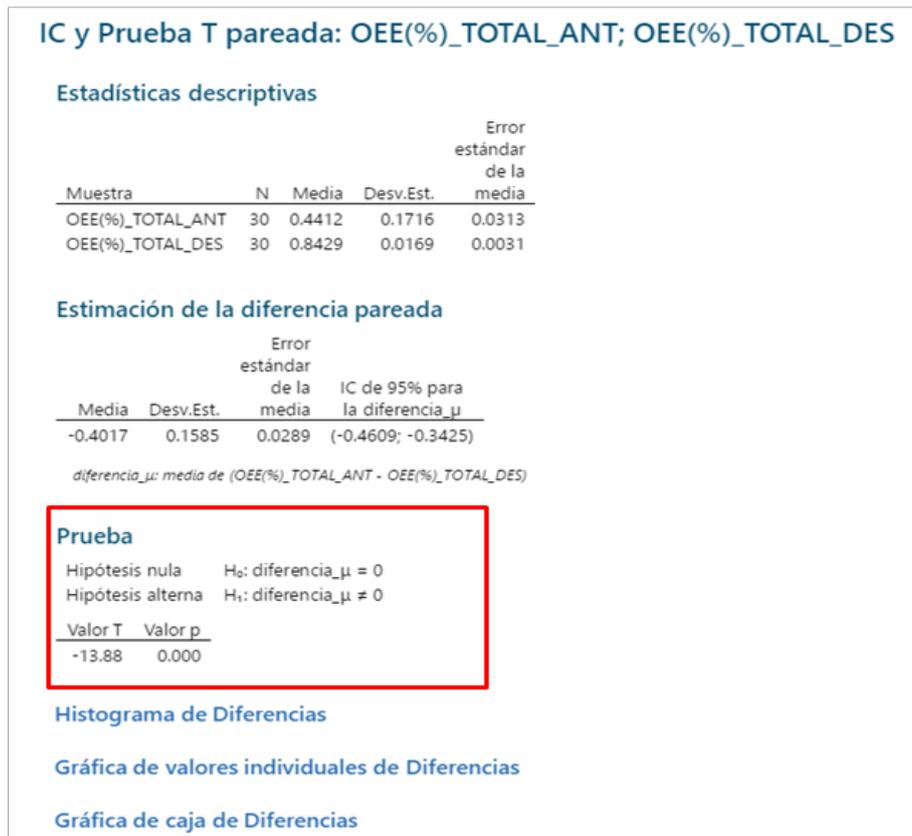


Figura 81. Valor p de prueba de hipótesis, Se muestra la figura para su conocimiento y valoración. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.3 Diseño de Experimentos (DOE)

Se valoraron las variables número de mecánicos e implementación de pre-uso respecto a la variable respuesta (OEE). Los datos valorados corresponden a los meses de noviembre 2018 y marzo 2019 para aplicación de los 3 circuitos de molienda.

Tabla 17  
*Consideraciones para el Diseño de Experimento.*

Variable	Descripcion	Niveles
Respuesta	Y = OEE (%)	
Factor 1	X1 = N° de mecanicos	2 niveles {8, 16}
Factor 2	X2 = Implementacion de pre-uso	3 niveles {si, no}

La tabla 17 se valoraron las variables número de mecánicos e implementación de pre-uso respecto a la variable respuesta (OEE). Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente:

- Se realizan 5 réplicas para cada prueba.
- Se obtienen 20 combinaciones.

- A: N° mecánicos
- B: Pre-uso

### a. Análisis Diseño Circuito RD02

- **Análisis de Diseño Factorial**

Se realiza el DOE para el rodmill 02 obteniendo las siguientes gráficas:

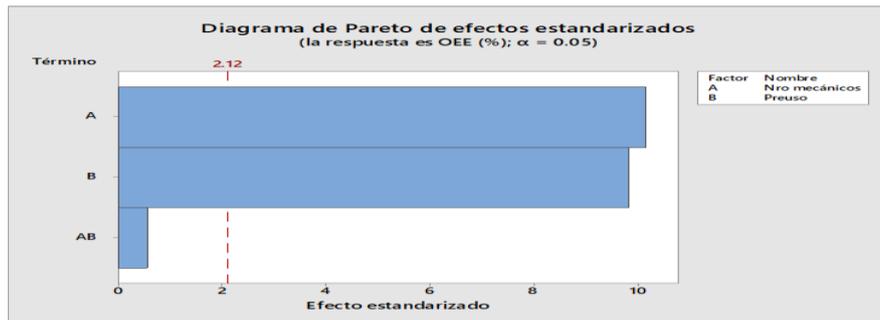


Figura 82 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados – Rodmill 2, La figura muestra el DOE para el rodmill 02. Fuente: Elaboración propia.

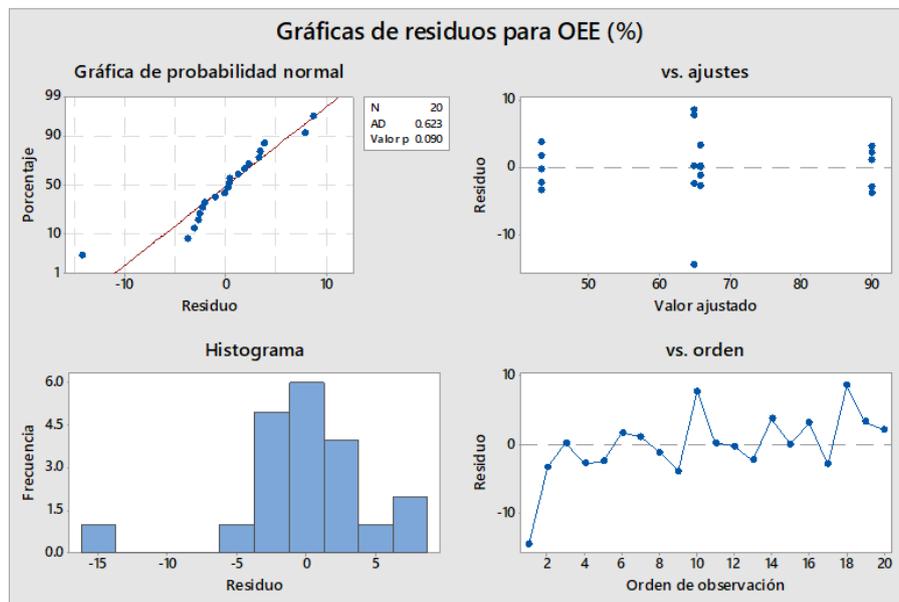


Figura 83. Gráfica de residuos – Rodmill 2, La figura muestra los datos para su valoración. Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.12, es decir SÍ causan un efecto significativo, además, se presume que el efecto de la combinación de A\*B NO causa efecto significativo dado que no sobrepasa la línea de referencia (2.12). Se comprobará con el valor de p de prueba de hipótesis.

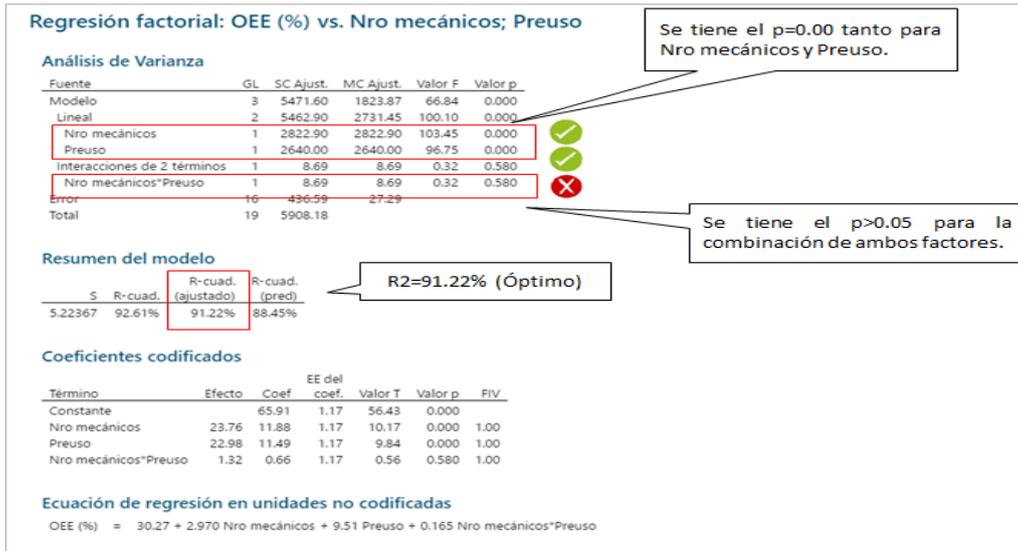


Figura 84. Valor p de prueba de hipótesis, En la figura se visualiza que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.12. Fuente: Elaboración propia.

Se comprueba que los factores independientes muestran efecto significativo por mostrar  $p < 0.05$ . También comprobamos que la combinación de A\*B no causa efecto significativo dado que el  $p > 0.05$ . Se procede a retirar el término del nuevo diseño factorial en la siguiente corrida.

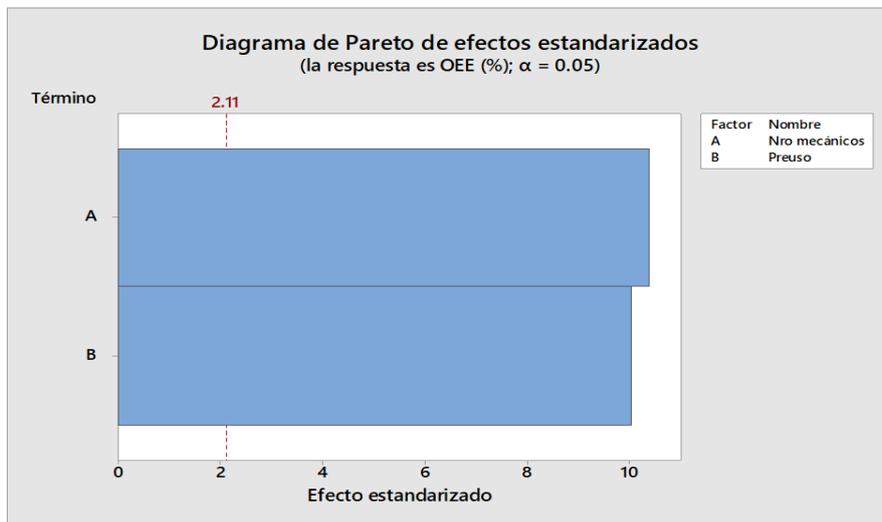


Figura 85. Diagrama de Pareto sin combinación de factores – Rodmill 2, En la figura podemos mencionar que se comprueba que los factores independientes van mostrando un efecto significativo por mostrar  $p < 0.05$ . Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.11, es decir SÍ causan efecto significativo.

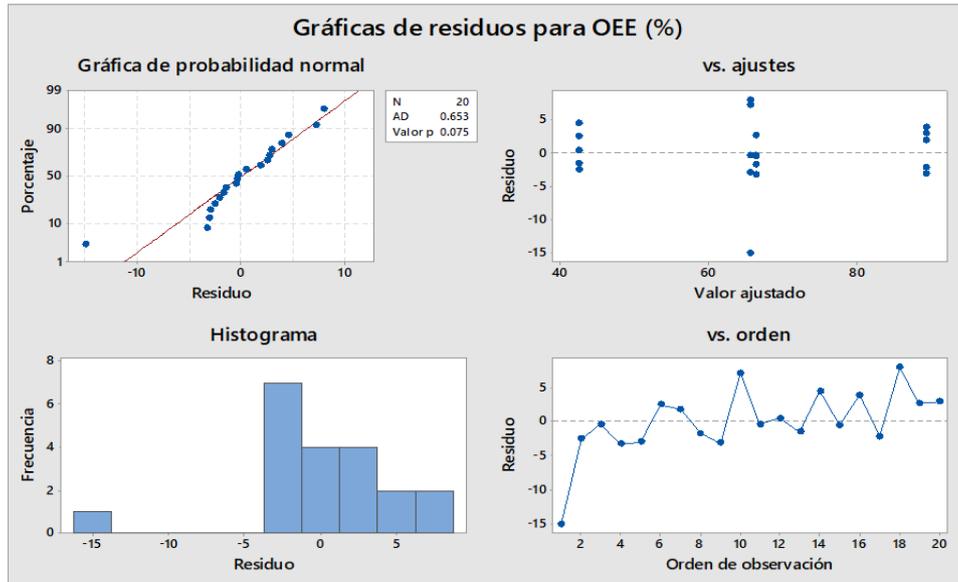


Figura 86. Gráfica de residuos sin combinación de factores – Rodmill 2, En la figura podemos visualizar que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.11. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica se observa que los residuos cumplen con las condiciones:

- $p > 0.05$ , los residuales siguen una distribución normal.
- Los residuales se muestran aleatorios con el valor de los datos.
- Los residuales se muestran aleatorios con el orden de los datos.
- Los residuales no tienen una distribución simétrica a cero, pero se considera dado que por tener pocos datos puede mostrar confusión.

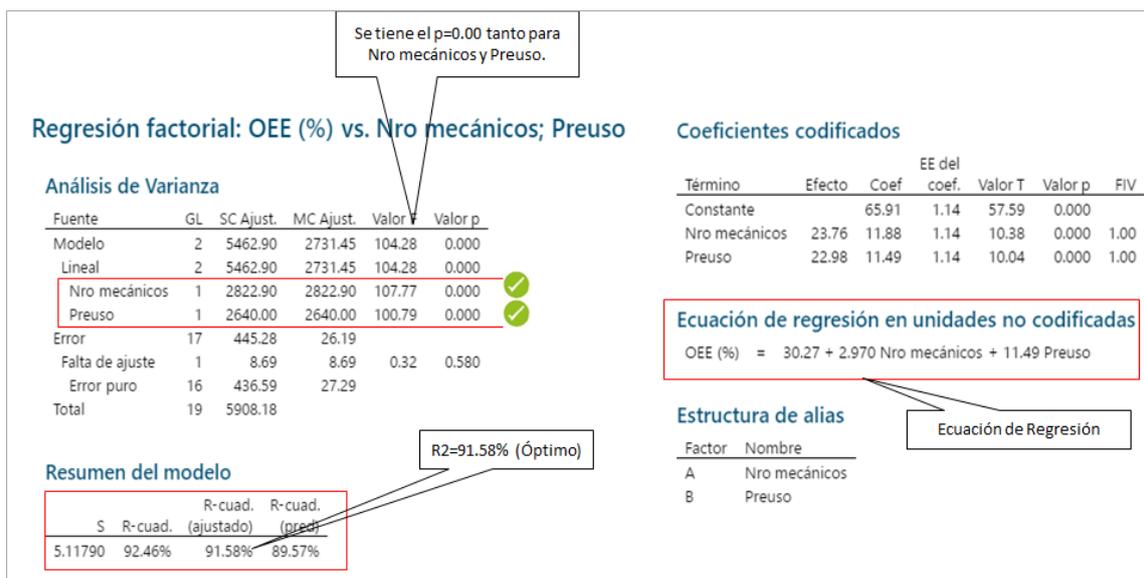


Figura 87. Valor p de prueba de hipótesis, En la figura se observa que los residuos cumplen con las condiciones de que el  $p > 0.05$ , los residuales siguen una distribución normal. Fuente: Elaboración propia.

Hallando que se tiene un valor de  $p < 0.05$  para ambos factores independientes se rechaza la hipótesis Nula, es decir se acepta la hipótesis Alternativa. Estos factores sí afectan considerablemente en la variable respuesta de OEE (%).

Respecto a la ecuación de regresión observamos que el 91.58% de los datos están explicados por el modelo que es afectado por los 2 factores.

- **Gráficas Factoriales**

Posteriormente se realizó la gráfica de efectos principales:

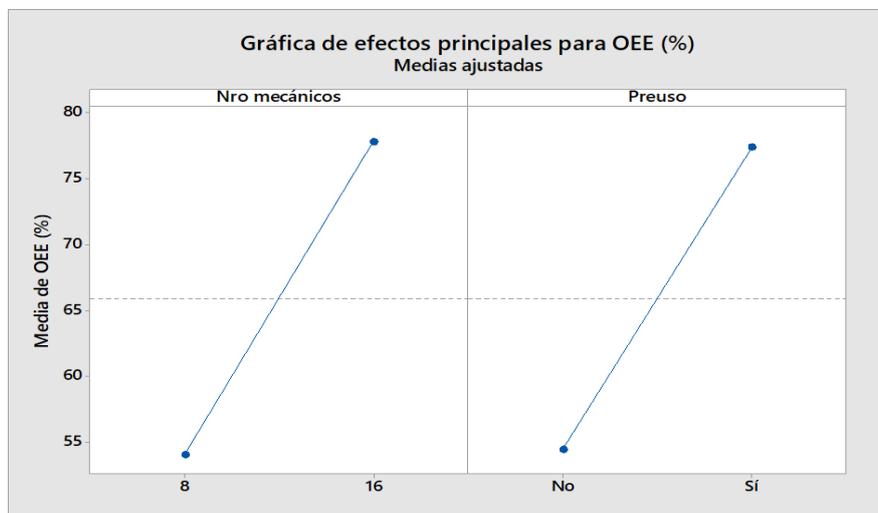


Figura 88 Gráfica de efectos principales – Rodmill 2, La figura muestra 3w que posteriormente se realizó la gráfica de efectos principales como se muestra. Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica de efectos principales por N° de mecánicos, nos indica que a mayor número de mecánicos el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 77.79%. De igual manera, el pre-uso, nos indica que considerando este factor el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 77.39%.

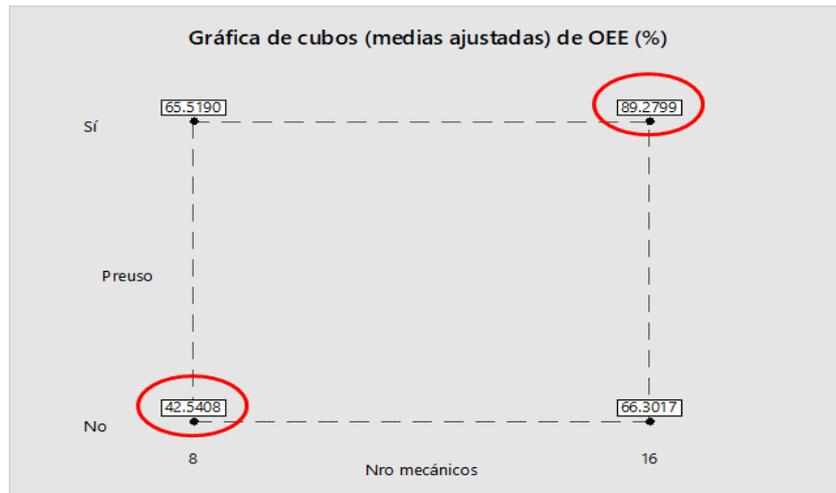


Figura 89. Gráfica de cubos – Rodmill 2, La figura muestra efectos principales por números de mecánicos. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de cubos nos indica que obtendremos un OEE máximo de 89.2799% cuando los factores se encuentren con 16 mecánicos y CON disposición el PRE-USO Según la gráfica de cubos nos indica que obtendremos un OEE mínimo de 42.5408% cuando los factores se encuentren con 8 mecánicos y SIN disposición el PRE-USO.

- **Optimizador de Respuesta**

Además, se procedió a realizar el optimizador de respuesta.

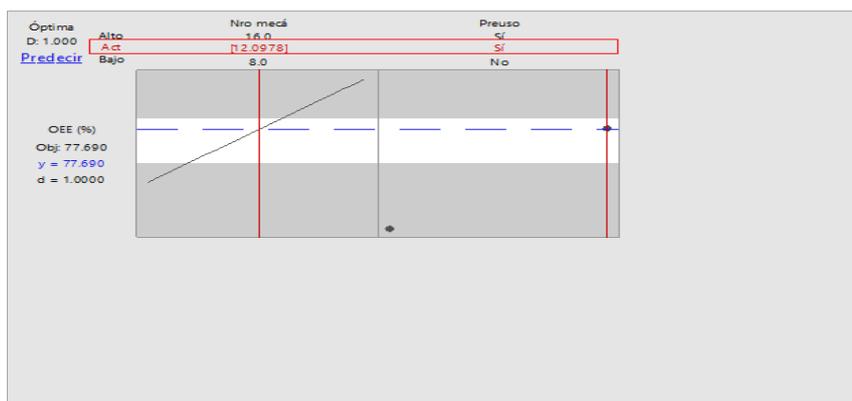


Figura 90. Gráfica de optimización de respuestas – Rodmill 2, La figura el optimizador de respuesta. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de Optimización de Respuesta para un objetivo de 77.69% los valores óptimos son los siguientes:

- N° mecánicos: 13 (12.0978)

➤ Pre-uso: Con disposición de pre-uso.

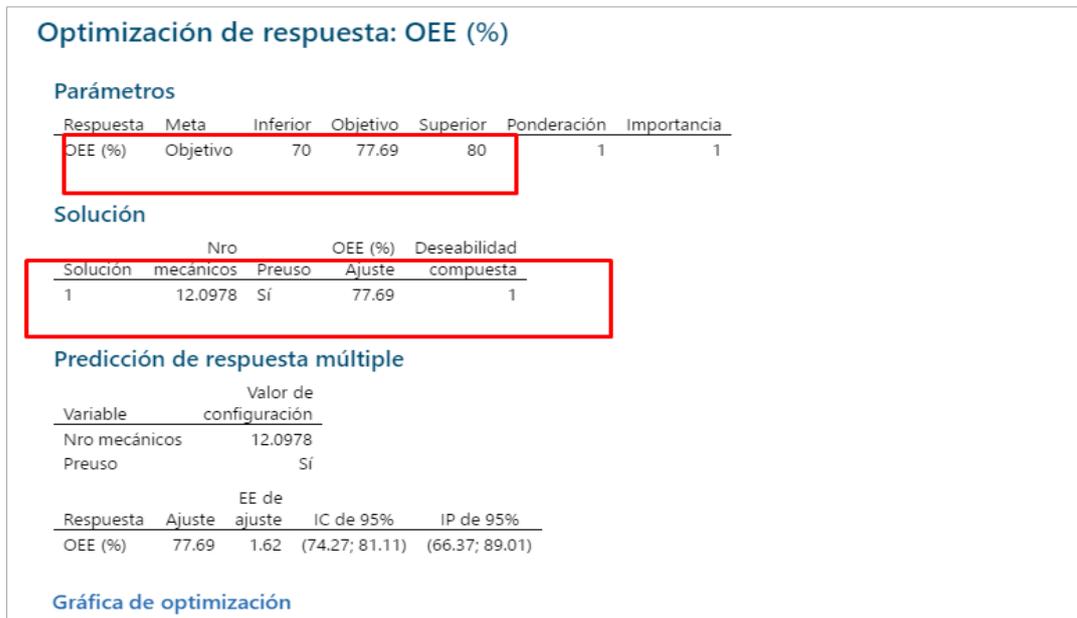


Figura 91. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra Optimización de Respuesta para un objetivo propuesto. Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica de Pareto se concluye que el efecto de los factores: N° de mecánico y pre-uso tienen efecto significativo de manera independiente, además se confirman estos efectos dado que el valor de  $p < 0.05$  y se acepta la Hipótesis Alternativa. Adicionalmente, el 91.58% de los datos de OEE están explicados con el modelo y los valores óptimos para un objetivo de 77.69% es trabajar con 13 mecánicos adicionales y con pre-uso.

## b. Análisis Diseño Circuito RD03

- **Análisis de Diseño Factorial**

Se realiza el DOE para el rodmill 02 obteniendo las siguientes gráficas:

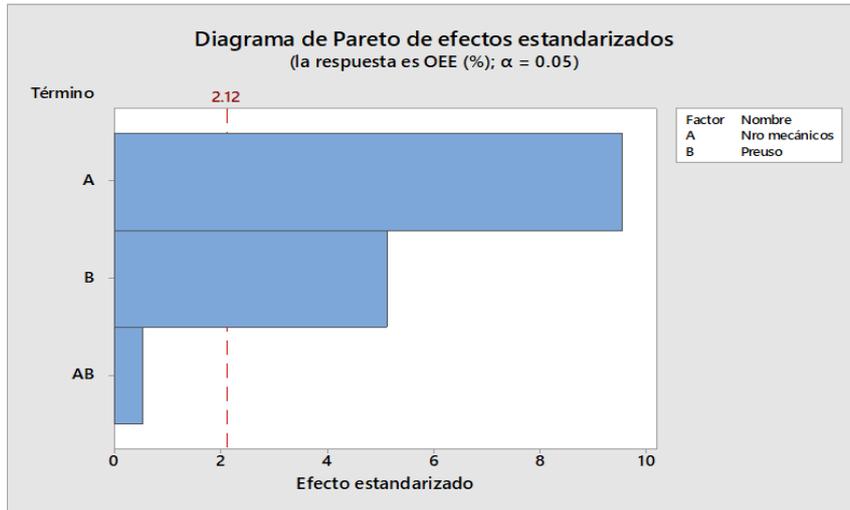


Figura 92. Diagrama de Pareto de efecto estandarizado Rodmill 3, La figura muestra el DOE para el rodmill 03. Fuente: Elaboración propia.

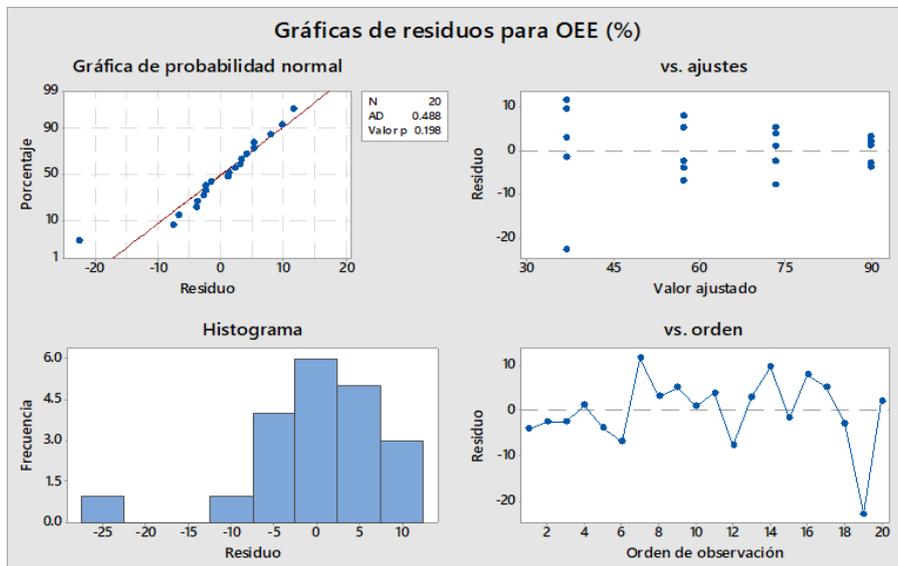


Figura 93. Gráfica de residuos – Rodmill 3, La figura se muestran los datos para valorarlas. Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.12, es decir SÍ causan efecto significativo. Se presume que el efecto de la combinación de A\*B NO causa efecto significativo entendiendo que no sobrepasa la línea de referencia (2.12).

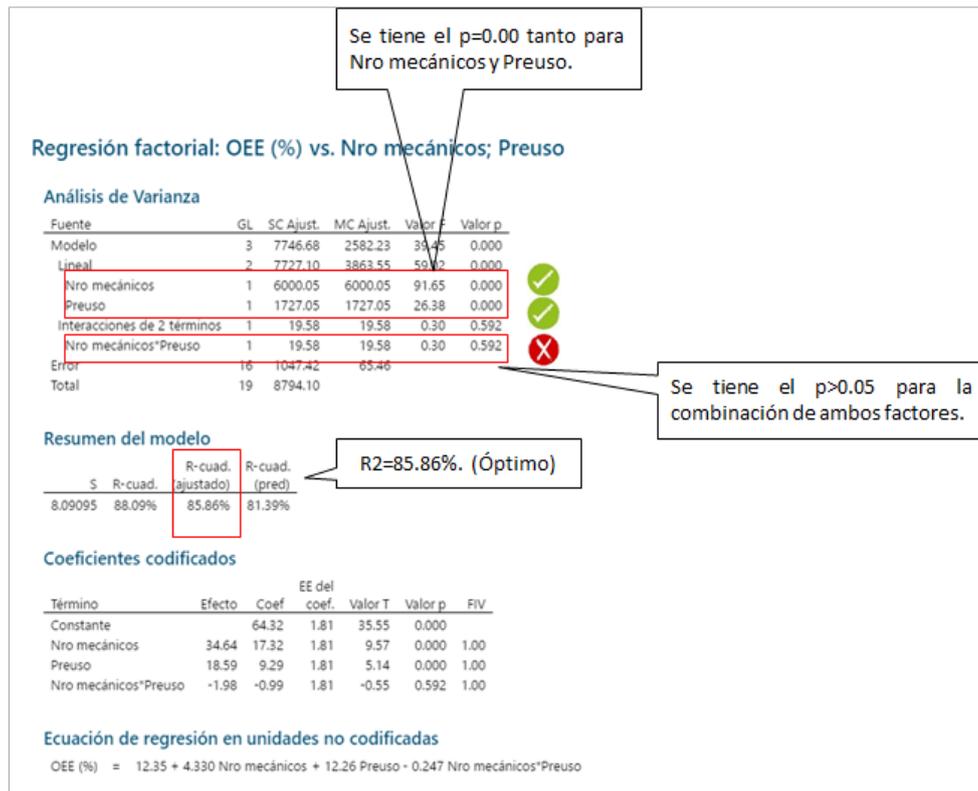


Figura 94. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra los efectos de A y B de forma independiente. Fuente: Elaboración propia.

Se verifica que los factores independientes muestran un efecto significativo por mostrar un valor de  $p < 0.05$ . Observamos que la combinación de A\*B no causa efecto significativo dado que el  $p > 0.05$ . Se procede a quitar el término del nuevo diseño factorial en la siguiente corrida.

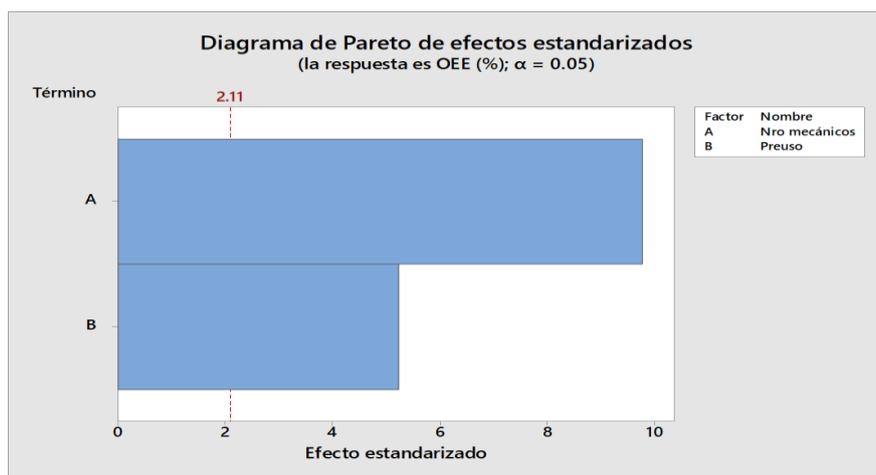


Figura 95. Diagrama de Pareto sin combinación de factores – Rodmill 3, La figura muestra los factores autónomos manifiestan un efecto significativo. Fuente: Elaboración propia.

Se observa que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia (2.11), es decir SÍ causan efecto significativo.

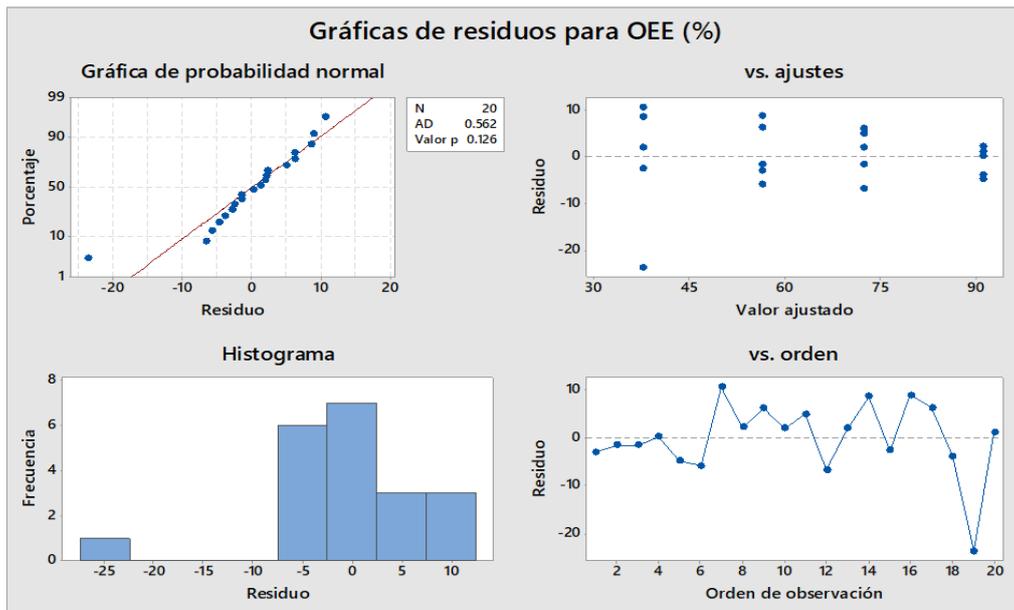


Figura 96. Gráfica de residuos sin combinación de factores – Rodmill 3, La figura muestra que los efectos de A y B de forma autónoma se extienden más allá de la línea de informe (2.11), es para indicar que SÍ causan efecto significativo. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de residuos cumple con las condiciones:

- Valor de  $p > 0.05$ , los residuales siguen una distribución normal.
- Los excedentes se muestran aleatorios con el valor de los datos.
- Los excedentes se muestran aleatorios con el orden de los datos.
- Los excedentes no tienen una distribución simétrica a cero, pero se considera por tener pocos datos puede mostrar confusión.

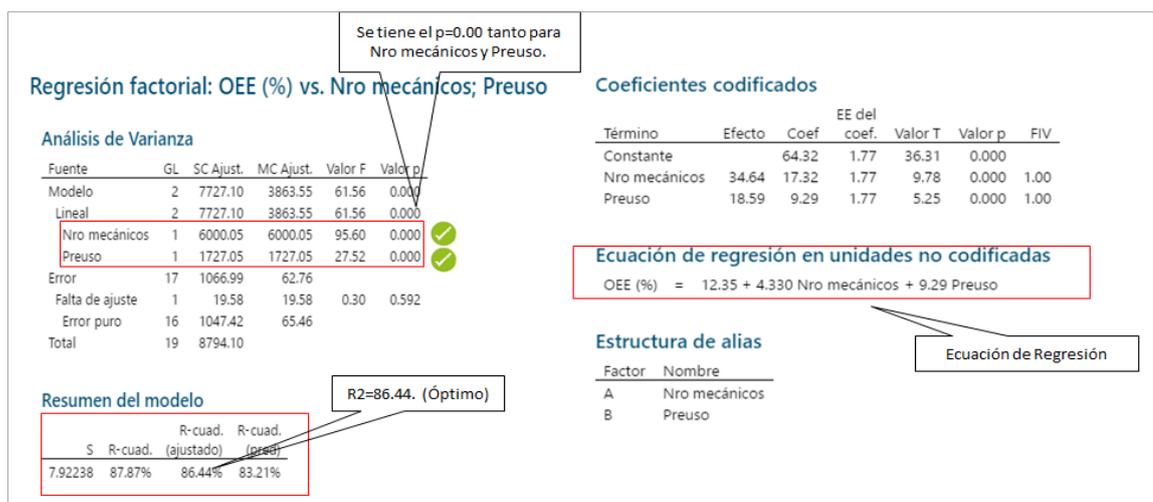


Figura 97. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra el Valor de  $p > 0.05$ , los residuales siguen una distribución normal. Fuente: Elaboración propia.

Entendiendo que se tiene un valor de  $p < 0.05$  para ambos factores independientes se rechaza la Hipótesis Nula, es decir se acepta la Hipótesis Alternativa. Estos factores sí afectan considerablemente en la respuesta de OEE (%). Por otro lado, el 86.44% de los datos están explicados por el modelo donde es afectado por los 2 factores.

- **Gráficas Factoriales**

Posteriormente se realizó la gráfica de efectos principales:

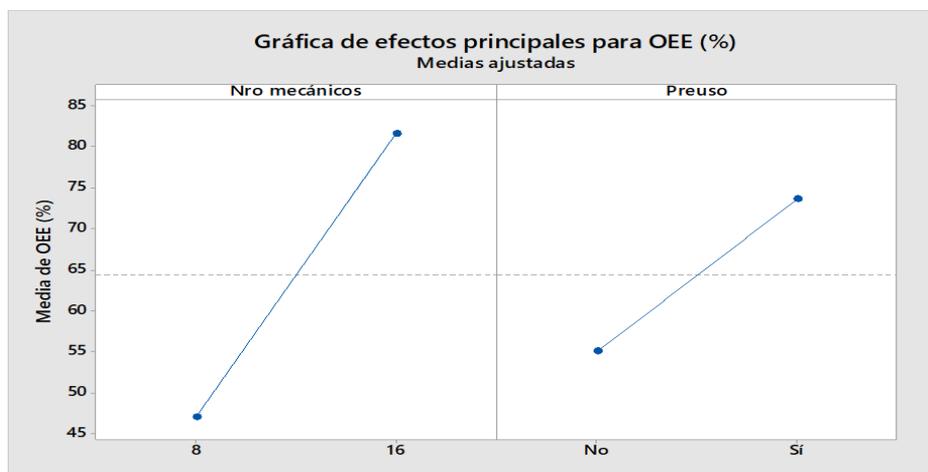


Figura 98. Gráfica de efectos principales – Rodmill 3, A continuación, se realizó la gráfica de efectos principales. Fuente Elaboración propia.

La gráfica de efectos principales por N° de mecánicos, nos indica que a mayor número de mecánicos el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 81.63%. La gráfica de efectos principales por pre-uso nos indica que considerando este factor el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 73.60%.

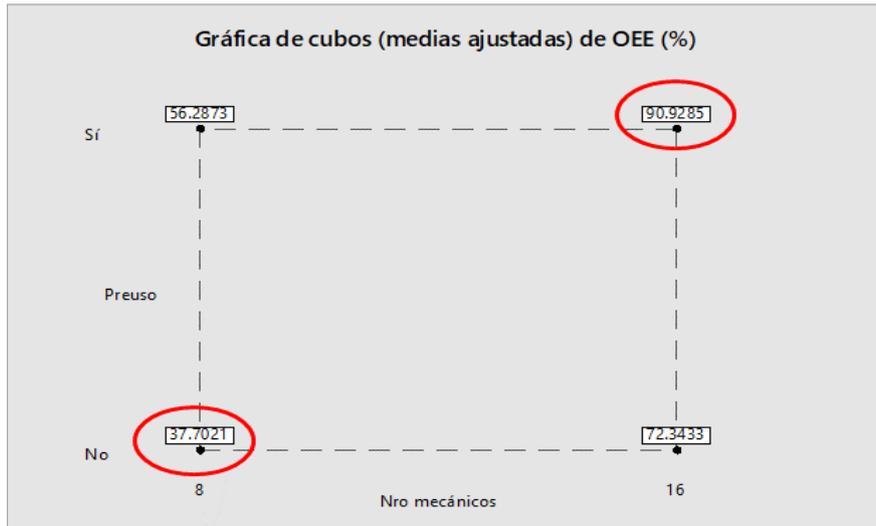


Figura 99. Gráfica de cubos – Rodmill 3, La figura muestra los efectos principales por número de mecánicos, Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de cubos nos indica que obtendremos un OEE máximo de 90.9285% cuando los factores se encuentren con 16 mecánicos y CON disposición el PRE-USO. Según la gráfica de cubos nos indica que obtendremos un OEE mínimo de 37.7021% cuando los factores se encuentren con 8 mecánicos y SIN disposición el PRE-USO.

- **Optimizador de Respuesta**

Además, se procedió a realizar el optimizador de respuesta.

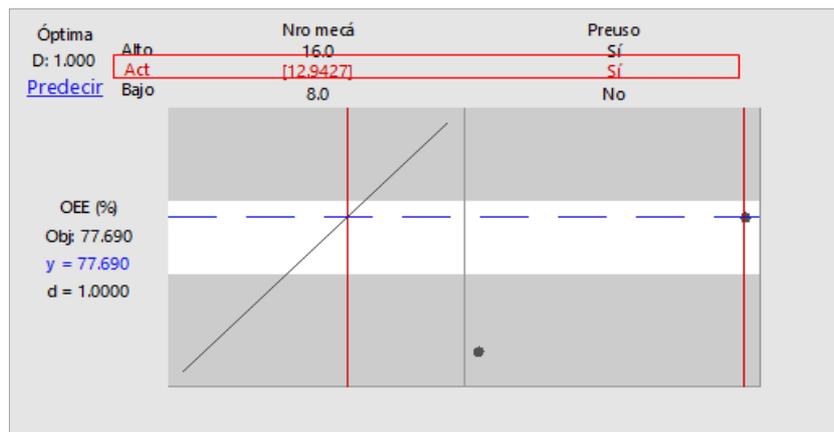


Figura 100. Gráfica de optimización de respuestas – Rodmill 3, La figura muestra el optimizador de respuesta. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de Optimización de Respuesta para un objetivo de 77.69%, los valores óptimos son los siguientes: ki

- N° mecánicos: 13 (12.9427)
- Pre-uso: Con disposición de pre-uso.

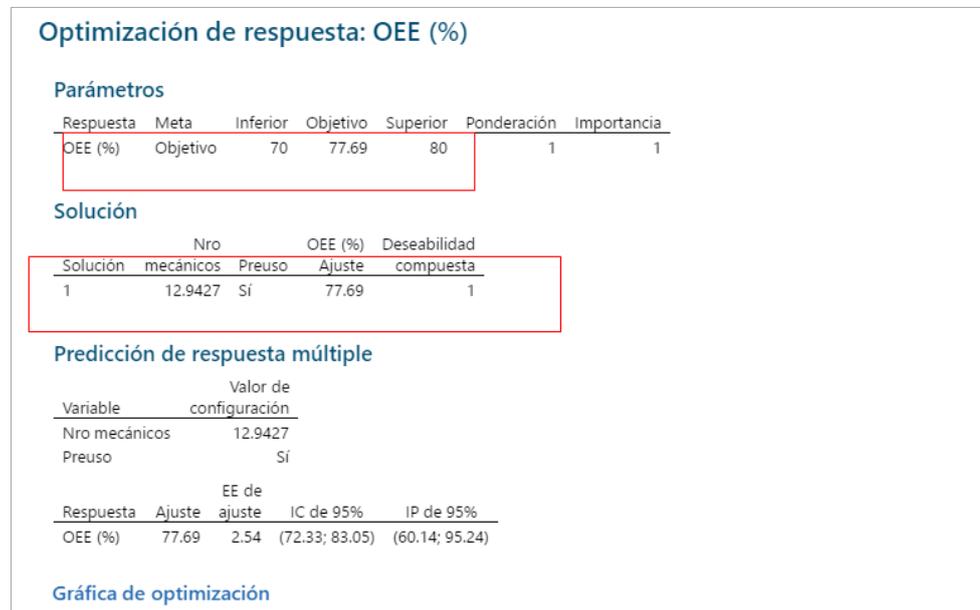


Figura 101. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra la Optimización de Respuesta para un objetivo de 77.69%, Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica de Pareto se concluye que el efecto de los factores: N° de mecánico y pre-uso tienen efecto significativo de manera independiente, además se confirman estos efectos dado que el valor de  $p < 0.05$  y se acepta la Hipótesis Alternativa. Adicionalmente, el 86.44% de los datos de OEE están explicados con el modelo y los valores óptimos para un objetivo de 77.69% es trabajar con 13 mecánicos adicionales y con pre-uso.

### c. Análisis Diseño Circuito RD04

- **Análisis de Diseño Factorial**

Se realiza el DOE para el rodmill 04 obteniendo las siguientes gráficas:

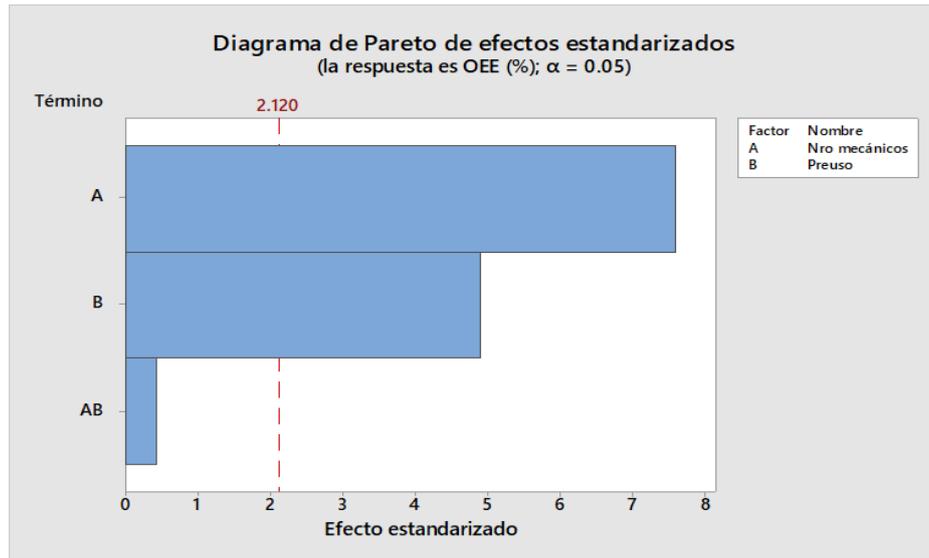


Figura 102. Diagrama de Pareto de efecto estandarizado Rodmill 4, La figura muestra el DOE para el rodmill 04. Fuente: Elaboración propia.

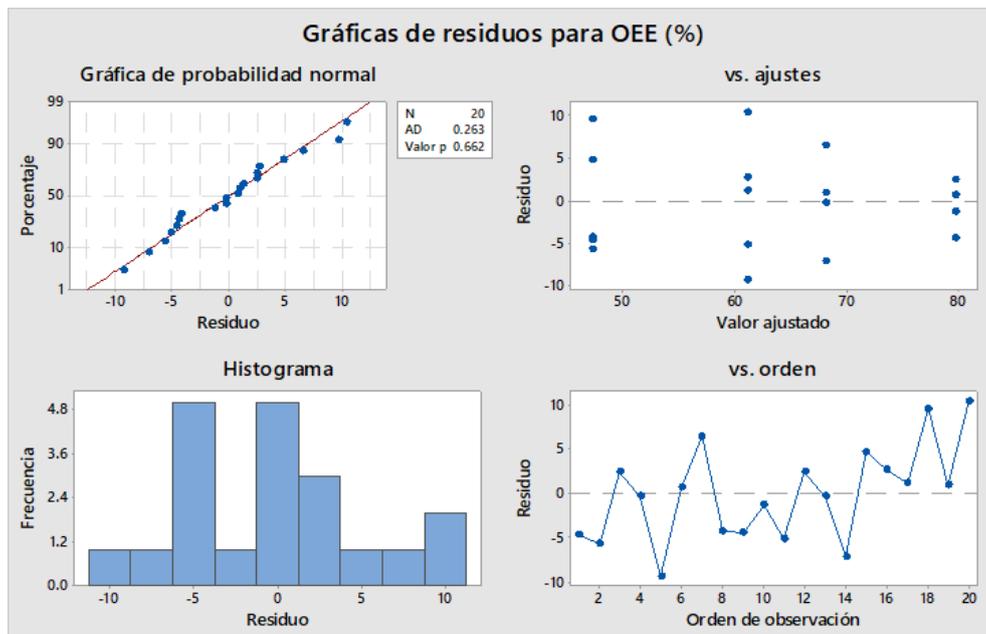


Figura 103. Gráfica de residuos –Rodmill 4, La figura muestra los efectos de A y B de forma independiente. Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en los otros dos circuitos, observamos que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.12, es decir SÍ causan efecto significativo. Sin embargo, el efecto de la combinación de A\*B NO causa efecto significativo dado que no sobrepasa la línea de referencia (2.12).

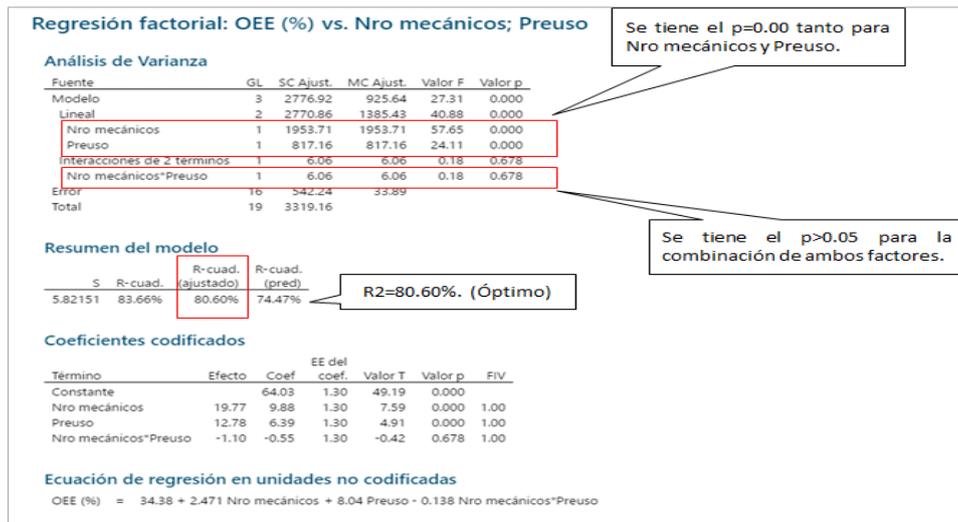


Figura 104. Valor p de prueba de hipótesis. La figura muestra la mira que los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.12. Fuente: Elaboración propia.

Se verifica que los factores independientes muestran efecto significativo por mostrar valores de  $p<0.05$  y que la combinación de A\*B no causa efecto significativo dado que el valor de  $p>0.05$ . Se procede a quitar el término del nuevo diseño factorial en la siguiente corrida.

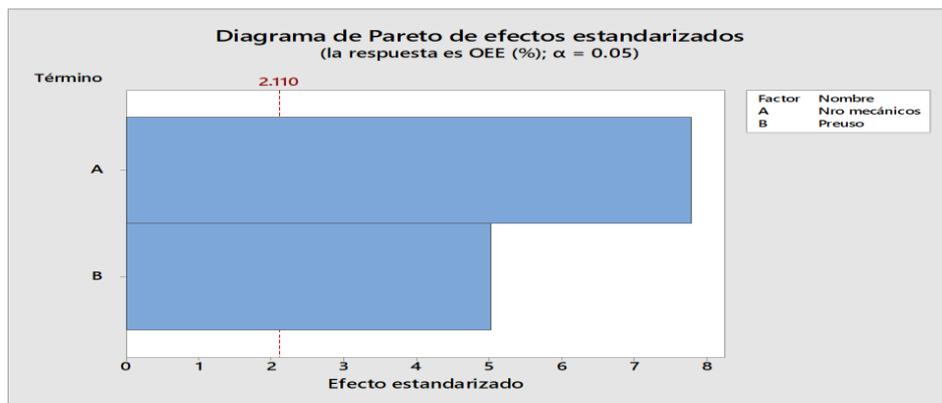


Figura 105 Diagrama de Pareto sin combinación de factores – Rodmill 4, La figura muestra los factores independientes significativos por mostrar valores de  $p<0$ . Fuente: Elaboración propia.

Los efectos de A y B de forma independiente se extienden más allá de la línea de referencia 2.11, es decir SÍ causan efecto significativo.

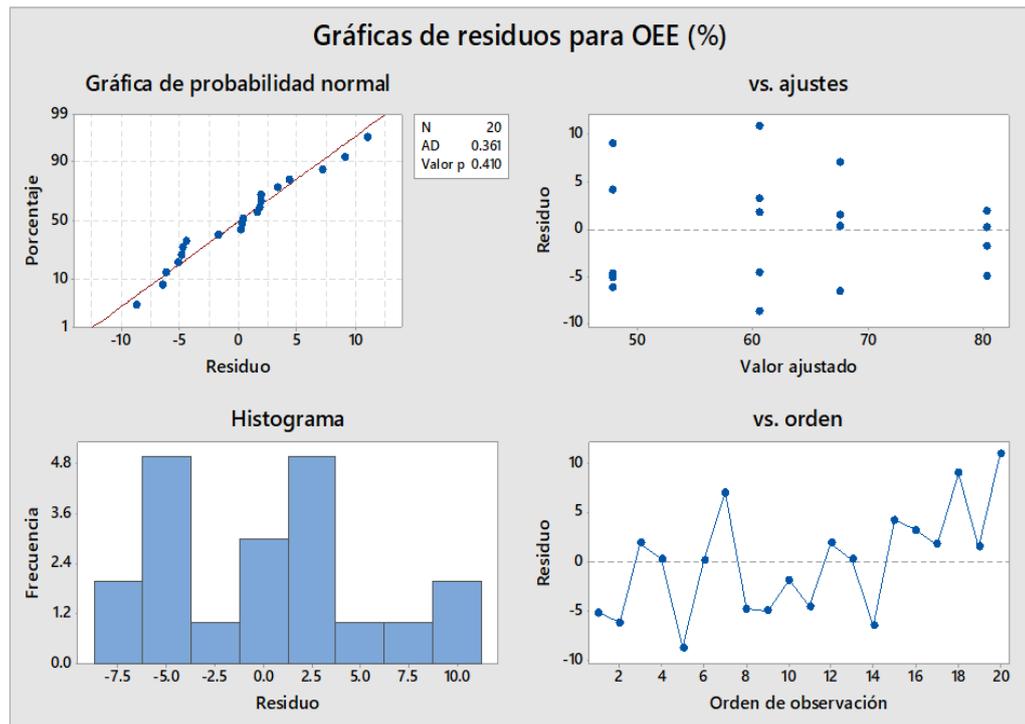


Figura 106. Gráfica de residuos sin combinación de factores – Rodmill 4, muestra que los efectos de A y B de forma independiente se amplían más allá de la línea de referencia 2.11, es decir SÍ causan efecto significativo. Fuente: Elaboración propia.

Se visualiza que la gráfica de residuos cumple con las condiciones:

- Valor de  $p > 0.05$ , los excedentes siguen una distribución normal.
- Los excedentes se muestran aleatorios con el valor de los datos.
- Los excedentes se muestran aleatorios con el orden de los datos (ligera tendencia creciente).
- Los excedentes no tienen una distribución simétrica a cero, pero se considera por tener pocos datos puede mostrar confusión.

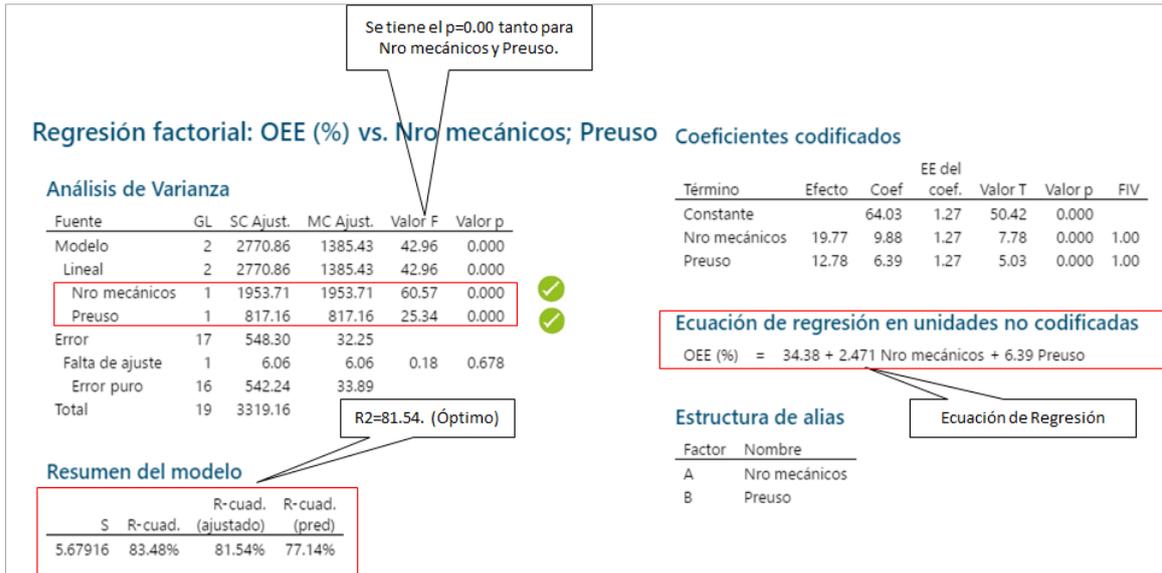


Figura 107. Valor p de prueba de hipótesis, En la figura se muestra residuos y cumple con las condiciones que Valor de p>0.05, los excedentes siguen una distribución normal. Fuente: Elaboración propia.

Dado que se tiene un valor de  $p < 0.05$  para ambos factores independientes se rechaza la hipótesis Nula, es decir se acepta la hipótesis Alternativa. Estos factores sí afectan considerablemente en la respuesta de OEE (%). Adicionalmente, el 81.54% de los datos están explicados por el modelo el mismo que es afectado por los 2 factores.

- **Gráficas Factoriales**

Posteriormente se realizó la gráfica de efectos principales:

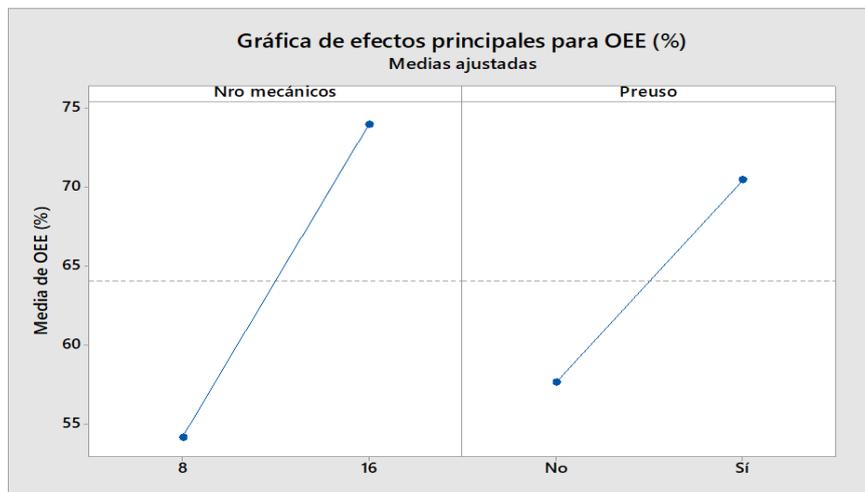


Figura 108. Gráfica de efectos principales – Rodmill 4, En la figura se muestra los efectos principales. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de efectos principales por No de mecánicos, nos indica que a mayor número de mecánicos el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 73.91%. Observamos que la gráfica de efectos principales por pre-uso, nos indica que considerando este factor el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 70.42%.

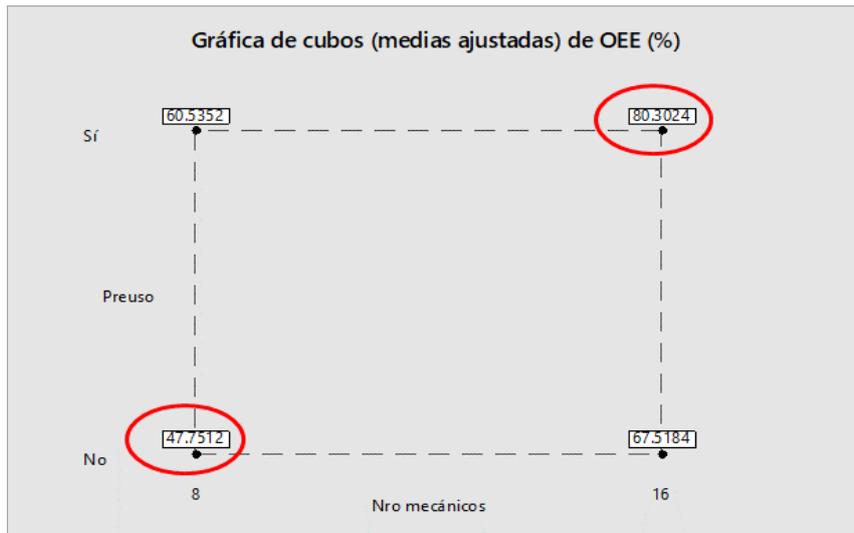


Figura 109. Gráfica de cubos – Rodmill 4, En la figura se muestran los efectos principales por número de mecánicos el cual nos indica que, a mayor número de mecánicos, el efecto es considerable en el OEE llegando a un límite de 73.91%. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de cubos indica que obtendremos un OEE máximo de 80.30% cuando los factores se encuentren con 16 mecánicos y CON disposición el PRE-USO. La gráfica de cubos muestra que obtendremos un OEE mínimo de 47.7512% cuando los factores se encuentren con 8 mecánicos y SIN disposición el PRE-USO.

- **Optimizador de Respuesta**

Además, se procedió a realizar el optimizador de respuesta.

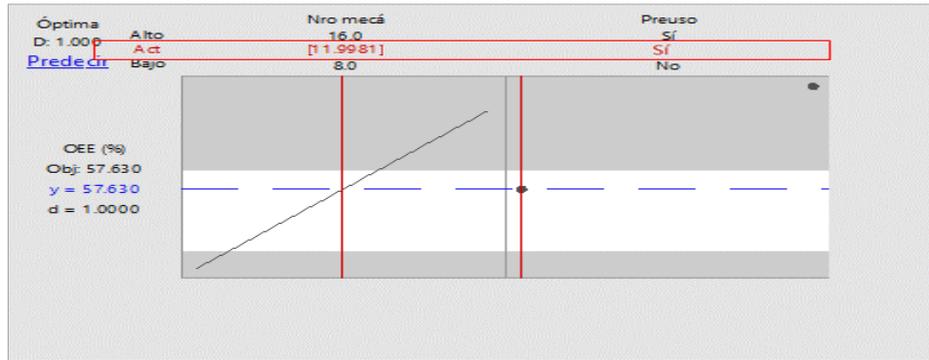


Figura 110. Gráfica de optimización de respuestas – Rodmill 4, La figura muestra el optimizador de respuesta. Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de Optimización de Respuesta para un objetivo de 57.63%, los valores óptimos son los siguientes:

- N° mecánicos: 12 (11.9981)
- Pre-uso: Con disposición de pre-uso.

**Optimización de respuesta: OEE (%)**

**Parámetros**

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
OEE (%)	Objetivo	50	57.63	60	1	1

**Solución**

Solución	Nro mecánicos	Preuso	OEE (%) Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	11.9981	Sí	57.63	1

**Predicción de respuesta múltiple**

Variable	Valor de configuración
Nro mecánicos	11.9981
Preuso	Sí

Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
OEE (%)	57.63	1.80	(53.84; 61.42)	(45.06; 70.20)

**Gráfica de optimización**

Figura 111. Valor p de prueba de hipótesis, La figura muestra el Optimización de Respuesta para un objetivo de 57.63%. Fuente Elaboración propia.

De la gráfica de Pareto se concluye que el efecto de los factores: N° de mecánico y pre-uso tienen efecto significativo de manera independiente, además se confirman estos efectos por que el valor de  $p < 0.05$  y se acepta la Hipótesis Alternativa. Adicionalmente, el 86.44% de los datos de OEE están explicados con el modelo y los valores óptimos para un objetivo de 57.63% es trabajar con 12 mecánicos adicionales y con pre-uso.

#### 4.3.4 Matriz Análisis Modal de Falla y efecto de las Soluciones.

Se utilizó la matriz Modal de falla y sus efectos para evaluar los riesgos, controles en la ejecución de las soluciones definidas.

Function	Reqs.	Modo Potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	A) SEVERIDAD AD Puntaje 1-10  10=Más severo	Causa Potencial / Mecanismo de Falla	B) OCURRENCIA (Probabilidad) Puntaje 1-10  10=Probabilidad más alta	Controles actuales - Prevención	Controles actuales - Detección	C) DETECCIÓN (Probabilidad) Puntaje 1-10  10=Efectividad más baja del control 1= Efectividad más alta del control	Índice de Prioridad de Riesgo AxBxC  *513 a 1000 (Acciones inmediatas). *217 a 512 (Acciones probables) *Menor a 217 (No requiere acciones)	Acciones recomendadas
1	Toma de mediciones de nivel de terreno	Vibración/Alta temperatura/otras fallas	Parada de Molino y otros	10	Incumplimiento de medición por parte de los topógrafos Falta de condiciones para medidas topográficas en campo	5	Programa quincenal	Reporte de Mantenimiento Predictivo	2	100	Cambiar configuración de clutch a Acoplamiento directo. (Re02, Re03 y RDBAL)
2	Llenado de preuso de operación.	Vibración/Alta temperatura/otras fallas	Parada de Molino y otros	10	Desinterés de personal Falta de seguimiento por operaciones Falta de materiales	5	Material abastecido en el área de Molienda Capacitación de operadores	Reporte de Check List diario	4	200	Cambio a trasmision directa
3	Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	Vibración/Alta temperatura/otras fallas	Parada de Molino y otros	10	Falta de reuniones semanales para planeamiento de preventivos Desinterés de staff Bajo personal de mantenimiento	3	Reuniones semanales de planeamiento Mantenimiento Preventivo	Reporte de Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo	3	90	Cambio de componetes obsoletos
4	Sensores y alarmas en fajas de Molinos	Falta y/o bajo tonelaje en faja	Golpeteo de Molino y sistema	8	Falla de sensores Proveedores no cumplen con la entrega de materiales para completar instalación de circuito.	3	Mantenimiento preventivo semanal	Alarmas y/o sirenas	1	24	Cambio de componetes obsoletos
5	Aumento de personal mecánico	Vibración/Alta temperatura/otras fallas	Parada de Molino y otros	10	Falta de presupuesto	3	Revisión mensual de Headcount	Ratio de trabajos	3	90	Habilitación de sensores de temperatura y vibracion
6	Control diario de horas operacionales de bombas	Rotura de Correas/Ejes/Otros	Parada de Molino y otros	10	Falta de Mantenimiento preventivo Tiempo de vida excedido del límite	5	Mantenimiento preventivo semanal	Reporte de jefe de guardia	3	150	Procedimiento de arranque de equipos por parte de operaciones

Figura 112. AMFE de soluciones, muestra la matriz Modal de falla y sus efectos para evaluar los riesgos, controles en la ejecución de las soluciones definidas. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3.5 Riesgos Identificados Considerando las Soluciones

Posterior al AMFE se ha identificado los riesgos y se ha clasificado según el IPR, distribuidos en los Niveles:

- Peligroso: IPR entre 1000 y 513.

- Importante: IPR entre 512 y 217.

- Moderado: IPR menor a 217.

Adicionalmente se ha identificado las barreras permisibles asociadas al riesgo, posterior a estas barreras se establecen medidas de acción para poder atenuarlas, indicando responsables y plazos de ejecución.

Los riesgos identificados durante la implementación de las soluciones se muestran a continuación:

Nivel de Riesgo	Descripción del Riesgo	Barrera potenciales en el proyecto	Como mitigarlos	Responsable
				Fecha
Peligroso (1000 < IPR < 513)	Toma de mediciones de nivel de terreno	Excesiva carga laboral Falta de instrumentación	Planificación de trabajos Planificación y solicitud de trabajos	Freddy Fernández Quincenal
Importante (512 < IPR < 217)	Llenado de preuso de operación.	Excesiva carga laboral Deficiente mantto preventivo Falta de instrumentación	Sensibilización de personal Incluir dentro de los procedimientos operacionales	Juan Cortéz Diario
	Cumplimiento de Mantenimiento Preventivo		Reporte Diario de Cumplimiento Involucramiento de personal Operacional.	Erick Oré Diario
	Sensores y alarmas en fajas de Molinos		Incluir dentro de mantenimiento preventivo	Miguel Veliz Diario (En operación)
	Control diario de horas operacionales de bombas		Reporte Diario de Control de horas de bombas Implementación de horómetros	Erick Oré Diario
Moderado (IPR < 217)	Aumento de personal mecánico	Recorte de presupuesto	Planificación de presupuesto anual	Miguel Veliz Mensual

Figura 113. Matriz de identificación de riesgos, muestra el AMFE que se ha identificado según los riesgos que hemos clasificado según el IPR Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente se ha identificado las barreras permisibles asociadas al riesgo, posterior a estas barreras se establecen medidas de acción para poder atenuarlas, indicando responsables y plazos de ejecución.

Los riesgos identificados durante la implementación de las soluciones se muestran a continuación:

### 4.3.6 Matriz del Plan De Comunicación.

En el proceso de implementación de acciones de mejora se reunieron todos los involucrados de acuerdo al área correspondiente.

En la siguiente tabla se muestra el plan de comunicación aplicado en el proyecto.

Tabla 18  
*Plan de comunicaciones de mejoras.*

N°	Destinatario	A quien comunicar	Que Comunicar	Quien comunica	Cuando y Como Comunicar
1	Sponsor	Gerente de Produccion			
2	Provedor Interno - Geologia	Superintendente de Geologia			Dic 18 - Mar 19
3	Cliente Interno - Planta Operaciones	Superintendente de Operaciones	Estado de plan de	Area de Procesos	/Reuniones Semanales y Alerta
4	Soporte - Area de Mantenimiento	Superintendente de Mantenimiento	Accion	Mineros	de estado de Acciones
5	Soporte - Area de Logistica	Superintendente de Logistica			
6	Soporte - area de Investigaciones Metalurgicas	Superintendente de investigaciones			

La tabla 18 muestra el proceso de implementación de acciones de mejora se reunieron todos los involucrados de acuerdo al área correspondiente. Fuente: Elaboración propia.

## 4.4 Etapa de Control de Procesos e Indicadores

### 4.4.1 Desempeño del Proceso Después de la Mejora

Posterior a las mejoras realizadas de acuerdo al Diagnóstico, análisis de causas de fallas y plan de acción, se lograron concretar las siguientes mejoras con respecto al OEE. A continuación, se mencionan por circuitos:

#### a. Desempeño Circuito RD02

El Circuito RD02 logró sobrepasar la meta de 77.69% en OEE, afectada principalmente por una mejora de disponibilidad, utilización y eficiencia. Actualmente se encuentra con un OEE acumulado mensual en el mes de mayo de 84.10%.

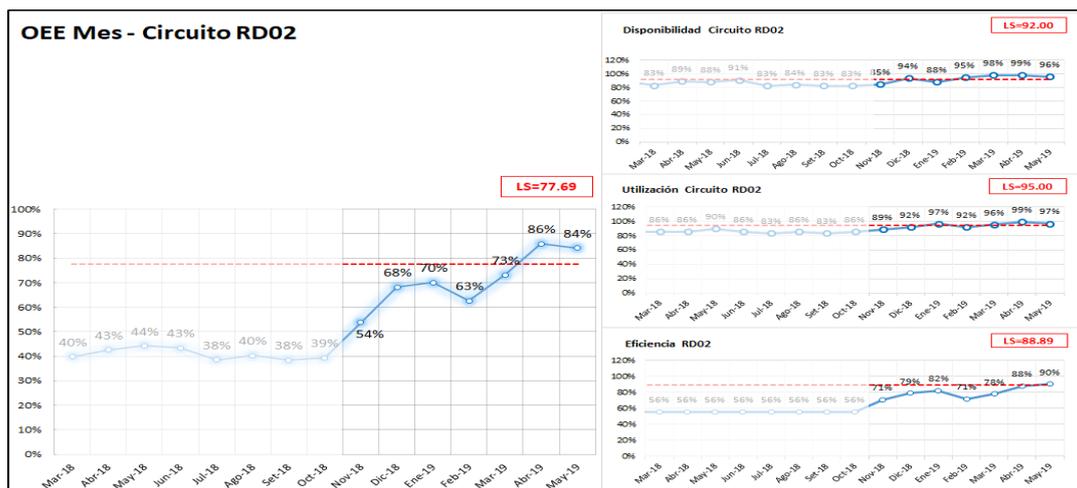


Figura 114. Mejoras OEE - Circuito Rodmill 2, La figura muestra que el Circuito RD02 logró sobrepasar la meta de 77.69% en OEE. Fuente: Elaboración propia.

### b. Desempeño Circuito RD03

El Circuito RD03 logró sobrepasar la meta de 77.69% en OEE, afectada principalmente por una mejora en disponibilidad, utilización y eficiencia. Actualmente se encuentra con un OEE acumulado mensual en el mes de mayo de 90.16%.

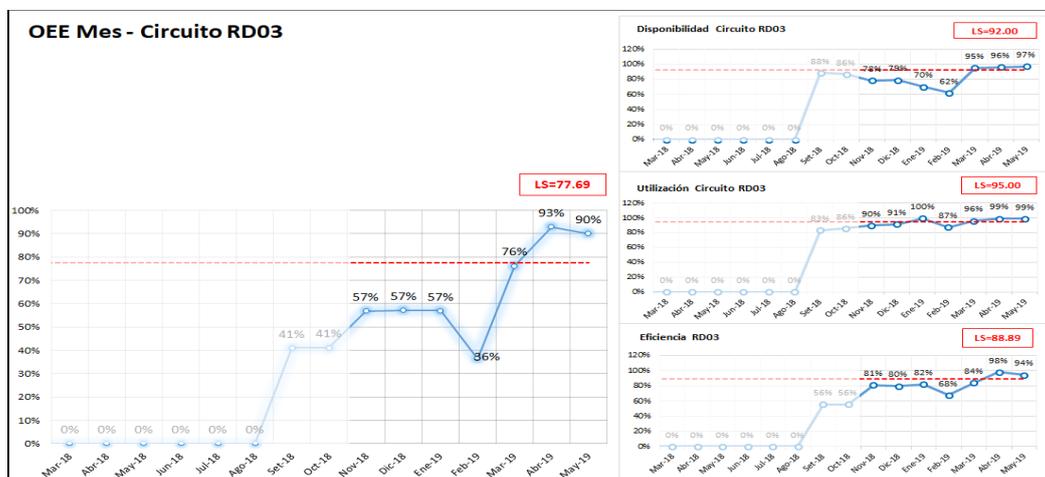


Figura 115. Mejoras OEE - Circuito Rodmill 3, La figura muestra que el Circuito RD03 logró sobrepasar la meta de 77.69% en OEE. Fuente: Elaboración propia.

### c. Desempeño Circuito RD04

El Circuito RD04 logró sobrepasar la meta de 57.63% en OEE, afectada principalmente por una mejora en disponibilidad, utilización y eficiencia.

Actualmente se encuentra con un OEE acumulado mensual en el mes de mayo de 85.85%.

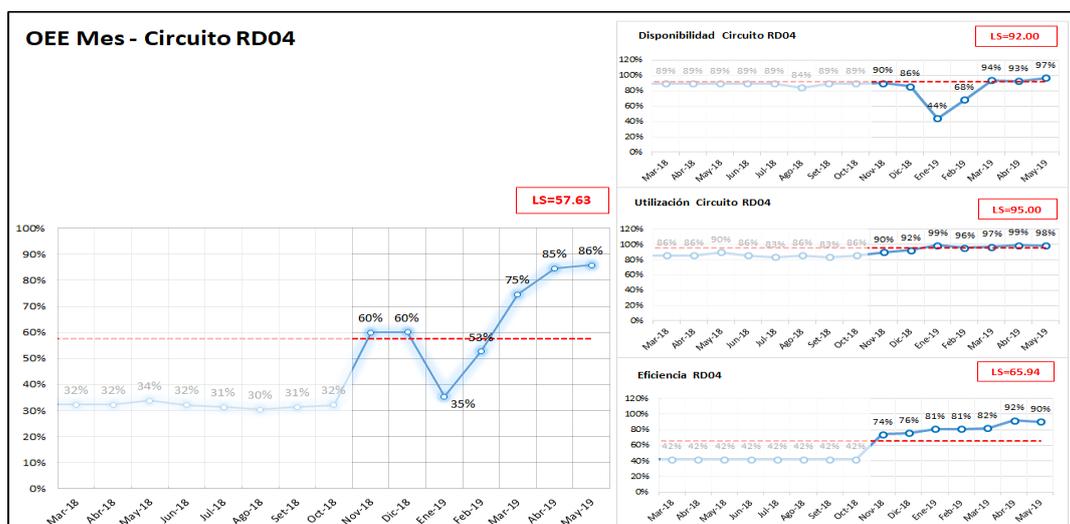


Figura 116. Mejoras OEE - Circuito Rodmill 4, La figura muestra el Circuito RD04 que logró sobrepasar la meta de 57.63% en OEE. Fuente Elaboración propia.

#### d. Desempeño Circuito Total

- **OEE Acumulado Mensual**

El Circuito Total logró sobrepasar la meta de 68.41% en OEE, afectada principalmente por una mejora en disponibilidad, utilización y eficiencia. Actualmente se encuentra con un OEE acumulado mensual en el mes de mayo de 86.59%.

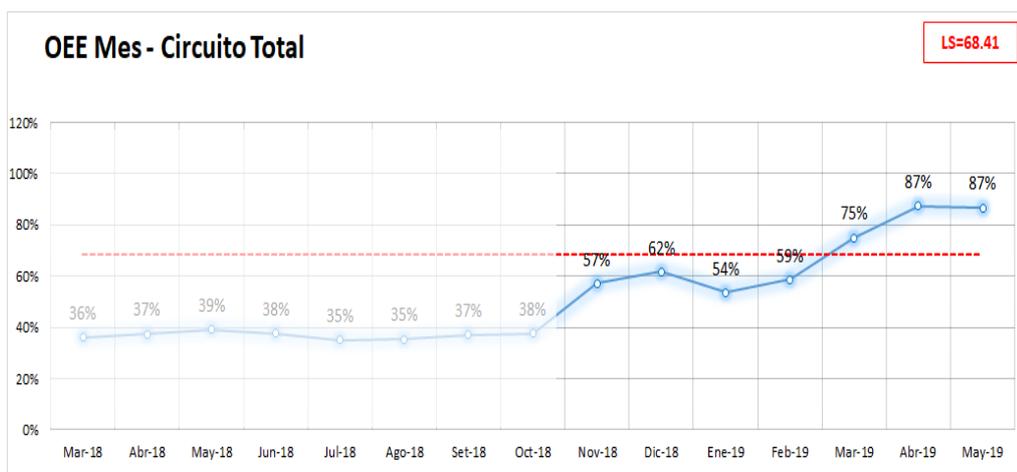


Figura 117. Mejoras OEE – Circuito Molienda Global, La figura muestra que se logró sobrepasar la meta de 68.41% en OEE, afectada principalmente por una mejora en disponibilidad, utilización y eficiencia. Fuente Elaboración propia.

Este OEE del circuito total, se deben básicamente al impacto global de la mejora en la Eficiencia, Disponibilidad y Utilización.

- **Disponibilidad Acumulado Mensual**

El Circuito Total logró sobrepasar la meta de 92.00% en Disponibilidad.

Actualmente se encuentra con una Disponibilidad acumulada mensual en el mes de mayo de 96.67%.

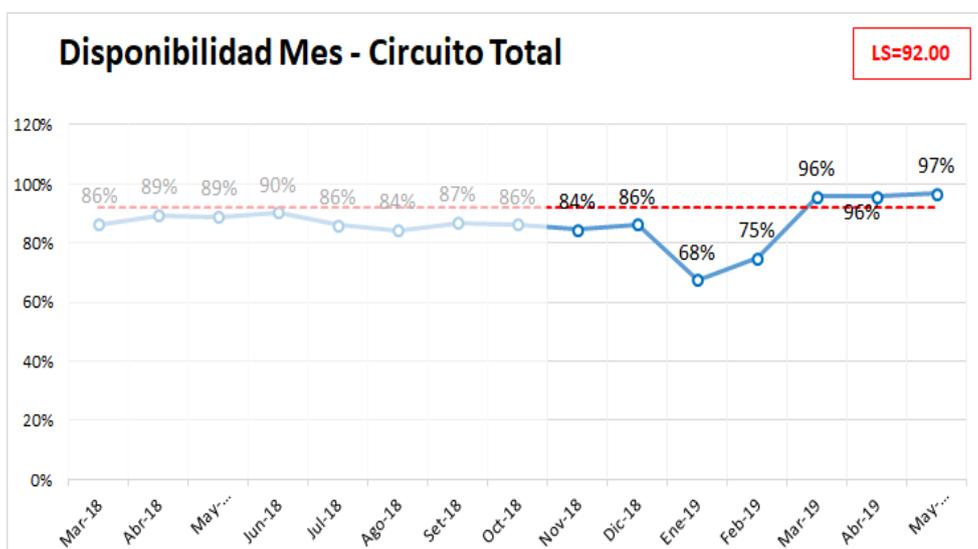


Figura 118. Disponibilidad circuito de molienda, La figura muestra que se logró sobrepasar la meta de 92.00% en Disponibilidad. Fuente: Elaboración propia.

- **Utilización Acumulado Mensual**

El Circuito Total logró sobrepasar la meta de 95.00% en Utilización.

Actualmente se encuentra con una Utilización acumulada mensual en el mes de mayo de 97.97%.

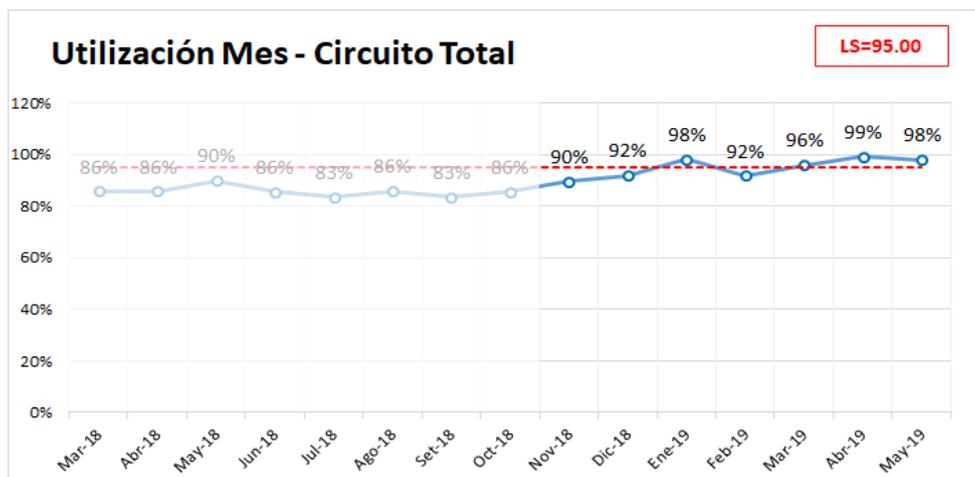


Figura 119. Utilización circuito de molienda - Circuito Total, La figura muestra que se logró sobrepasar la meta de 95.00% en Utilización. Fuente: Elaboración propia.

- **Eficiencia Acumulado Mensual**

El Circuito Total logró sobrepasar la meta de 78.27% en Eficiencia.

Actualmente se encuentra con una Eficiencia acumulada mensual en el mes de mayo de 91.43%.

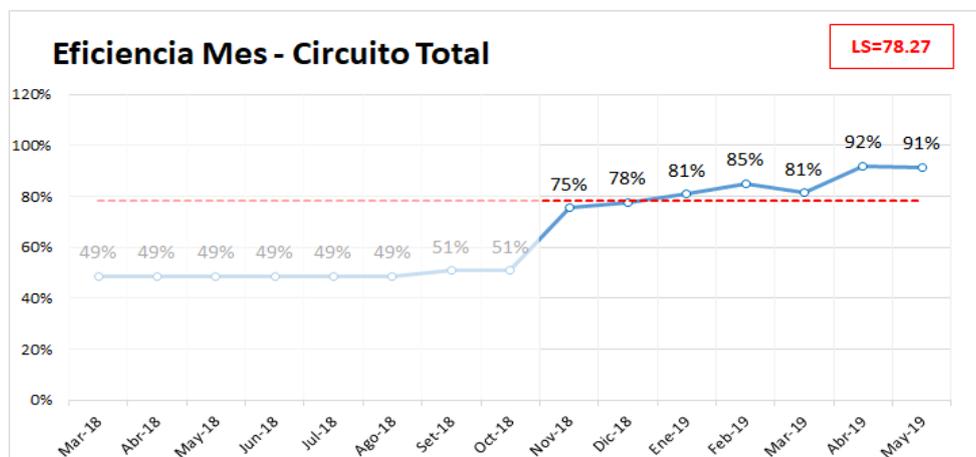


Figura 120. Eficiencia del circuito de molienda - Circuito Total, La figura muestra que se logró sobrepasar la meta de 78.27% en Eficiencia. Fuente: Elaboración propia.

- **Rendimiento**

De acuerdo a nuestro target del proyecto 262 t/h para las 5,500 t por día, actualmente nos encontramos por encima de ello, es decir en el mes de mayo presenta 306 t/h acumulado mensual.

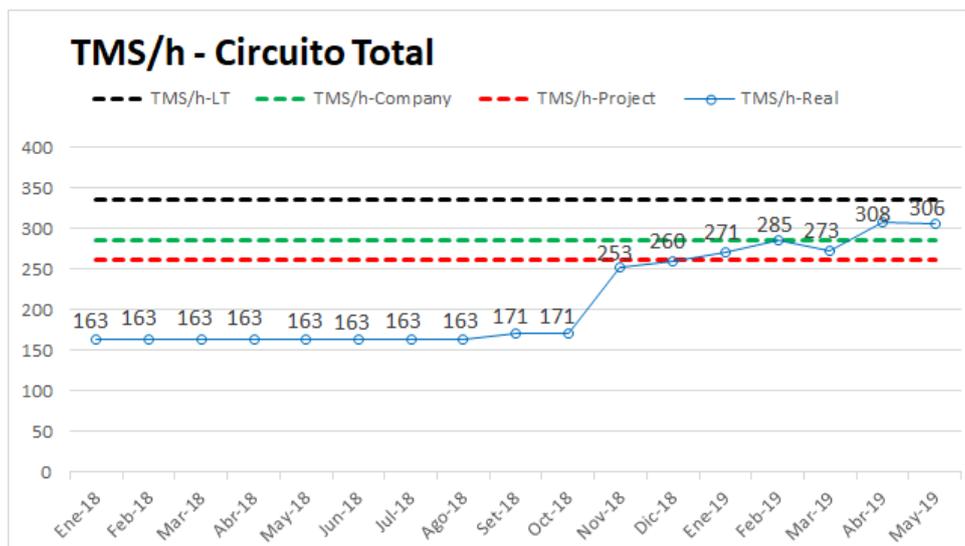


Figura 121. Rendimiento del circuito de molinera (tph), La figura muestra que se llega a la conclusión que de acuerdo a nuestro target del proyecto 262 t/h para las 500 t por día, actualmente nos encontramos por encima de ello. Fuente: Elaboración propia.

Se realizó un análisis de Estabilidad con los últimos 40 datos tomados del mes de diciembre y marzo, donde se evidencia que:

- Hay una mejora en el promedio del OEE (de 37.32% a 87.5%)
- La desviación estándar a corto plazo se redujo en 89.2%

Etapa	N	Media	Desv.Est. (Corto plazo)	Desv.Est. (Largo plazo)	Los límites de control usan Desv.Est.(corto plazo)
OEE TOT _1	40	0.37317	0.044266	0.037945	
OEE TOT _2	40	0.87500	0.0047732	0.010706	

Figura 122. Análisis de Estabilidad, La figura muestra al análisis de Estabilidad con los últimos 40 datos tomados del mes de diciembre y marzo. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la gráfica, los datos en ambos períodos se encuentran estables y presentan además una mejora de 50.18% en el OEE respecto a la condición antes de la etapa de mejora.

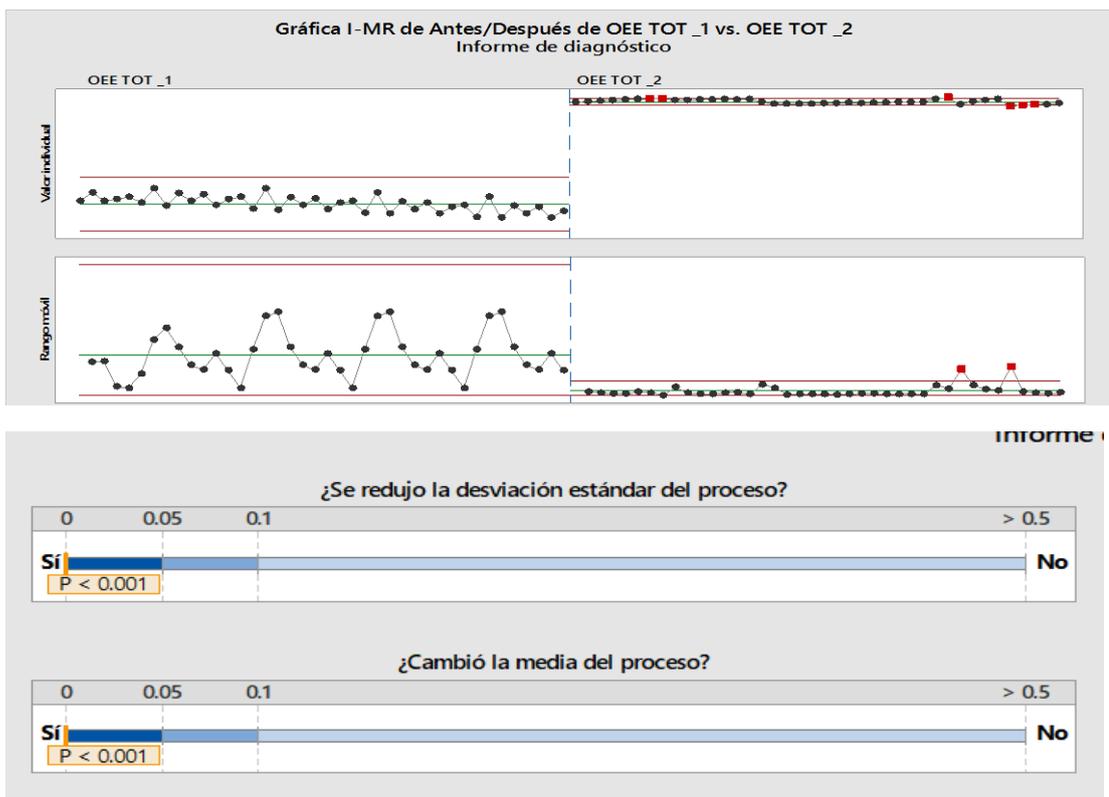


Figura 123. Gráfica IMR de estabilidad por etapas. La figura muestra que los datos en ambos períodos se encuentran estables y presentan además una mejora de 50.18% en el OEE. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 Comparación De Capacidades (antes y después de la mejora)

Se compararon los 40 últimos datos del mes de diciembre y marzo, mostrando lo siguiente:

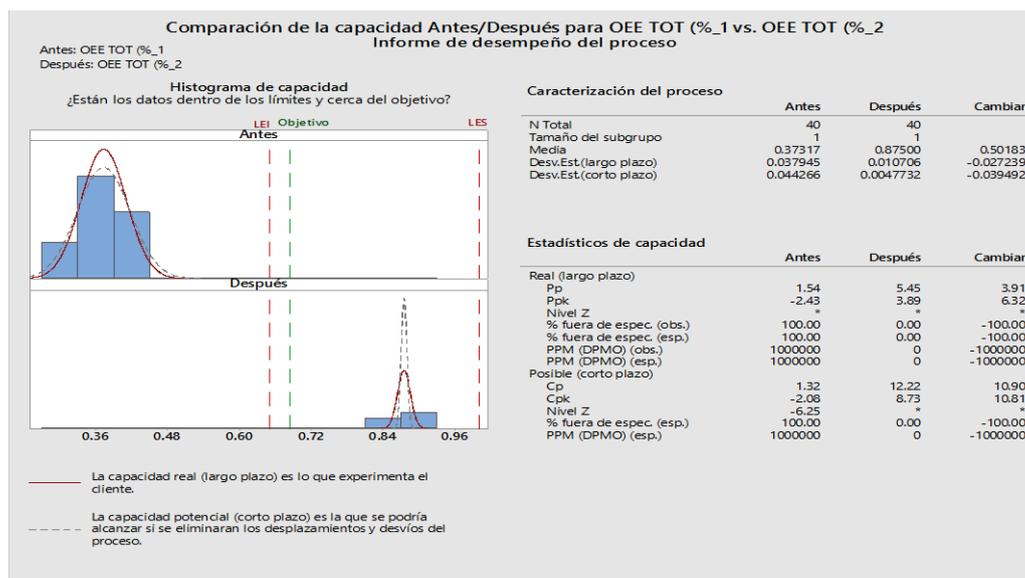


Figura 124. Comparación de capacidades después de la mejora. La figura muestra la comparación de los 40 últimos datos del mes de diciembre y marzo. Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje fuera de especificación se reduce en un 100% debido a que el OEE (%) se encuentra más cerca del objetivo formando una imagen más estrecha de acuerdo tal como se muestra en la gráfica.

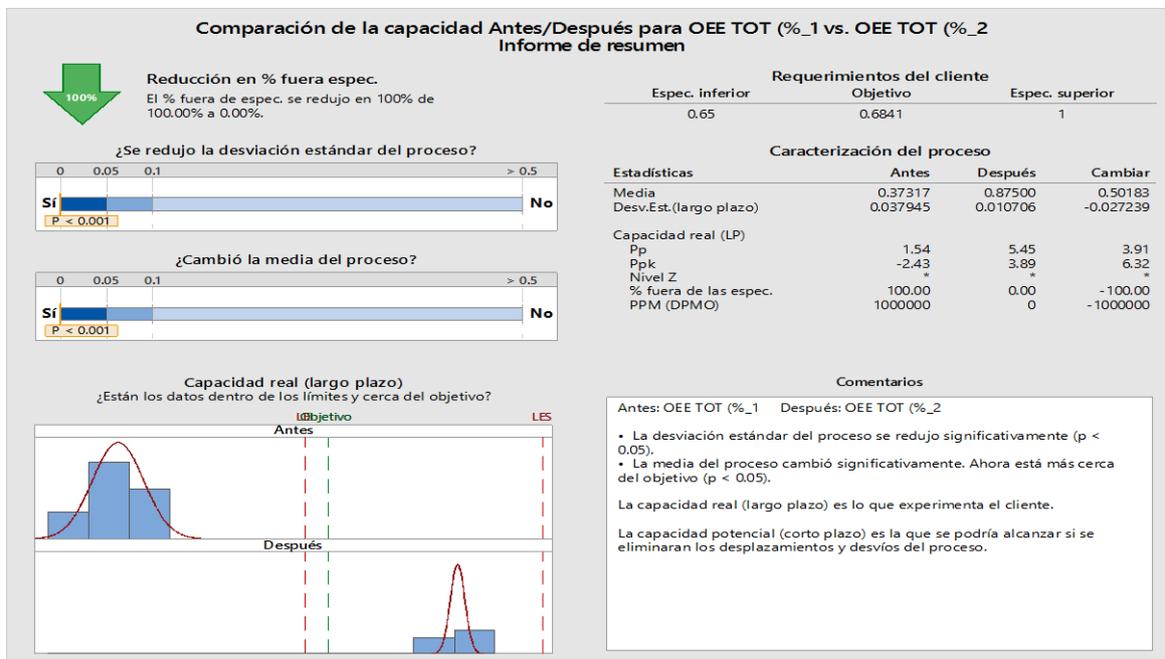


Figura 125. Capacidad de largo plazo (antes y después de la mejora), La figura muestra el porcentaje fuera de especificación que se reduce en un 100% debido al OEE. Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados, hemos logrado mejorar la capacidad del proceso con planes de acción que involucraron compromiso y esfuerzo del equipo más que grandes inversiones. Lograr un mejor performance requerirá posiblemente invertir en sistemas de automatización o cambio de equipos, los mismos que se evaluarán dependiendo de las estrategias de la Corporación para nuestra planta.

#### 4.4.3 Plan De Implementación

A fin de replicar las mejoras implementadas en el área de molienda se establece un plan de implementación de acciones inmediatas en las demás áreas para culminar a escala completa.

Tabla 19  
*Plan de Implementación.*

ACTIVIDADES	Responsable	Inicio	Fin
Entrenamiento de Procedimientos Operacionales de Area Molienda de Acuerdo a Plan.	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
Entrenamiento de Procedimientos mantenimiento de area Molienda de acuerdo a plan.	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
Elaboracion de Procedimientos Operacionales de los Procesos: Chancado, Flotacion, Espesamiento y Filtrado	Superintendente de Operaciones	01-jul	30-sep
Elaboracion y Control de Preuso Operacional en los Procesos: Chancado, Flotacion, Espesamiento y Filtrado	Superintendente de Operaciones	01-may	15-may
Elaboracion de Mapeo de Procesos de la Planta Paragsha/San Expedito	Procesos Mineros	15-abr	30-jun
Evaluacion de Automatizacion en SAP de Solicitud de Materiales Planificables (Logistica)	Superintendente de Logistica	15-may	15-jun
Implementacion de 1 Molino Adicional para incremento de Tonelaje Tratado en el area de Molienda	Gerente de Operaciones	15-abr	05-may

*La tabla 19 muestra las mejoras implementadas en el área de molienda Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4.4 Documentos y Procedimientos

Como consecuencia del análisis de las causas detectadas, se realizó la elaboración de Procedimientos Operacionales y de Mantenimiento para el área de molienda, basados en las actividades críticas del proceso.

Los procedimientos implementados son los siguientes y presentan el siguiente plan de difusión.

#### 4.4.5 Operaciones

A continuación, se presenta el plan de entrenamiento de Procedimientos Operacionales.

**Tabla 20**  
*Plan de Entrenamiento de Procedimientos - Operaciones Planta.*

Item	Area	Subproceso/Equipo	Actividad	Responsable	Fecha Inicio	Fecha fin
1	Operaciones	Molinos Primarios	Arranque del Sistema de Lubricacion de los Molinos Primarios Rod 2, 3 y 4	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
2	Operaciones	Molinos Primarios	Inspeccion continua del sistema de Lubricación de los Molinos Primarios Rodmill 2, 3 y 4, luego remolienda N° 4	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
3	Operaciones	Molinos Secundarios y Remolienda	Inspeccion Continua de Engrase a las Partes Moviles de los Molinos Secundarios y Remoliendas(1,2 y 3) asi como Bolas	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
4	Operaciones	Fajas	Inspeccion de Fajas Transportadoras N° L,M,N,H,I,J,F,E, G	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
5	Operaciones	Molinos Primarios	Adicion de Barras a los Molinos Primarios	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
6	Operaciones	Molinos Secundarios y Remolienda	Adicion de Bolas a los Molinos Secundarios y Remolienda	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
7	Operaciones	Bombas Horizontales	Arranque de Bombas Horizontales Principales y de Stand By	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
8	Operaciones	Bombas Verticales	Arranque de Bombas Verticales de Recuperacion del Piso de las Bombas Horizontales	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
9	Operaciones	Fajas	Limpieza de Polines de Carga, Avance e Impacto Trancados	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
10	Operaciones	Fajas	inspeccion de Poleas y Polines Deteriorados	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
11	Operaciones	Fajas	Inspeccion de Componentes del Sistema de Transmision de las Fajas	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
12	Operaciones	Sistema de Bombeo	Inspeccion e Identificacion de Desgaste de Tuberias de Bombeo	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
13	Operaciones	Ciclones	Inspeccion de Ciclones Interno y externo	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
14	Operaciones	Bombas Verticales y Horizontales	Prueba de Bombas Verticales y Horizontales con Agua	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
15	Operaciones	Bastidores	Limpieza de Carga Fina Acumulada en los Bastidores	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
16	Operaciones	Bombas Horizontales	Limpieza Continua de los Pisos de las Bombas Horizontales	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun

La figura 20 muestra el plan de entrenamiento de Procedimientos de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21  
*Plan de entrenamiento de Procedimientos de Mantenimiento.*

Item	Area	Subproceso/Equipo	Actividad	Responsable	Fecha Inicio	Fecha fin
1	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Armado y Cambio de Eje Piñon	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
2	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Trunnion Linner	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
3	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Casquillo de las Chumaceras Principales	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
4	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Armado y Cambio de Eje Piñon	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
5	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Casquillo de Las Chumaceras Principales	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
6	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Reparacion de Clutch	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
7	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Reten de la Chumacera Principal	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
8	Manto Mecanico	Bomba Ash 14*12'	Cambio de Bocina	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
9	Manto Mecanico	Bomba Ash 14*12'	Cambio de Brida	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
10	Manto Mecanico	Bomba Ash 14*12'	Cambio de Caja expulsora y Expeller	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
11	Manto Mecanico	Bomba Ash 14*12'	Cambio de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
12	Manto Mecanico	Bomba Denver 14*12'	Cambio de Forros Lado Gland, Succion e impulsor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
13	Manto Mecanico	Bomba Denver 14*12'	Cambio de Trocktbush	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
14	Manto Mecanico	Bomba Denver 14*12'	Cambio de Caja Expulsora y Expeller	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
15	Manto Mecanico	Bomba Denver 14*12'	Cambio de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
16	Manto Mecanico	Bomba Wifley 6K	Cambio de Impulsor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
17	Manto Mecanico	Bomba Wifley 6K	Cambio de Carcaza	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
18	Manto Mecanico	Bomba Wifley 6K	Cambio de Plato Seguidor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
19	Manto Mecanico	Bomba Wifley 6K	Cambio de valvula Check	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
20	Manto Mecanico	Bomba Wifley 6K	Cambio de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
21	Manto Mecanico	Bomba Wifley 6K	Reparacion de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
22	Manto Mecanico	Bomba Denver 14*12'	Cambio de Bocina	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
23	Manto Mecanico	Bomba Ash 14*12'	Ajuste de Prensa Estopa	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
24	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Clutch	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
25	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Trunnion Linner	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
26	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Reparacion de Tapa Trunnion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
27	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Flasheo y Cambio de Aceite del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
28	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Habilitacion y Puesta en Marcha Del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
29	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de la Bomba de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
30	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio del Reten de la Chumacera Principal	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
31	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Ajuste del Sello del Spout Feeder	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
32	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Sello de Alimentacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
33	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Ajuste de Tuercas del Cilindro	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
34	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Forros de Caucho	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
35	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Forros de caucho Total	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
36	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Acoplamiento	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
37	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Reparacion de Tapa Trunnion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
38	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Flasheo y Cambio de Aceite del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
39	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Habilitacion y Puesta en Marcha Del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
40	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Bomba de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
41	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Ajuste de Sello del Spout Feeder	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
42	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Sello de Alimentacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
43	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Ajuste de Tuercas del Cilindro	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
44	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Acoplamiento	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
45	Manto Mecanico	Bomba Denver 14*12'	Ajuste de Prensa Estopa	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
46	Manto Mecanico	Bomba Ash 14*12'	Cambio de Forros Lado Gland, Succion e Impulsor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
47	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambios de Forros de acero	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
48	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambios de Forros de acero Total	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun

La tabla 21 muestra el plan de entrenamiento de Procedimientos de Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.6 Plan De Entrenamiento

El plan de entrenamiento a nivel operacional se contempla en tres etapas:

- **Documentación:** En esta etapa se realizó la elaboración de procedimientos operacionales del área de molienda.

- **Entrenamiento:** Se proyecta el plan de difusión de procedimientos a los operadores en las fechas de mayo y junio.
- **Sostenibilidad:** Actualmente se cuenta con indicadores de OEE (%).

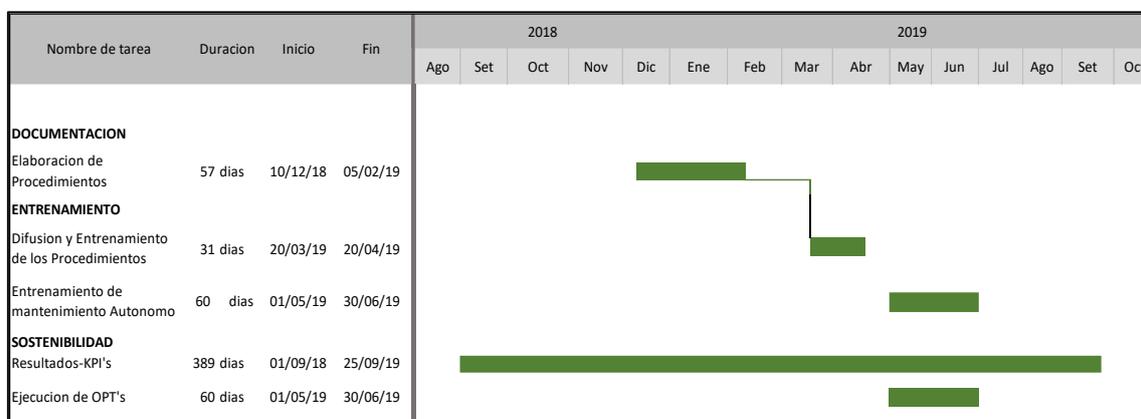


Figura 126. Gantt de plan de entrenamiento, muestra el plan de entrenamiento a nivel operacional el cual se contempla en tres etapas: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.7 Plan de Control

En el cuadro adjunto se muestran los indicadores X's e Y's identificados durante la etapa de análisis, los mismos que deben ser monitoreadas diariamente.

Tabla 22  
Indicadores a monitorear.

Variable	Tipo	Unidad	Como se Medira Procesos e Intrumentos	Cuando se Medira	Quien Medira	Como y Donde se Registrara
OEE	Y	%				
Disponibilidad	Y'	%	Calculo Matematico Hoja			
Utilizacion	Y'	%	Excel			
Eficiencia	Y'	%				
Horas de Falla del Sistema de Lubricacion	X <sub>1</sub>	h		Diario	Asistente de Mantto	Reporte de OEE
Horas de Falla de Rodamientos	X <sub>2</sub>	h				
Horas de Falla de Soltura de Pernos	X <sub>3</sub>	h	Calculo de Horas Hoja Excel			
Horas de Falla del Sistema Clutch	X <sub>4</sub>	h				
Horas de Falla de Cedazo	X <sub>5</sub>	h				

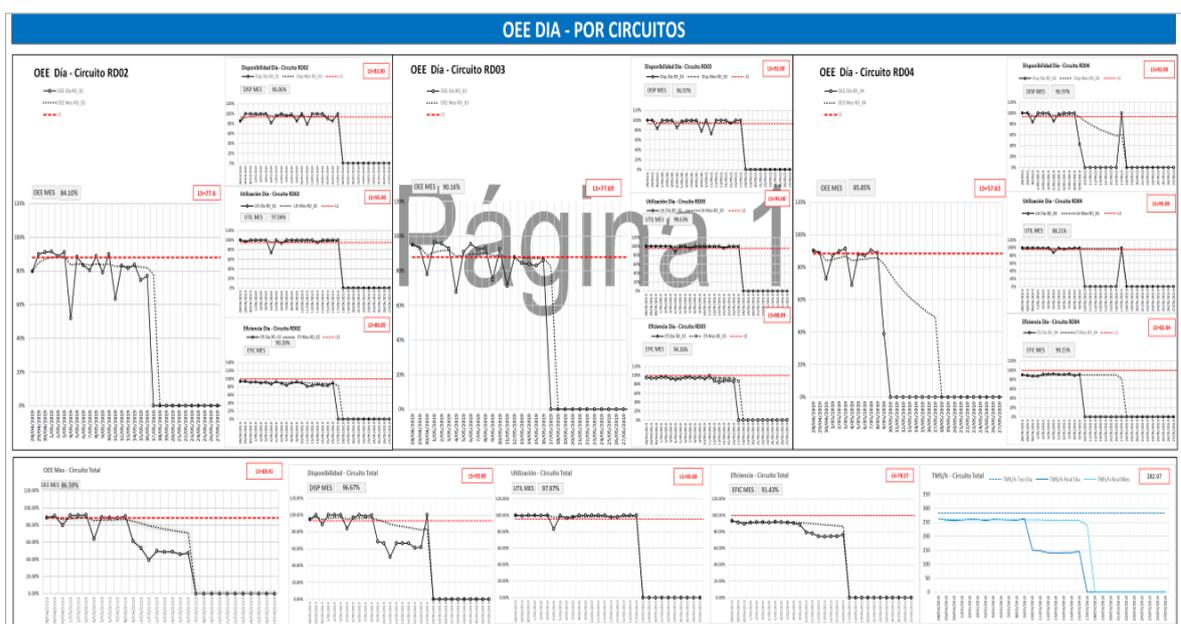
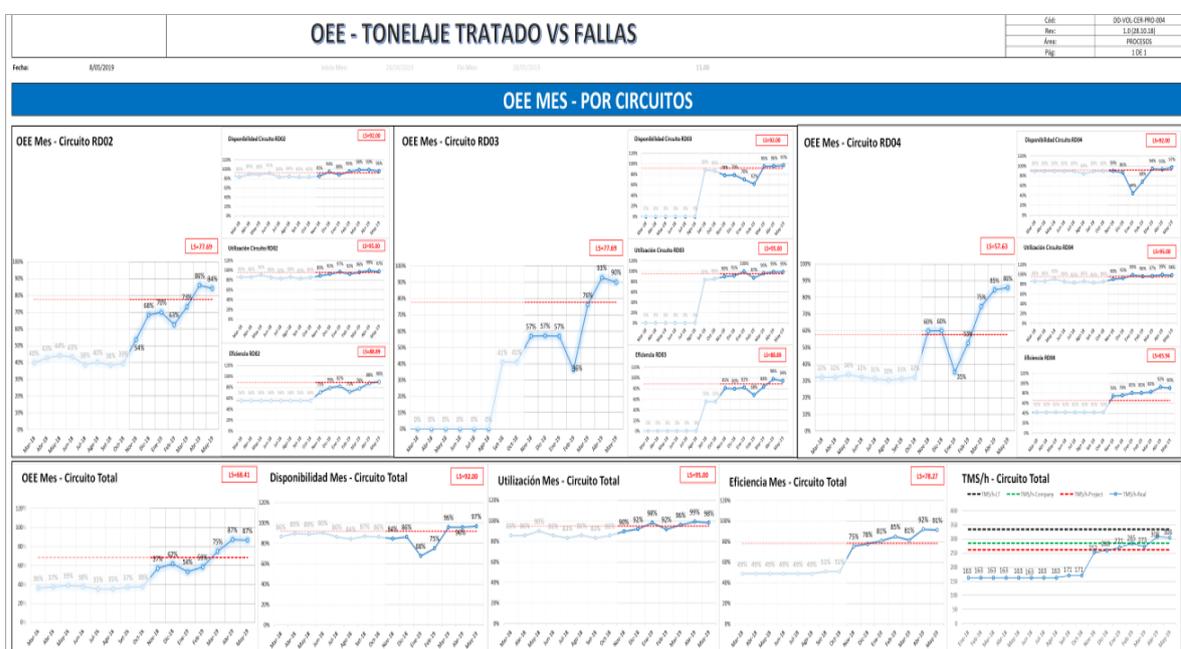
La tabla 22 muestra las actividades ejecutadas, donde; los indicadores X's e Y's identificados durante la etapa de análisis, los mismos que son monitoreadas diariamente. Fuente: Elaboración propia.

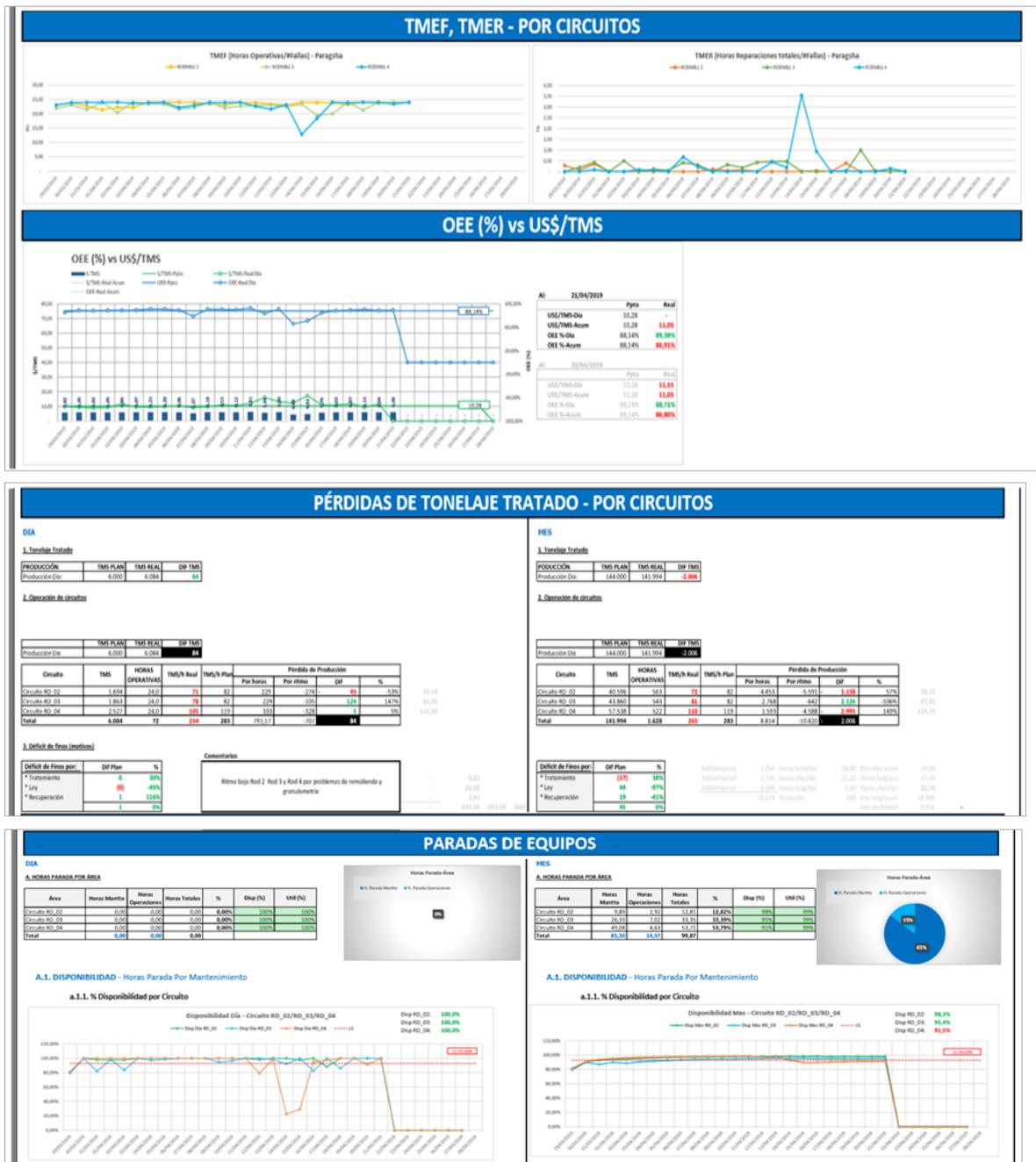
#### 4.4.8 Tablero De Control

Para el monitoreo de las variables X's / Y's se realizó un reporte consolidado en Excel con gráficos de tendencias, así mismo, están respaldados por el sistema SAP y reportes manuales.

Los principales indicadores:

- OEE (%) diario y mensual.
- Disponibilidad (%) diario y mensual.
- Utilización (%) diario y mensual.
- Eficiencia (%) diario y mensual.
- Tonelaje perdido (TMS) diario y mensual.
- Pareto de Fallas de Disponibilidad y Utilización (h)





#### 4.4.9 Oportunidades De Replicación

Se pretende replicar las acciones implementadas a las demás áreas de chancado, flotación, espesamiento y filtrado. Así mismo, se proyecta replicar el indicador OEE (%) en el área de molienda de la planta de Óxidos.

Tabla 23

*Oportunidad de replicar el proyecto de mejora.*

Oportunidad	Ubicaciones	Acciones Planificadas	Responsable	Plazo
Mejora de OEE (%)	Chancado/Flotacion/Espesamiento/ Filtrado-Cerro	Elaboracion de Procedimientos Operacionales de los Procesos:	Superintendente de Operaciones	30-sep
	Chancado/Flotacion/Espesamiento/ Filtrado-Cerro	Elaboracion de Mapeo de Procesos de la Planta	Superintendente de Operaciones	30-jun
	Chancado/Flotacion/Espesamiento/ Filtrado-Cerro	Elaboracion de Indicador OEE (%) en las Areas Restantes	Procesos Mineros	31-oct
	Molienda-Oxidos	Elaboracion de Indicador OEE (%) en el Area de Molienda	Procesos Mineros	31-ago
	Chancado/Flotacion/Espesamiento/ Filtrado-Cerro	Instalacion de Sensores y Alarma en Equipos a Evaluar de las	Superintendente de Mantenimiento	31-ago
	Chancado/Flotacion/Espesamiento/ Filtrado-Cerro	Instalacion de Horometros de Bombas de Areas Restantes	Superintendente de Mantenimiento	31-oct

La tabla 23 muestra las acciones implementadas a las demás áreas de chancado, flotación, espesamiento y filtrado.  
Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

Finalizado el Proyecto, el equipo de trabajo llega a las siguientes conclusiones, los cuales los menciono a continuación:

#### 5.1.1 Del Proyecto:

- El proyecto diseñado y efectuado para mejora de la eficiencia global de equipos fue fundamental para el incremento de tonelaje tratado de mineral en la planta de 3,039 tpd (165tph) hasta 5,500 tpd (262tph), ya que este incremento afecta directamente al objetivo de obtener una mayor contribución antes de inversión.
- La Eficiencia Global de Equipos del circuito Total acrecentó de manera significativa desde 37.80% (número calculado) hasta 86.59 %, excediendo la meta del proyecto (68.41%) y esta a su vez refleja por el aumento de las variables analizadas:
  - **Disponibilidad:** Aumento de 89.46% a 96.67%, sobrepasando la meta del proyecto (92.00%).
  - **Utilización:** Aumento de 85.79% a 97.97%, sobrepasando la meta del proyecto (95.00%).
  - **Eficiencia:** De 49.25% a 91.43%, sobrepasando la meta del proyecto (78.27%).
- La disponibilidad de las instalaciones es sin duda el principal indicador de mantenimiento, no obstante, es el indicador más manipulable, el que más posibilidades de resultados ofrece. Las mejoras se enfocaron en implementar y utilizar el preuso operativo de modo manual, usar equipos de medición,

reportabilidad correcta de la información, mantenimiento preventivo efectivo, y posteriormente la automatización de algunos indicadores clave.

- La utilización nos proporciona información sobre el buen uso del tiempo de los activos de la empresa, así mismo un alto valor de este indicador nos muestra que la máquina está siendo utilizada todo el tiempo disponible en labores de producción, por ello, concluimos que este indicador ha mejorado considerablemente gestionando eficientemente casi la totalidad de horas disponibles operativas que entrega mantenimiento, esto mediante el preuso operativo, uso de equipos de medición sean pirómetros, medidores de presión, vibración, etc., así mismo el reentrenamiento de procedimientos de los operadores en las labores del área de molienda.
- La eficiencia es el indicador que ha presentado considerable aumento, dado que se ha aumentado gradualmente los valores a fin de mantener los parámetros de proceso, llámese: granulometría, grado de liberación, etc., los cambios han sido realizados y coordinados entre las áreas estratégicas para poder subir el tonelaje por hora y así poder llegar a las 5,500 tpd, actualmente llegando a las 6,000 tpd.

### **5.1.2 De La Aplicación de Herramientas de Gestión:**

- Se logró aplicar los instrumentos de gestión al proyecto, empleando en cada etapa diferentes instrumentos para el procesamiento de datos, y herramientas estadísticas como el uso del software Minitab.

- La etapa de Medición del Proceso e Indicadores nos mostró que el proceso no era normal, tampoco idóneo en ninguno de los circuitos evaluados, dado que los datos históricos encontrados no eran confiables. Además, todos los circuitos presentaban una baja capacidad de procesamiento (cpk negativo).
  
- La metodología de Pareto nos permitió enfocarnos en el 20% de las causas que explicaban el 80% de los problemas de acuerdo al Diagrama, tanto para la disponibilidad como para la utilización, así mismo se realizó el plan de acción preciso para atacar de manera correctiva inicialmente y preventiva a mediano plazo las causas identificadas.
  
- El uso de los instrumentos de Gestión en unión con la estadística nos permitió detectar acciones rápidas en paralelo al mapeo de procesos con el equipo, así mismo su aplicación fue de modo inmediato.
  
- Se destaca el hecho que la metodología usada en el proyecto nos permitió ordenarnos en cuanto al manejo de la información y a mantener una secuencia ordenada en la implementación de los planes de acción, así mismo, nos ayudó a tener una mejor llegada al equipo de trabajo en planta.

### **5.1.3 De la Aplicación a futuro**

- Desde el mes de marzo de 2019 la Unidad Minera está procesando 6,000 tpd y el equipo ya se encuentra enfocado en identificar oportunidades de mejora mediante la medición y mapeo de procesos con la misma metodología aplicada para el

circuito de molienda con el objetivo de incrementar las toneladas tratadas a 7,500 tpd para el 2020.

## 5.1 Recomendaciones

Se presenta las recomendaciones según los criterios seleccionados:

- Correspondería diseñar un formato o medidas más específicas para realizar un seguimiento más íntegro de mantenimientos preventivos y predictivos para evitar que nuevas variables infieran en el proceso, los cuales traen grandes desviaciones e inversiones en la producción.
- Al desarrollo del proyecto se observó la falta de compromiso por parte de los colaboradores, por ello se impulsó la concientización por jefaturas.
- Se deben tener Planes de contingencia para cambios de producción, metas objetivos a nivel Corporativo que podrían inferir grandemente en la planificación del proyecto, para ellos se debe considerar todos los posibles escenarios que como elaboradores del plan se tenga a la mano, y no se realicen a ciegas cambios significativos para llevar adelante el proyecto.

## REFERENCIAS

*Olaya C. (2011) “Aumento de la Productividad en el Proceso de Molienda de Colpisa S.A”. Medellín: Universidad Eafit Escuela de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Producción*

*Gutierrez H. (2009) “Control Estadístico de calidad y Seis Sigma McGraw-Hill”, Edición 2*

*Prokopenko J. (1999) “La Gestión de la Productividad - Manual Práctico”, Edición Limusa*

*Bustamante A. (2017) “Optimización del Proceso de Molienda en la Planta 2 de Minera Saucito”. México: Instituto politécnico nacional – Escuela superior de Ingeniería Química e industrias Extractivas.*

*Velez, O. (2010). “Información general del proceso de molienda”. Medellín: Colpisa S.A.*

*Ceramic, Z. (2010). Milling media solutions, (p. 30). (s.f.). Recuperado el 10 de 5 de 2011, de sitio Web de Grupo Lleal:*

*[http://www.lleal.com/producto\\_interior.php?id=&lab=1&tipus=proces&id\\_prod=](http://www.lleal.com/producto_interior.php?id=&lab=1&tipus=proces&id_prod=)*

*103*

(s.f.). Recuperado el 13 de 5 de 2011, de sitio Web de Columbian Chemicals:

[http://www.columbianchemicals.com/Portals/0/Products/Literature/Spanish/paint  
sp.pdf](http://www.columbianchemicals.com/Portals/0/Products/Literature/Spanish/paintsp.pdf)

(s.f.). Recuperado el 10 de 5 de 2011, de sitio Web de Eirich The Pioneer in

Material Processing: <http://www.eirich-molaris.es/es/tower-mill>

(s.f.). Recuperado el 13 de 5 de 2011, de sitio Web de Tecnologías limpias:

[http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/352101/352101\\_ee.htm](http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/352101/352101_ee.htm)

(s.f.). Recuperado el 13 de 5 de 2011, de sitio Web de Alipso:

<http://www.alipso.com/monografias/molienda/>

(s.f.). Recuperado el 15 de 5 de 2011, de sitio Web de Patentes online:

<http://www.patentesonline.com.mx/molino-de-rodillos-37335.html>

(s.f.). Recuperado el 15 de 5 de 2011, de sitio Web de Solos Stocks:

[http://www.solostocks.com.mx/venta-productos/instrumentos-medicionanalisis/  
instrumentos-medicion/grindometro-de-molienda-pintura-tinta-225023](http://www.solostocks.com.mx/venta-productos/instrumentos-medicionanalisis/instrumentos-medicion/grindometro-de-molienda-pintura-tinta-225023)

(s.f.). *Recuperado el 10 de 5 de 2011, de sitio Web de Ebroacero:*

[www.ebroacero.com/plantas\\_cemento.aspx](http://www.ebroacero.com/plantas_cemento.aspx)

(s.f.). *Recuperado el 15 de 5 de 2011, de sitio web de NETZSCH:*

[www.netzschgrinding.com/es](http://www.netzschgrinding.com/es)

(s.f.). *Recuperado el 12 de 6 de 2011, de sito web de cerawikia:*

[ceramica.wikia.com/wiki/Molino\\_de\\_bolas](http://ceramica.wikia.com/wiki/Molino_de_bolas)

Harbs, E. T. (2009). *“Tecnologia de molinos de esferas”*. Sao Pablo: *NETZSCH DO BRASIL*.

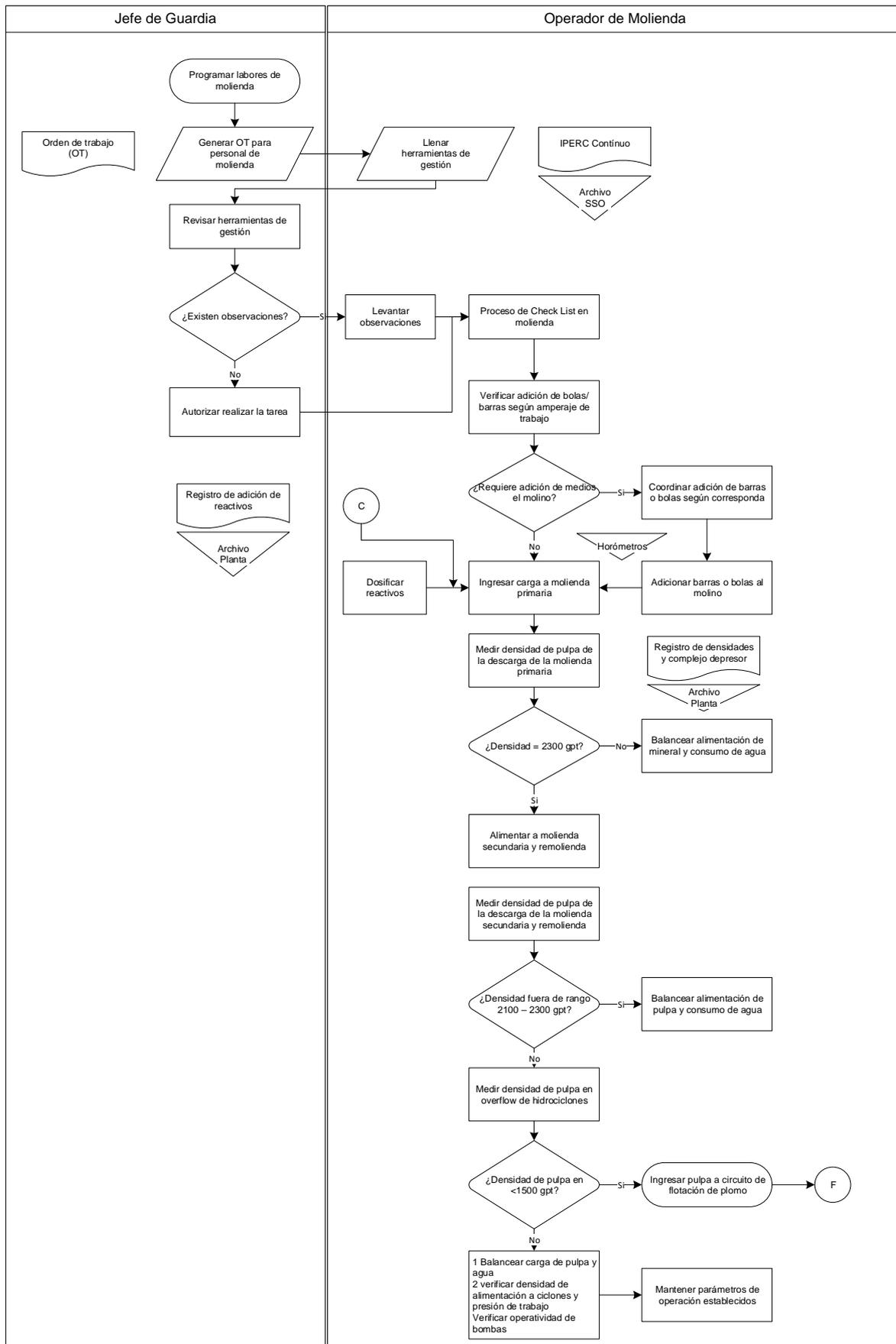
Runger, M. (2002). *“Probabilidad y Estadística”*, Limusa.

## ANEXOS

### Anexo N° 1. Diagrama SIPOC

Proveedor	Entrada	Proceso	Salida	Cliente	
Fajas móviles	Mineral	Molienda Primaria	Pulpa de molienda primaria	Circuito de Clasificación Primaria (Hidrociclón D15)	
Poza de agua de Procesos	Rendimiento (tph)	(RodMill 2, 3 y 4)	Rendimiento (tph)		
Transformador	Tamaño de partícula (P80)		Densidad (% sólidos)		
	Dureza		Tamaño de partícula (P80)		
	Suministro de Agua (m <sup>3</sup> /h)		Índice de Trabajo - BWI (KWh/t)		
	Consumo de energía (MW)		Consumo de insumos (Kg)		
Circuito de Molienda Primaria (RodMill)	Pulpa de molienda	Clasificación Primaria	Overflow Clasificación Primaria	Clasificación Secundaria (Nido de Hidrociclones Krebeck)	
	Rendimiento (tph)	(Hidrociclón D15)	Throughput (tph)		
	Densidad (% sólidos)		Densidad (% Sólidos)		
Circuito de Molienda Secundaria (BallMill)	Tamaño de partícula (P80)		Tamaño de partícula P80 (µm)	Circuito de Flotación Flash de Pb	
	Pulpa de Molienda		Underflow Clasificación Primaria		
	Throughput (tph)		Throughput (tph)		
	Densidad (% Sólidos)		Densidad (% Sólidos)		
	Tamaño de partícula P80		Tamaño de partícula P80 (µm)		
Circuito de Clasificación (Hidrociclón D15)	Presión de operación (PSI)			Espesador de concentrado de Plomo	
	Flujo de alimentación				
	Underflow Clasificación Pri	Flotación Flash de Pb	Concentrado de Pb de Clasificación		Circuito de Molienda Secundaria (BallMill)
	Throughput (tph)	(Celdas Flash SK-240 y SK-80)	Throughput (tph)		
	Densidad (% Sólidos)		Densidad (% Sólidos)		
Tamaño de partícula P80		Tamaño de partícula P80 (µm)			
Circuito de Flotación Flash de Pb (Celdas Flash SK-240 y SK-80)	Colector Primario -		Relave de Circuito de Flotación Flash	Clasificación Primaria (Hidrociclón D15)	
	Colector Secundario -		Throughput (tph)		
	Espumante - MIBC		Densidad (% Sólidos)		
			Tamaño de partícula P80 (µm)		
	Relave de Circuito de	Molienda Secundaria	Pulpa de molienda secundaria		Clasificación Primaria (Hidrociclón D15)
Throughput (tph)	(BallMill)	Throughput (tph)			
Densidad (% Sólidos)		Densidad (% Sólidos)			
Tamaño de partícula P80		Tamaño de partícula P80 (µm)			
Suministro de agua (m <sup>3</sup> /h)		Consumo de bolas (Kg/t)			
Circuito de Clasificación (Hidrociclón D15)	Consumo de energía (MW)		Scraps (Kg)	Circuito de Flotación de Plomo	
	Adición de bolas de acero				
	Overflow Clasificación	Clasificación Secundaria	Overflow Clasificación Secundaria		Circuito de Remolienda (BallMill)
	Throughput (tph)	(Nido de Hidrociclones D15)	Throughput (tph)		
	Densidad (% Sólidos)		Densidad (% Sólidos)		
Tamaño de partícula P80		Tamaño de partícula P80 (µm)			
Circuito de Flotación Flash de Pb (Celdas Flash SK-240 y SK-80)	Throughput (tph)		Throughput (tph)	Circuito de Clasificación Secundaria (Nido de Hidrociclones D15)	
	Densidad (% Sólidos)		Densidad (% Sólidos)		
	Tamaño de partícula P80		Tamaño de partícula P80 (µm)		
	Presión de operación (PSI)				
	Flujo de alimentación				
Circuito de Clasificación (Nido de Hidrociclones)	Underflow Clasificación	Remolienda Para Flotación de Pb	Pulpa de Circuito de Remolienda	Circuito de Clasificación Secundaria (Nido de Hidrociclones D15)	
	Throughput (tph)		Throughput (tph)		
	Densidad (% Sólidos)		Densidad (% Sólidos)		
	Tamaño de partícula P80		Tamaño de partícula P80 (µm)		
	Consumo de energía (MW)		Consumo de bolas (Kg/t)		
Adición de bolas de acero		Scraps (Kg)			

## Anexo N° 2. Diagrama de Proceso del área Molienda



### Anexo N° 3. Análisis AMFE

Función	Modo potencial de Falla	Efecto Potencial de Falla	Severidad	Causa Potencial	Ocurrencia	Controles Actuales Prevención	Controles Actuales Detección	Detección	Acciones Recomendadas
Sistema de transmisión del molino	Vibración y alta temperatura	Parada de molino	10	Falla de rodamientos	5	Incluido en programa de mantenimiento	Inspección visual diaria	10	Implementación de sensor de temperatura y presión
		Parada de molino	10	Desalineamiento eje de motor y piñón	2	Incluido en programa de mantenimiento	Inspección visual diaria	10	Implementación de sensor de temperatura y presión
	Alta temperatura en Trunnion	Parada de molino	10	No existe monitoreo de temperatura	8	Sin control	Inspección visual diaria	10	Instalación de HMI
Estructura de molino	Fuga de carga	Parada de molino	10	Falta de aceite entre Trunnion y casquillo	6	Sin control	Sin control	10	Instalación de HMI
		Parada de molino	10	Des aflojamiento de pernos de chaquetas	7	Sin control	Inspección visual diaria	5	Formato de inspección de pre- uso
Sistema de alimentación al molino	Atoro de cajón de alimentación	Parada de molino	10	Obstrucción de spoutfeeder por carga	4	Incluido en programa de mantenimiento	Inspección visual diaria	8	Instalación de sensor de atoro
		Parada de molino	10	Exceso de carga en cajón de alimentación	4	Incluido en programa de mantenimiento	Inspección visual diaria	8	Instalación de sensor de atoro
Sistema de embrague del molino (clutch)	Deficiencia de componentes internos	Parada de molino	10	Falta de blader	2	Sin control	Inspección visual diaria	7	Cambio a transmisión directa
		Parada de molino	10	Falta de zapatas	2	Sin control	Inspección visual diaria	7	Cambio a transmisión directa
Sistema de arranque del molino	Parada intempestiva del molino	Parada de molino	10	Falla de arrancador	8	Sin control	Sin control	10	Cambio de componentes obsoletos
		Parada de molino	10	Falla de componentes de control de motor eléctrico	8	Sin control	Sin control	10	Cambio de componentes obsoletos
Motor de bombas	Alta temperatura	Bomba F/O	5	Sobrecarga de amperaje de motor	3		Detección por relé	1	Cambio de componentes obsoletos
	Vibración	Bomba F/O	5	Falla de rodamientos	10	Deficiente mantenimiento	Sin control	10	Instalación del sistema de lubricación automático
	Paradas intempestiva	Bomba F/O	5	Falla de arrancador	2		Detección por relé	1	Cambio de componentes obsoletos
Sistema de transmisión	Vibración y alta	Bomba F/O	5	Falla de cilindro portarodamiento	10	Sin control	Sin control	10	Habilitación de sensores de temperatura y vibración
Unidad de bombeo	Cero flujo de carga	Bomba F/O	5	Rotura de pernos	8	Sin control	Sin control	10	Procedimiento de arranque de equipos por parte de
		Bomba F/O	5	Desgaste de componentes internos	5	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Mejorar mantenimiento preventivo
Acoplamiento de bomba	Alta temperatura	Bomba F/O	5	Desgaste de canal de polea (polea y motor)	9	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Cambio total de poleas
Tubería de succión de	Fuga de carga	Bomba F/O	5	Desgaste de tubería de succión	9	Sin control	Inspección visual diaria	3	Habilitación de niples con revestimiento de caucho
Estructura de cajón de alimentación de bomba	Fuga de carga	Parada de molino	10	Desgaste de plancha	1	Sin control	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
Estructura de soporte de hidrociclón	Ingreso de aceros por	Parada de sistema de	5	Malla perforada	2	Bomba de stand by	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
		Falla en sistema de clasificación	Afecta granulometría	10	Presión inadecuada de sistema de bombeo	1	Manómetros	Manómetros	1
Válvula de alimentación a hidrociclone	Fuga de carga	Afecta granulometría	10	Desgaste de APEX	1	Sin control	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
		Parada de molino	10	Desgaste de manga	2	Sin control	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
Recubrimiento de	Fuga de carga	Parada de molino	10	Desgaste de tina	2	Sin control	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
		Afecta granulometría	10	Desgaste de niple	2	Sin control	Inspección visual diaria	3	Compra de niples con revestimiento de caucho
Estructura de fajas transportadoras principales	Fuga de carga en fajas transportadoras	Parada de molino	10	Desgaste de fajas transportadoras	4	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
		Parada de molino	10	Desgaste de caucho de porta guardilla	4	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
Sistema de transmisión de fajas principales	Deficiencia de componentes internos	Parada de molino	10	Desgaste en piñones	4	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
		Parada de molino	10	Desgaste en polines	4	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
		Parada de molino	10	Desgaste de plancha de chute de	2	Deficiente mantenimiento	Inspección visual diaria	3	Implementación de ckecklist para prepuso
Cedazo N1	Atoro en cedazo de	Parada de molinos	10	Mineral húmedo, temporada de lluvia	8	Sin control	Inspección visual diaria	10	Implementar limpieza de chancado al cerrar el turno
Circuitos de remolienda	Parada de remolienda	Parada de molinos	10	El Rodmill 3 y Rodmill 4 tienen una sola	10	Sin control	Sin control	9	Independizar cada Rodmill con una remolienda.

### Anexo N° 4. Matriz Causa - Efecto

Nivel de Importancia para el Cliente(1- 3 -5)		3	3	5	5	5	5	3	5	5	5	3	
Variable de Salida Clave		P80 (µm) producto	% Sólidos producto	Valores (tph)	Disponibilidad	Utilización	Concentrado de Pb	Relave Celda Flash	Eficiencia Hidrociclón	Consumo de Energía	Flotación de Pb	Consumo de Medios	Total
Como característica crítica del producto a lo largo del proceso en orden de importancia													
Paso del Proceso	Variables de Entrada Clave (KPIVs)												
<b>Molienda Primaria</b>	Alimentación de mineral	7	3	7	7	7	7	5	0	7	7	7	276
	Tamaño de partícula P80 (pulg)	7	3	7	0	0	7	5	7	7	7	7	241
	Dureza del mineral	7	3	7	0	0	7	5	1	7	0	7	176
	Suministro de agua	3	5	5	0	0	5	5	5	0	0	5	129
	Suministro de energía	0	0	7	7	7	7	5	0	7	7	0	225
	Medio de molienda	7	7	7	0	0	7	5	7	5	0	0	187
	Operatividad del molino	0	0	7	7	7	7	7	0	7	7	3	240
<b>Clasificación Primaria</b>	Alimentación molienda primaria	0	0	7	0	0	7	7	7	0	0	0	126
	Alimentación molienda secundaria	0	0	7	0	0	7	7	7	0	0	0	126
	Tamaño de partícula P80 (µm)	7	5	7	0	0	7	7	7	0	0	0	162
	% Sólidos alimentación	5	5	5	0	7	5	5	7	0	0	0	165
	Presión de alimentación (PSI)	7	5	7	0	5	5	5	7	0	0	0	171
	Sistema de bombeo	7	5	7	7	7	5	5	7	3	0	0	231
<b>Flotación Flash de Pb</b>	Alimentación underflow clasificación primaria	5	0	7	0	0	7	7	0	0	0	3	115
	Tamaño de partícula P80 (µm)	7	5	7	0	0	7	7	0	0	0	0	127
	% Sólidos alimentación	0	5	5	0	5	7	7	0	0	0	0	121
	Adición de reactivos	7	3	5	0	0	7	7	0	0	0	0	111
<b>Molienda Secundaria</b>	Alimentación de relave celda Flash	5	3	5	5	5	0	0	0	5	5	5	164
	Tamaño de partícula P80 (µm)	7	5	5	0	0	0	0	7	7	7	7	187
	Dureza del mineral	7	3	7	0	0	7	5	1	7	0	7	176
	Suministro de agua	3	5	3	0	0	0	0	5	0	3	3	88
	Suministro de energía	0	0	5	5	5	0	0	0	5	5	0	125
	Medio de molienda	5	3	5	3	3	0	0	5	5	5	5	169
	Operatividad del molino	0	0	5	7	7	0	0	0	7	7	3	174
<b>Clasificación Secundaria</b>	Alimentación overflow clasificación primaria	0	0	7	0	0	0	0	7	0	7	0	105
	Alimentación circuito de remolienda	0	0	7	0	0	0	0	7	0	7	0	105
	Tamaño de partícula P80 (µm)	7	5	7	0	0	0	0	7	0	7	0	141
	% Sólidos alimentación	5	5	5	0	7	0	0	7	0	7	0	160
	Presión de alimentación (PSI)	7	5	7	0	5	0	0	7	0	7	0	166
	Sistema de bombeo	7	5	7	7	7	0	0	7	3	7	0	226
<b>Remolienda</b>	Alimentación underflow clasificación secundaria	5	3	5	5	5	0	0	0	5	5	5	164
	Tamaño de partícula P80 (µm)	7	5	7	0	0	0	0	7	7	7	7	197
	Dureza del mineral	7	3	7	0	0	0	0	1	7	0	7	126
	Suministro de agua	3	5	3	0	0	0	0	5	0	5	5	104
	Suministro de energía	0	0	5	5	5	0	0	0	5	5	0	125
	Medio de molienda	5	3	5	3	3	0	0	5	5	5	5	169
	Operatividad del molino	0	0	7	7	7	0	0	0	5	7	3	174
		<b>468</b>	<b>336</b>	<b>1125</b>	<b>375</b>	<b>520</b>	<b>590</b>	<b>318</b>	<b>700</b>	<b>580</b>	<b>680</b>	<b>282</b>	
<b>Calificación</b>													
0	No afecta												
1	Afecta poco												
3	Afecta regular												
5	Afecta												
7	Impacta												

### Anexo N° 5. Procedimientos - Mantenimiento

Item	Area	Subproceso/Equipo	Actividad	Responsable	Fecha Inicio	Fecha fin
1	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Armado y Cambio de Eje Piñon	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
2	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Trunnion Linner	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
3	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Casquillo de las Chumaceras Principales	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
4	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Armado y Cambio de Eje Piñon	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
5	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Casquillo de Las Chumaceras Principales	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
6	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Reparacion de Clutch	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
7	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Reten de la Chumacera Principal	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
8	Manto Mecanico	Bomba Ash 14'*12'	Cambio de Bocina	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
9	Manto Mecanico	Bomba Ash 14'*12'	Cambio de Brida	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
10	Manto Mecanico	Bomba Ash 14'*12'	Cambio de Caja expulsora y Expeller	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
11	Manto Mecanico	Bomba Ash 14'*12'	Cambio de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
12	Manto Mecanico	Bomba Denver 14'*12'	Cambio de Forros Lado Gland, Succion e impulsor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
13	Manto Mecanico	Bomba Denver 14'*12'	Cambio de Trocktbush	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
14	Manto Mecanico	Bomba Denver 14'*12'	Cambio de Caja Expulsora y Expeller	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
15	Manto Mecanico	Bomba Denver 14'*12'	Cambio de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
16	Manto Mecanico	Bomba Wilfley 6K	Cambio de Impulsor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
17	Manto Mecanico	Bomba Wilfley 6K	Cambio de Carcaza	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
18	Manto Mecanico	Bomba Wilfley 6K	Cambio de Plato Seguidor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
19	Manto Mecanico	Bomba Wilfley 6K	Cambio de valvula Check	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
20	Manto Mecanico	Bomba Wilfley 6K	Cambio de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
21	Manto Mecanico	Bomba Wilfley 6K	Reparacion de Cilindro Portarrodamientos	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
22	Manto Mecanico	Bomba Denver 14'*12'	Cambio de Bocina	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
23	Manto Mecanico	Bomba Ash 14'*12'	Ajuste de Prensa Estopa	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
24	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Clutch	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
25	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Trunnion Linner	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
26	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Reaparacion de Tapa Trunnion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
27	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Flasheo y Cambio de Aceite del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
28	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Habilitacion y Puesta en Marcha Del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
29	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de la Bomba de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
30	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio del Reten de la Chumacera Principal	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
31	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Ajuste del Sello del Spout Feeder	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
32	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Sello de Alimentacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
33	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Ajuste de Tuercas del Cilindro	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
34	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Forros de Caucho	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
35	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Forros de caucho Total	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
36	Manto Mecanico	Molino de Bolas	Cambio de Acoplamiento	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
37	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Reparacion de Tapa Trunnion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
38	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Flasheo y Cambio de Aceite del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
39	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Habilitacion y Puesta en Marcha Del Sistema de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
40	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Bomba de Lubricacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
41	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Ajuste de Sello del Spout Feeder	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
42	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Sello de Alimentacion	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
43	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Ajuste de Tuercas del Cilindro	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
44	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambio de Acoplamiento	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
45	Manto Mecanico	Bomba Denver 14'*12'	Ajuste de Prensa Estopa	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
46	Manto Mecanico	Bomba Ash 14'*12'	Cambio de Forros Lado Gland, Succion e Impulsor	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
47	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambios de Forros de acero	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun
48	Manto Mecanico	Molinos De Barras	Cambios de Forros de acero Total	Superintendente de Mantenimiento	15-may	15-jun

### Anexo N° 6. Procedimientos - Operaciones

Item	Area	Subproceso/Equipo	Actividad	Responsable	Fecha Inicio	Fecha fin
1	Operaciones	Molinos Primarios	Arranque del Sistema de Lubricacion de los Molinos Primarios Rod 2, 3 y 4	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
2	Operaciones	Molinos Primarios	Inspeccion continua del sistema de Lubricacion de los Molinos Primarios Rodmill 2, 3 y 4, luego remolienda N°4	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
3	Operaciones	Molinos Secundarios y Remolienda	Inspeccion Continua de Engrase a las Partes Moviles de los Molinos Secundarios y Remoliendas(1,2 y 3) asi como Bolas N° 3, 5 y 9	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
4	Operaciones	Fajas	Inspeccion de Fajas Transportadoras N° L,M,N,H,I,J,F,E, G	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
5	Operaciones	Molinos Primarios	Adicion de Barras a los Molinos Primarios	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
6	Operaciones	Molinos Secundarios y Remolienda	Adicion de Bolas a los Molinos Secundarios y Remolienda	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
7	Operaciones	Bombas Horizontales	Arranque de Bombas Horizontales Principales y de Stand By	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
8	Operaciones	Bombas Verticales	Arranque de Bombas Verticales de Recuperacion del Piso de las Bombas Horizontales	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
9	Operaciones	Fajas	Limpieza de Polines de Carga, Avance e Impacto Trancados	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
10	Operaciones	Fajas	inspeccion de Poleas y Polines Deteriorados	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
11	Operaciones	Fajas	Inspeccion de Componentes del Sistema de Transmision de las Fajas	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
12	Operaciones	Sistema de Bombeo	Inspeccion e Identificacion de Desgaste de Tuberias de Bombeo	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
13	Operaciones	Ciclones	Inspeccion de Ciclones Interno y externo	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
14	Operaciones	Bombas Verticales y Horizontales	Prueba de Bombas Verticales y Horizontales con Agua	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
15	Operaciones	Bastidores	Limpieza de Carga Fina Acumulada en los Bastidores	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun
16	Operaciones	Bombas Horizontales	Limpieza Continua de los Pisos de las Bombas Horizontales	Superintendente de Operaciones	15-may	15-jun

Anexo N° 7. Flow Sheet Planta

