



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

TESIS

**“COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS EQUIPOS DE
CARGUÍO MODELO CAT 390 POR EL MODELO CAT 385 PARA
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE OPERACIONES
MINA TANTAHUATAY”**

PRESENTADA POR EL BACHILLER

DÍAZ SÁNCHEZ, RONALD

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

CAJAMARCA – PERÚ

Marzo, 2016

DEDICATORIA

A mis padres *José de la Cruz Díaz Ruiz-Zenaida Sánchez Díaz* y hermanos, de manera especial a Dios por ser fuente de inspiración durante el desarrollo de este trabajo.

Ronald

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y docentes de la Universidad Alas Peruanas, y en particular a los docentes de la Escuela de Ingeniería de Minas, quienes fueron los pilares y soportes de mi formación profesional y a todos mis amigos y compañeros quienes me acompañaron en el transcurso de mi carrera. A Cesar y Eliser mis compañeros de trabajo quienes participaron con aportes para este desarrollo.

El Autor

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar la mayor producción de los equipos de carguío Modelo CAT 390 y el Modelo CAT 385, para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay. La unidad de producción Tantahuatay en la empresa Cia Minera Coimolache ubicada en la comunidad del Tingo provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca, tiene deficiencia en el uso de los equipos de carguío debido a la falta de un análisis, los servidores de carguío Modelo CAT 390 no son compatibles con los equipos volquetes Actros 4144 k y generan una pérdida en el proceso productivo. Determinándose que la mayor eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT, es de 1298.23 ton/H que corresponde al equipo Modelo CAT 385 con un factor de uso del 98%, con respecto al Modelo CAT 390, que tiene un factor 97% con una producción promedio de 1314.67 ton/H.

Esta investigación se justifica de la siguiente manera, la eficiencia de los equipos, incrementa la tasa de producción de la empresa, al seleccionar un tipo diferente de equipos, éstos deberían ser re-estimados y evaluar sus capacidades y factores de eficiencia, para seleccionar cierto número de sistemas alternativos de carguío y transporte en el área de una empresa. En Cajamarca, en la Provincia de Hualgayoc en la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache, contemplan en su plan de producción mina para el año 2015, en el área de carguío de 70,000 toneladas de mineral por día, que es lo que se espera conseguir del rendimiento de los equipos de Modelo CAT, 385 y 390 en comparación a lo planeado.

Como resultado se obtiene: La excavadora modelo 390 CAT genera una pérdida de \$ 3466.368 al mes, por lo contrario, el Modelo CAT 385 adiciona un tonelaje en su producción de 22000 ton/mes y evita pérdidas.

Palabras claves: Optimizar, carguío, herramienta de gestión, análisis, eficiencia.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the greater production of equipment loading model 390 CAT and the CAT 385 model, to optimize production in the Area of operations mine Tantahuatay. The production unit Tantahuatay in Cia Minera Coimolache company located in the community of el Tingo Hualgayoc Province Department of Cajamarca, have deficiency in the use of teams of loading due to the lack of an analysis, loading model CAT 390 servers are not compatible with the equipment dump trucks Actros 4144 k and generated a loss in the productive process. Determining that the greater efficiency of loading model CAT teams, is of 1298.23 ton/H, corresponding to the team model CAT 385 with a factor of 98% use, with respect to the CAT 390 model, which has a factor 97% with an average of 1314.67 production ton/H.

This research is justified in the following way, the efficiency of equipment, increases the rate of production of the company, to select a different type of equipment, these should be re-estimates and assess their capabilities and efficiency factors, to select a number of alternative systems of loading and transportation in the area of a company. In Cajamarca, in the province of Hualgayoc in the production unit (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache, covered by your plan of production mine for the year 2015, in the area of loading of 70,000 tonnes of ore per day, which is what is expected to get the performance of model CAT teams, 385 and 390 in comparison to the planned.

As result is obtained: 390 CAT excavator model leads to a loss of \$3466.368 per month, for otherwise the model CAT 385 added a tonnage in its production of 22000 tons/month and prevents losses.

Key words: Optimize, loading, tool management, analysis and efficiency.

INTRODUCCIÓN

En Cajamarca, en la Provincia de Hualgayoc en la Unidad de Producción (U.P). Tantauatay, Cia Minera Coimolache, contemplan en su plan de producción mina para el año 2015, en el área de carguío y transporte 70,000 toneladas de mineral por día, en este aspecto se presenta un problema en los equipos de carguío, excavadora CAT 390, este equipo fue traído para maximizar la producción y cumplir con las metas exigentes de los clientes, los jefes de guardia y personal administrativo, no realizaron un profundo análisis para determinar si verdaderamente el equipo seria lo suficientemente compatible con los volquetes y d esta manera tener un óptimo rendimiento del equipo.

Esta investigación se justifica de la siguiente manera, la eficiencia de los equipos, incrementa la tasa de producción de la empresa, al seleccionar un tipo diferente de equipos, éstos deberían se ser re-estimados y evaluar sus capacidades y factores de eficiencia, para seleccionar cierto número de sistemas alternativos de carguío y transporte en el área de una empresa. El equipo de carguío CAT 390 al realizar el carguío a los volquetes el número de pases o número de cucharones que se deposita en la tolva de los volquetes no es el óptimo pues el último pase solo se realiza de entre un 50 % y 60% de su capacidad nominal, este deficiencia en el carguío es reflejado en la producción total que a comparación de un equipo CAT 385 los rendimiento en tonelaje son muy similares; es por esto que esta investigación se centra en el análisis d estos equipos para tomar una decisión positiva y benéfica para la empresa, el desarrollo de este trabajo está estructurado de la siguiente manera.

Primer Capítulo; contiene descripción de la realidad problemática, y todo el ambiente de trabajo del proyecto Segundo Capítulo; incluye antecedentes del problema, bases teóricas. Tercer Capítulo; comprende hipótesis general, hipótesis secundarias, variables. Cuarto Capítulo; incluye tipo de investigación, nivel de investigación, método y diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de la recolección de datos. Quinto Capítulo, cuenta con recursos, presupuesto, cronograma de actividades y

referencias bibliográficas, anexas y matrices de consistencia, tipo de investigación, nivel de investigación, método y diseño de la investigación, población y muestra de la investigación, técnicas e instrumentos de la recolección de datos. Quinto Capítulo, cuenta con recursos, presupuesto, cronograma de actividades y referencias bibliográficas, anexas y matriz de consistencia.

ÍNDICE

	Pág.
UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.2. Delimitación de la investigación.....	14
1.2.1. Delimitación espacial	14
1.2.2. Delimitación social	14
1.2.3. Delimitación temporal	15
1.2.4. Delimitación conceptual	15
1.3. Problemas de investigación.....	15
1.3.1. Problema principal	15
1.3.2. Problemas secundarios	15
1.4. Objetivos de la investigación.....	16
1.4.1. Objetivo general	16
1.4.2. Objetivos específicos.....	16
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	16
1.5.1. Hipótesis general.....	16
1.5.2. Hipótesis secundarias	17
1.5.3. Variables (definición conceptual y operacional)	17
1.5.4. Operacionalización de las variables de la investigación	17
1.6. Metodología de la investigación	18
1.6.1. Tipo y nivel de investigación.....	18
1.6.2. Justificación e importancia de la investigación	21
a). Justificación	21
b). Importancia.....	22
c). Limitaciones	22

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. Antecedentes de la investigación	23
2.2. Bases teóricas	25
2.2.1. Ubicación del proyecto en ejecución	25
2.2.2. Área de influencia del proyecto	32
2.2.3. Sistema de Carguío	35
2.3. Características de las Excavadoras CAT	36
2.3.1. Excavadora 385 CAT	36
a. Características de la máquina	39
b. Normativa con respecto al ruido	41
2.3.2. Excavadora 390 CAT	42
a. Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390 DL	47
b. Comparación de Modelos CAT 390 y 385	48
c. Técnicas para la mejora y resolución de problemas	52
2.4. Definición de términos básicos	60
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	64
3.1. Resultados del trabajo de investigación	64
3.3. Diseño de propuesta plan de mejora	79
CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS	86
4.1. Prueba de hipótesis general	86
4.2. Prueba de hipótesis específicas	86
CAPÍTULO V: DISCUSION DE RESULTADOS	88
Conclusiones	88
Recomendaciones	89
Referencias Bibliográficas	90
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables de la investigación	17
Tabla 2. Población equipos de carguío Mina Tantahuatay-2015	19
Tabla 3. Muestra equipos de carguío Mina Tantahuatay-2015.....	20
Tabla 4. Instrumentos y útiles de escritorio	20
Tabla 5. Capacidad de los modelos 390 y 385 CAT DL	47
Tabla 6. Características equipos Mina Tantahuatay-2015.....	50
Tabla 7. Costo de los volquetes de acarreo. Mina Tantahuatay-2015.....	51
Tabla 8. Flujograma del Ciclo PDCA.....	56
Tabla 9. Eficiencias de Modelo CAT 390 y 385.....	64
Tabla 10. Promedios de rendimiento Modelo CAT 390	66
Tabla 11. Promedios de rendimiento Modelo CAT 385	67
Tabla 12. Capacidad de los Modelos CAT 385 - 390	69
Tabla 13. Eficiencia de los equipos Modelo CAT 390, del año 2015.....	70
Tabla 14. Número de viajes del equipo Modelo CAT 390, del año 2015.	71
Tabla 15. Número de viajes del equipo Modelo CAT 390, del año 2015.	72
Tabla 16. Número de viajes del equipo Modelo CAT 390, del año 2015.	73
Tabla 17. Eficiencia de los equipos Modelo CAT 385, del año 2015.	74
Tabla 18. Número de viajes del equipo Modelo CAT 385, año 2015.....	75
Tabla 19. Análisis de eficiencia de equipos Modelo CAT 390, año 2015.....	76
Tabla 20. Análisis de eficiencia de equipos Modelo CAT 385, año 2015.....	77
Tabla 21. <i>Comparación de la capacidad de equipos Modelo CAT 2015.</i>	78
Tabla 22. Perdida de producción de los equipos.....	79
Tabla 23. Propuesta de equipo Modelo CAT 390.....	81
Tabla 24. Identificación de problemas Área de Carguío y Acarreo.....	82
Tabla 25. Logro de Flujograma Ciclo PHVA en Área de Operaciones Mina Tantahuatay	83
Tabla 26. Análisis de los equipo	87
Tabla 27. Análisis de los equipo	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
Figura 1. Proyectos sociales a distritos de los alrededores Bambamarca 2015.	33
Figura 2. Proyectos sociales a distritos de los alrededores Bambamarca 2015.	34
Figura 3. Mapa de ubicación de la U.P Tantahuatay	35
Figura 4. Excavadora Hidráulica 385 CL. Especificaciones.	38
Figura 5. Cucharón del Equipo Modelo 385 Mina Tantahuatay-2015.	40
Figura 6. Cucharón del Equipo Modelo 385 Mina Tantahuatay-2015.	41
Figura 7. Cucharones modelo CAT 390 CAT.	44
Figura 8. Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390 CAT.	46
Figura 10. Partes de la CAT 390 y dimensiones	48
Figura 9. Cucharón de CAT 390.	48
Figura 11. Ciclo del PHVA -2015.	54
Figura 12. PHVA en Salud y Seguridad Ocupacional - OHSAS 18000	58
Figura 13. Análisis de la eficiencia de los equipos Modelo CAT	65
Figura 14. Análisis de rendimiento viajes de los equipos Modelo CAT	68
Figura 15. Análisis de Capacidad de los Modelos CAT 385 – 390	70
Figura 16. Pérdida de viajes/ hora optimo Vs real Modelo CAT 390	71
Figura 17. Número de viajes perdidos equipo Modelo CAT 390, del año 2015.	72
Figura 18. Número de viajes perdidos equipo Modelo CAT 390, del año 2015.	73
Figura 19. Pérdida de viajes/ hora optimo Vs real Modelo CAT 385	74
Figura 20. Número de viajes perdidos equipo Modelo CAT 390, del año 2015.	76
Figura 21. Viajes por hora de equipo Modelo CAT.	78
Figura 22. <i>Diagrama de Ishikawa del proceso del sistema operacional</i>	80

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La industria minera en México ha experimentado una transformación acelerada en los últimos años en respuesta a la dinámica mundial observada en la tecnología, la economía y el comercio, en este contexto la competitividad de las empresas productoras de mineral ha exigido que éstas sean más eficientes en sus procesos y más eficaces en sus resultados. El proceso de carguío es el proceso productivo que más influyen en los costos de operación de 45% a un 65% del costo mina, por lo que es de gran importancia garantizar un ambiente de operación apto para lograr los mejores rendimientos de los equipos involucrados, en la parte física (material, equipos, mantención, disponibilidad, insumos, etc.), y en la parte humana (operadores, mantenedores, jefes de turno. (Burt & Caccetta, 2007)

En el Perú, las operaciones de carguío y transporte de material proveniente de las excavaciones en minas a tajo abierto constituyen un proceso fundamental en la extracción de minerales en un 60% como en Cajamarca y en Cerro de Pasco. Empresas como Yanacocha S.R.L buscan una mejora continua para las operaciones de carguío mediante herramientas que permiten evaluar la eficiencia y la eficacia de sus equipos.

En el Departamento de Cajamarca en la Provincia de Hualgayoc, se ubica la Mina Coimolache en la Unidad de Producción (U.P) Tantahuatay, donde existe deficiencias de los equipos de carguío debido al descuido de las empresas en realizar un análisis de equipos, el problema se manifiesta en el número de pases que realiza las excavadoras 390 CAT para llenar los volquetes pues el último cucharón

de carga no se realiza de manera completa realizándose entre un 50% o 60%.

En este contexto, la presente tesis profesional se enfoca en mejorar la optimización de los equipos de carguío utilizando como herramienta de análisis el PHVA, luego se implementará y se verificará los resultados. No se conoce con exactitud la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción en el área de Operaciones Mina Tantahuatay, en un menor costo por unidad transportada regidos por un adecuado plan de trabajo. El análisis de esta operación se llevará a cabo a través de la observación del proceso para la implementación de mejoras, las cuales deben ser verificadas.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La presente tesis profesional se ejecutó en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache, ubicada en la Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca-Perú.

1.2.2. Delimitación social

El grupo social objeto de estudio es el personal que trabaja en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache y la comunidad circundante de la zona.

1.2.3. Delimitación temporal

La presente tesis profesional se realizó desde el 08 de marzo al 08 de agosto de 2015.

1.2.4. Delimitación conceptual

Para la propuesta de optimización de los equipos de carguío se utilizará la herramienta de PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), que es el método más conocido de mejora continua que diagnostique problemas para establecer los objetivos y metas de la eficiencia de equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385.

1.3. Problemas de investigación

1.3.1. Problema principal

¿Cómo influye la eficiencia de equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay?

1.3.2. Problemas secundarios

¿Cuáles son los principales factores que afectan a los equipos en la operación de carguío en la Minera Tantahuatay-Cia Minera Coimolache?

¿Cuál es el equipo que presenta mayor producción a menor costo en la operación de carguío en la Minera Tantahuatay-Cia Minera Coimolache?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Determinar la mayor eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385, para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la pérdida que genera que genera la menor eficiencia del Equipo de carguío Modelo CAT, en la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay
- Realizar el análisis de comparación de los Equipos de carguío Modelo CAT 390 y el Modelo CAT 385, antes y después de la propuesta de mejora.
- Determinar la ganancia económica que genera el mejor Equipo Modelo CAT, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

1.5. Hipótesis y variables de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

- Los equipos de carguío Modelo CAT 385, presentan mayor eficiencia que los equipos de carguío Modelo CAT 390, lo que optimiza el incremento de la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

1.5.2. Hipótesis secundarias

- La Identificación de los factores del carguío, genera un desequilibrio en la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.
- La propuesta de mejora del proceso aumentara significativamente al utilizar la herramienta PDCA producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

1.5.3. Variables (definición conceptual y operacional)

V.D: Comparación de la eficiencia

V.I: Equipo de carguío Modelo CAT 390, por el Equipo de carguío Modelo CAT 385.

1.5.4. Operacionalización de las variables de la investigación

Tabla 1. Operacionalización de las variables de la investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	Técnica
V.I: Equipo de carguío Modelo CAT 390, por el equipo de carguío Modelo CAT 385.	Equipo de carguío Modelo CAT 390, presenta excelente capacidad de control, altas fuerzas en el brazo y en el cucharón.	Operación óptima del Modelo CAT 390.	Número de pases de la excavadora Modelo CAT 390	Registro de datos
		Operación óptima del Modelo CAT 385.	Número de pases de la excavadora Modelo CAT 385	Análisis del taller
	Equipo de carguío Modelo CAT 385, presenta alto nivel de producción, mayor rendimiento y fiabilidad, durabilidad mejorada, mayor productividad.	Número de pases de la por carguío	Pérdida económica	Registro de datos
			Deficiencia del equipo	Registro de datos
V.D: Comparación de la eficiencia.	La eficiencia de los equipos es hacer las cosas correctamente, resolver problemas, ahorrar gastos, cumplir con el plan programado en la empresa.	Costo de pérdida generado por carguío al equipo	\$ 932	Registro de datos
		Comparación del número de pases de Modelo CAT.	Capacidad 100%	
		Eficiencia del equipo	Utilizar la herramienta de PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar),	

Fuente: Elaboración propia-2015.

1.6. Metodología de la investigación

1.6.1. Tipo y nivel de investigación

a) Tipo de investigación

El tipo de investigación por su orientación es aplicativo pues realiza un análisis de las operaciones de producción (carguío) y evalúa sus comportamientos con los equipos de carguío del Modelo CAT 390. Por su diseño es no experimental pues trata el problema en el campo de los hechos. Así mismo se debe determinar la distribución de herramientas que conviene usar para poder hacer un mejor estudio de las variables al mismo tiempo, determinado la influencia de cada una sobre el resultado.

b) Nivel de investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio a realizar en esta investigación reúne por su nivel las características de un estudio explicativo, descriptivo y finalmente pasar a un nivel comparativo. Se puede decir que demuestra las características del problema en una operación minera, analiza los factores que intervienen en la alteración del proceso y busca una respuesta a través de la herramienta de análisis PHVA.

1.6.2. Método y diseño de la investigación

a). Método de la investigación

En el presente trabajo de investigación se utilizará el método analítico, la observación, así como el método teórico para llegar de lo inductivo y a lo deductivo utilizando los métodos de análisis y síntesis; para determinar los factores que afectan a los equipos de Modelo CAT 390

y plantear las alternativas de solución y síntesis para establecer las correlaciones y realizar una malla descriptiva de los procesos.

b). Diseño de la investigación

El enfoque de la investigación es además cuantitativo, demuestra los resultados expresado en cantidades las que permitirán tomar una decisión. También se hará un diseño descriptivo para conocer el estado actual de la operación minera, y comprobarlos que son puntos deficientes, los mismos que pueden mejorarse con un control de flota y mejorar la producción.

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a). Población

Establecida por los 08 equipos de carguío del proceso de producción de operaciones mina durante el año 2015, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

Tabla 2. Población equipos de carguío Mina Tantahuatay-2015

N°	EQUIPOS	MODELOS
1	RE-20	EXCAVADORA CAT 385
2	RE-27	EXCAVADORA CAT 374
3	RE-40	EXCAVADORA CAT 390
4	RE-391-AL	EXCAVADORA CAT 336DL
5	RE-563-AL	EXCAVADORA MARTILLO HYUNDAI
6	RE-694-AL	EXCAVADORA CAT 336DL
7	RE-695-AL	EXCAVADORA MARTILLO CAT 336DL
8	RE-655-AL	EXCAVADORA CAT 336DL

Fuente: Cia Minera Coimolache.

b). Muestra

La estrategia que se utilizó para la selección de la muestra fue la selección de muestra puntual; pues el problema se manifestaba en un solo equipo, se tuvo como población 8 equipos de producción y se tomaron 02 excavadoras de carguío Modelo CAT 390 y Modelo CAT 385 del proceso de producción en el Área de Operaciones Mina. (Manuel Díaz del Rio. 2005)

Tabla 3. Muestra equipos de carguío Mina Tantahuatay-2015.

N°	EQUIPOS	MODELOS
1	RE-20	EXCAVADORA CAT 385
2	RE-40	EXCAVADORA CAT 390

Fuente: Cia Minera Coimolache.

c). Técnicas

Para la recolección de la información, las técnicas empleadas son: Observación Directa (Formatos Registros). Análisis de documentos (Hoja de reportes de equipos). Fue indispensable el análisis de las fichas técnicas para establecer las deficiencias y ventajas de los equipos Modelo CAT 390 y Modelo CAT 385. Se analizan procedimientos de carguío documentados en la data para determinar las causas que afectan la compatibilidad de los equipos.

d). Instrumentos

Los instrumentos a emplearse para la elaboración del presente proyecto se detallan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 4. Instrumentos y útiles de escritorio

ITEM	Medida	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL, INVERSIÓN
útiles de escritorio				
Papel A4	Millar	4	25.00	100.00
Lapiceros	Caja	1	25.00	25.00
Plumones	Caja	1	36.00	36.00
Cartuchos	Unidad	4	30.00	120.00
Archivadores	Unidad	1	7.00	7.00
Perforador	Unidad	1	15.00	15.00
Engrapador	Unidad	1	16.00	16.00
Equipos de Oficina				
Computadora	Unidad	1	2,500.00	2,500.00
Proyector	Unidad	1	500.00	500.00
Impresora	Unidad	1	1,000.00	1,000.00
Escritorio	Unidad	1	250.00	250.00
Silla	Unidad	1	20.00	20.00
Stand	Unidad	1	100.00	100.00
Celulares	Unidad	1	500.00	500.00
Equipos de ingeniería				
Cámara fotográfica	Unidad	1	250.00	250.00
TOTAL, INVERSIÓN				5,439.00

Fuente: Elaboración propia - 2015.

1.6.2. Justificación e importancia de la investigación

a). Justificación

La importancia de la presente tesis profesional radica en que la eficiencia de los equipos, incrementa la tasa de producción de la empresa, al seleccionar un tipo diferente de equipos, éstos deberían ser re-estimados y evaluar sus capacidades y factores de eficiencia, para seleccionar cierto número de sistemas alternativos de carguío y transporte en el área de una empresa.

En empresas mineras extranjeras como la minera Peña Colorada en México, tienen estimado dentro de su plan de minado estratégico, comparar a equipos que transportan el material con altos costos y presentan baja capacidad, debido a que requieren en los próximos años de fuertes inversiones y sustituir sus componentes por otros equipos más rentables a los equipos actuales, comparando los resultados de producción de cada equipo. En Perú, en la Empresa Minera Yanacocha SRL, el estimado es de 250 toneladas de tierra por camión y de cada pala es de 50 toneladas.

La empresa al no realizar un análisis detallado del cambio de los equipos, estos pueden presentar deficiencias las que no son estimadas, pues en el cambio de la excavadora CAT 390 nunca se realizó un análisis para determinar si la capacidad de la excavadora era compatible con los equipos de acarreo. Al comprar equipos de carguío Modelo CAT 390 = RE-40, se esperaba según los analistas de la Oficina Técnica (OT) de la Unidad de Producción de Tantauatay, que la meta de producción de mineral por día se cumpliera, pero los resultados no fueron los esperados y el rendimiento del equipo fue similar al Modelo CAT 85 = RE-20, por lo que se conjeturó que el equipo de carguío Modelo CAT 390 = re-

40, no era rentable en comparación a lo planeado por la deficiencia del equipo y no desarrollar su óptimo desempeño en la carga de material a los volquetes.

Los resultados permitieron seleccionar la mejor opción de eficiencia de un equipo Modelo CAT, para la Unidad de Producción de Tantahuatay y cumplir la meta programada para el año 2015, para lo cual se utilizará la herramienta de PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), que es el método más conocido de mejora continua y alcanzar mayor productividad.

Además, los aportes del presente trabajo de investigación servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema de mejora en la eficiencia de un equipo, así como también para universidades, institutos, empresas públicas y privadas que apliquen herramientas para incrementar la producción de una empresa en el área de carguío y transportes.

b). Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación se orienta a mejorar la eficiencia de un equipo, que presenta mayor capacidad de carga, lo que conlleva a un menor tiempo de carguío y por ende a un aumento de rendimiento.

c). Limitaciones

En el desarrollo del presente trabajo de investigación se consideró las siguientes limitaciones, falta de personal y tiempo, falta de software sofisticado, dentro de la empresa no permite ver las deficiencias de los equipos, horario concreto de trabajo, escasa información sobre el tema de la operación minera Tantahuatay.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En Ecuador en la Tesis “Alternativas para controlar las pérdidas de los elementos de desgaste de los equipos de carguío, en la mina a cielo abierto” se concluyó que el consumo de los elementos de desgaste (GETs) en las palas 701 y 702 y en el cargador frontal 281, se sustentó en las estadísticas correspondientes a los años 2010, 2011 y 2012, datos que consideraron el desgaste, la ruptura (quiebre) y las pérdidas, factores de los que el desgaste representa el 91 %, la ruptura (quiebre) el 3 % y las pérdidas el 6 % del consumo total, además el factor que causa atascamientos (atollos) en el chancador Don Luis es la pérdida de los elementos de desgaste, representados por los dientes, entredientes, adaptadores, esquineros y corredores de las palas, cuyo consumo (GETs) se investigó y determinó utilizando las tecnologías denominadas Toothmetrics TM, Sensores Extensiométricos y Mining TAG de dientes y la opción más efectiva para detectar la presencia de inchancables (elementos de desgaste) son los operadores de las palas y los conductores de los camiones, porque ellos observan el mineral antes y después de las operaciones de carguío. (Sánchez 2007)

En Perú, en el Departamento de Arequipa en la Universidad Nacional de San Agustín, en la Tesis “Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 980 G y la excavadora CAT 345 LB, para la selección de equipo de carguío en Comarsa”, se concluyó que para determinar la producción y la eficiencia de los equipos de carguío, es importante tener un control detallado de los tiempos de cada actividad realizada durante el turno de cada actividad de operación, y a la vez clasificarlas en horas efectivas de operación, por lo que se concluyó que la eficiencia de operación no siempre determina la selección del equipo conveniente, por lo que conviene calcular la productividad; que mediante un análisis de costos nos permita comparar dos equipos: Las excavadoras CAT 345 LB

en el tajo Tentadora, deben ser reemplazadas por cargadores frontales CAT 980 G ya que representarían un ahorro de 24 700 US\$ mensuales para las operaciones de carguío en este tajo. (Barrantes, 2005)

En Perú, en el Departamento de Cajamarca en la Universidad Privada del Norte, en la Tesis “Productividad en el ciclo de carguío y acarreo en el tajo Chaquicocha bajo clima severo – Minera Yanacocha” tiene como objetivo mantener el factor de medición de eficacia y eficiencia, llamada Productividad, y se concluye que una correcta metodología de trabajo de la mano con el equipo humano, resultaron ser suficiente para poder alcanzar el target mensual pese al clima severo de todos los días además la empresa cuenta con equipos auxiliares, con una efectividad de 100%.

En Cajamarca en la Tesis “Propuesta de la mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca”, menciona que los equipos de carguío están en función a los equipos de acarreo y que estos pueden mejorar su desempeño haciendo uso de un adecuado control de carga, de tal modo que si los equipos de carga son de mayor capacidad se debe reemplazar el equipo de carga por otro que cumpla con las condiciones. Cual de que universidad quien lo hizo. (Sánchez 2007)

En la base de datos de la biblioteca de la Universidad Alas Peruanas Filial Cajamarca se indagó sobre alguna documentación con las características de este trabajo de investigación, no se encontró ninguna información parecida, relacionada con la comparación de la eficacia de equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción en el área de operaciones mina Tantahuatay, por lo que la presente Tesis Profesional se cataloga como el primer trabajo de esta magnitud.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ubicación del proyecto en ejecución

a. Ubicación

El Proyecto Tantahuatay, está ubicado en la Comunidad Campesina, el Tingo, en el Distrito de Hualgayoc, Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca. El área del proyecto, ubicada a una altitud que varía entre los 3 750 y 4 050 m, comprende las zonas altas de las quebradas Puente de la Hierba y Tres amigos, las que drenan sus aguas hacia el río Tingo, tributario del río Llaucano, el que pertenece a la vertiente del Atlántico.

b. Topografía y fisiografía

En términos generales, la topografía del área del proyecto es accidentada en la zona donde se ubica el tajo Tantahuatay. En la zona del proyecto, la fisiografía se caracteriza por presentar cadenas montañosas de la divisoria continental de aguas de las cuencas del Pacífico y del Atlántico de los Andes del Norte de Perú.

En oposición a las cadenas montañosas, ocurren valles de origen glaciar en forma de “U” abierta, los cuales se encuentran cubiertos de depósitos cuaternarios. En la parte intermedia de ambas geofomas se presentan algunas colinas o cerros de poca elevación, lagunas glaciares colgadas y circos glaciares. Los componentes de las estructuras asociadas al proyecto se ubican en el flanco oriental de la divisoria continental, próxima a la línea de cumbres. La geomorfología en la zona de estudio del Proyecto Tantahuatay y en el área del proyecto, está constituida por cuatro unidades principales (Montañoso, Colinas, Laderas y Valles glaciares – aluviales) y dentro de ellas, se han efectuado divisiones menores de unidades fisiográficas. (EIA, 2008)

c. Clima y meteorología

Temperatura: Se obtuvo información de dos estaciones meteorológicas, Hualgayoc y Carolina. En la estación Hualgayoc las temperaturas promedio anuales fluctúan entre 7,2°C y 8,4°C. La temperatura mínima promedio (2,9°C) se registró en el mes de julio y la máxima promedio (12,3°C) en el mes de noviembre. En la estación Carolina, la temperatura media anual registrada fue de 8,4°C, muy próxima a la media anual de Hualgayoc que fue de 8,0°C para ese mismo periodo. (EIA, 2008)

Precipitación: Se consideraron las estaciones meteorológicas de Hualgayoc, Bambamarca, Llapa, Quebrada Honda, Carachugo, Maqui Maqui y Yanacocha. Precipitación anual promedio de 1 336,0mm. La máxima precipitación anual registrada asciende a 1 658,2 mm y la mínima precipitación anual es de 948,5 mm. En cuanto a la precipitación mensual para Hualgayoc, se observa que, para el año promedio, el 80% de la precipitación ocurre entre octubre y abril, mientras que el 20% de la precipitación se presenta entre los meses de mayo y septiembre. (EIA, 2008)

Humedad relativa: Se tomaron como referencia los valores de la estación Carolina. La humedad relativa es alta y en promedio se mantiene por encima del 79% aumentando durante los meses que llueve. La media anual es de 83,8%. (EIA, 2008)

d. Velocidad y dirección de viento

Se analizó la información de la estación Carolina. El área del proyecto se caracteriza por tener vientos de velocidades medias y bajas con un promedio a lo largo del año de 4,08 m/s. La distribución de las velocidades a lo largo del día señala que las velocidades más altas de

viento son alcanzadas entre las 11:00 y las 15:00 horas. Las direcciones predominantes corresponden al este (E) y este-noreste (ENE).

e. Calidad de aire

Las partículas respirables son aquellas que por su reducido tamaño no son filtradas por el sistema respiratorio humano y pueden asentarse en los pulmones, afectando la salud. A estas partículas se les denomina como partículas PM10, PM2.5 y otras menores, según su diámetro aerodinámico promedio sea menor a 10 μ (PM10), 2,5 μ (PM2.5) y otros.

Los valores de PM10 en el área del proyecto estuvieron en el rango de 3 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que ningún valor obtenido superó el estándar nacional de calidad de aire de PM10 para 24 horas (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Los promedios de las concentraciones se encontraron por debajo del estándar anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que significa que la calidad de aire en esta zona se encuentra dentro de los niveles recomendables. (EIA, 2008)

En cuanto a los metales potencialmente tóxicos contenidos en el aire, las concentraciones de plomo (Pb) resultaron en su mayoría por debajo del límite de detección de los instrumentos del laboratorio en los muestreos realizados, por lo que se encuentran por debajo del estándar mensual de 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y del estándar anual de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos por el D.S. N° 074-2001-PCM y el D.S N° 069-2003-PCM respectivamente. Para el caso del arsénico (As), la mayoría de las concentraciones estuvieron también por debajo del límite de detección, por lo que las concentraciones se encontraron muy por debajo del valor de 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la R.M. N° 315-96-EM/VMM. (EIA, 2008)

Para el monóxido de carbono (CO), cumplen con los estándares establecidos por el D.S. N° 074- 2001- PCM, ya que los valores obtenidos se encuentran por debajo de 1 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el periodo de ocho horas y de 2 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para la máxima horaria. (EIA, 2008)

Para el dióxido de nitrógeno (NO_2), los valores registrados estuvieron entre $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio del periodo de registro y entre $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la máxima concentración horaria en las épocas de lluvias y seca respectivamente, cumpliendo con los estándares establecidos por el D.S. N°074-2001-PCM. (EIA, 2008)

En el caso del dióxido de azufre (SO_2), las concentraciones se encuentran por debajo de los estándares establecidos por el D.S. N° 074-2001-PCM de $365 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio en 24 horas y de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el promedio anual. Los valores registrados estuvieron entre $20,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $27,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (EIA, 2008)

f. Ruido y vibración

Los niveles de ruido en los receptores, en especial los correspondientes a viviendas existentes, no superaron los valores máximos permitidos por la norma vigente. Las principales fuentes de ruido presentes durante las mediciones correspondieron a aves, ríos o canales, viento, animales (e.g. ganado, perros, otros), habitantes y ruido proveniente de faenas mineras aledañas al proyecto. Los valores de vibraciones medidos en los puntos receptores se compararon con el valor recomendado por la norma (alemana) DIN 4150:1979 para voladuras (principal actividad generadora de vibraciones y las mediciones mostraron que los niveles de vibración actuales están por debajo de lo permitido por la norma.

g. Geología

De manera general, puede afirmarse que, en el área del proyecto y sus alrededores, afloran rocas sedimentarias, principalmente calcáreas de edad cretácica, de la Formación Pariatambo Grupo Pullucana. Cortando a este basamento sedimentario se tienen stocks y cuerpos intrusivos de composición intermedia como la monzodiorita San Miguel y la diorita Puente de la Hierba, además de otros cuerpos intrusivos

menores como el sill de Coimolache. Sobre yaciendo, en concordancia al basamento sedimentario de amplia distribución en el área del proyecto, se tienen rocas volcánicas terciarias del Grupo Calipuy, evidenciadas por una secuencia de domos sub aéreos y tobas piroclásticas que subyacen a las tobas ignimbríticas correspondientes a los Volcánicos Huambos. Específicamente en el área del proyecto, existen afloramientos constituidos principalmente rocas piroclásticas del Grupo Calipuy y Volcánicos Huambo del terciario. En un porcentaje reducido en el sector este del área, afloran rocas calcáreas de la Formación Pullucana de Cretáceo. Cubriendo parcialmente el basamento rocoso, localizados principalmente en las quebradas y en el pie de las laderas inferiores, se presentan depósitos detríticos glaciares, aluviales y bofedales del cuaternario. En cuanto a la geología estructural, en el área del proyecto se presentan tres sistemas de fallas principales. El sistema de fallas de dirección NO, cuyas fallas son coincidentes con la dirección andina y son cortadas por fallas NE; movimientos tectónicos sucesivos produjeron fallas de dilatación EO que generalmente están mineralizadas. (EIA, 2008)

h. Sismicidad

De acuerdo con lo propuesto por la Nueva Norma de Diseño Sismorresistente E.030, del Reglamento Nacional de Edificaciones (junio - 2006), el área del Proyecto Tantahuatay se ubica en la Zona 3, que corresponde a una zona con sismicidad alta. Con respecto a fallas activas relacionadas con el área del proyecto, sólo se han identificado fallas a distancias mayores de 100 km. En la zona de estudio se han producido movimientos sísmicos con intensidades de hasta VI y VII grados en la escala Mercalli Modificada (MM). (EIA, 2008)

i. Suelos

De acuerdo con el Sistema de Clasificación de Suelos del Soil Taxonomy, los suelos han sido clasificados en subgrupos. En el área del proyecto se identificaron 8 subgrupos, los cuales han sido agrupados en 3 asociaciones y 11 asociaciones. A su vez, las asociaciones han sido divididas en 8 asociaciones edáficas y 3 asociaciones edáficas con miscelánea roca. Las tres micro cuencas (Tres Amigos, Puente de la Hierba y Río Colorado) poseen un coeficiente de compacidad cercano a uno, por lo que se deduce que tienen una respuesta entre rápida y moderada frente al escurrimiento. (EIA, 2008)

j. Cobertura

La zona del proyecto es rocosa en las partes altas, mientras que en las partes bajas presenta una cobertura mayormente de pastizales compuestos principalmente por Ichu. También hay presencia de lagunas y bofedales, las que le confieren a las micro cuencas un caudal base.

k. Recarga y descarga de agua subterránea

La fuente de toda el agua subterránea en el área del estudio, es la infiltración de la precipitación. Esta infiltración ocurre en casi toda el área del proyecto, excluyendo sólo aquellos puntos en donde el agua subterránea descarga en la superficie. El agua que se infiltra a nivel subterráneo (precipitación que no es perdida por evaporación o escorrentía superficial) fluye aguas abajo y lateralmente hacia el fondo de los drenajes donde descarga al flujo de agua superficial. Una cantidad muy pequeña también descarga en manantiales locales de agua subterránea. Con la finalidad de proporcionar un estimado de la recarga de agua subterránea, se utilizaron las mediciones del flujo de agua superficial durante la época seca (agosto). La tasa de recarga del agua subterránea es baja, comparada con la precipitación anual dado que los valores típicos en la sierra peruana van entre el 10% a 20% de la

precipitación. Mucha del área está cubierta con suelos de baja permeabilidad que incrementan significativamente el agua de escorrentía superficial cuando hay lluvia y reducen la infiltración subterránea.

I. Descarga del agua subterránea

Las cuatro áreas de descarga del agua subterránea dentro del área de estudio son las quebradas Tres Amigos, Puente de la Hierba, Tantahuatay y Río Colorado. El flujo base, es decir los volúmenes de agua subterránea que descargan a dichas quebradas, se registró para las quebradas Puente de la Hierba y Tres Amigos. Los manantiales, constituyen las únicas fuentes de agua subterránea de la zona y la mayoría de ellos aflora en las partes medias y bajas de las laderas de los cerros, que son atravesadas por las diversas quebradas, en la zona de contacto entre los materiales de alta permeabilidad (depósitos de morrenas) y los de baja permeabilidad (rocas volcánicas).

Estos manantiales son recargados por las precipitaciones estacionales que se infiltran a través de los materiales sueltos que cubren las formaciones rocosas. En total, se han inventariado 37 manantiales, de los cuales 34 pertenecen a la quebrada Puente de la Hierba y 3 a la quebrada Tres Amigos. También se han identificado algunos manantiales que en la época seca se recargan de las infiltraciones provenientes de las lagunas existentes en las partes altas de las cuencas. En estos casos, los manantiales se encuentran localizados por debajo del nivel de dichas lagunas. (EIA, 2008)

2.2.2. Área de influencia del proyecto

a. Área de influencia directa

El caserío El Tingo (Hualgayoc) cuenta con una extensión aproximada de 1 935 ha, 209 viviendas y 657 pobladores. Su población se ha dedicado de manera tradicional a la agricultura y la ganadería. La producción se orienta básicamente al autoconsumo, mientras que los productos y subproductos pecuarios se destinan a la venta, sobretodo la leche, ofrecida a las empresas Nestlé y Gloria. Tradicionalmente estas labores han sido complementadas con el trabajo en las actividades mineras, las cuales han cobrado particular auge en los últimos años con la activación de nuevos proyectos en la zona. De esta forma, la actividad minera se ha constituido en la principal actividad económica desarrollada por los jefes de hogar. Situación que ha repercutido en una corriente migratoria reciente (menor de 5 años) hacia El Tingo; siendo la búsqueda de empleo una de las razones para migrar más importantes reseñadas por la población migrante En cuanto a los servicios sociales.

El Tingo posee instituciones educativas en el nivel primario y secundario, contando con un porcentaje de asistencia al 100 asimismo, cuenta con un puesto de salud que atiende las necesidades médicas de la población. Sin embargo, aún se carece de un adecuado acceso a los servicios básicos; principalmente de alcantarillado y alumbrado eléctrico.

Dentro del área de influencia directa se han identificado 51 posesionarios con tierras en la zona de desarrollo del proyecto. La caracterización socioeconómica de este grupo sugiere una serie de diferencias entre este grupo particular de comuneros de El Tingo con el resto del caserío. Estas diferencias giran sobre todo alrededor de tres temas centrales: los ingresos de estos hogares, su relación con la minería y su relación con la actividad agropecuaria. (EIA, 2008)



Figura 1. Proyectos sociales a distritos de los alrededores Bambamarca 2015.

b. Área de influencia indirecta

A nivel de la ciudad de Cajamarca se observa que, a diferencia de los demás ámbitos de estudio, las condiciones de vida presentan un panorama positivo: amplia cobertura de servicios básicos y sociales, así como indicadores positivos en el acceso a la educación. Su dinámica económica está vinculada mayoritariamente a la actividad comercial, la que ha recibido un fuerte impulso con la puesta en marcha del proyecto Yanacocha a inicios de los años noventa. Con el crecimiento de este proyecto, la ciudad ha ampliado y desarrollado su oferta de servicios y su infraestructura urbana y se ha convertido en foco de atracción de población, sobre todo de la propia región. Además de la ciudad de Cajamarca, el área de influencia indirecta del proyecto incluye a la ciudad de Hualgayoc, el predio La Jalca (conformado por los centros poblados de Pílancones y Coimolache), las ciudades de Bambamarca y Chugur, el Sistema de Agua Manuel Vásquez Díaz y la Junta de Usuarios Tingo - Maygasbamba. (EIA, 2008)

La ciudad de Hualgayoc es la capital del distrito del mismo nombre. Según datos del último censo del año 2005, la ciudad cuenta con 1,116 pobladores y 483 viviendas. Según la misma fuente, se registra una disminución en el número de habitantes y viviendas; sin embargo, según percepciones de la población, con el desarrollo del proyecto minero Cerro Corona hace dos años aproximadamente y la generación de expectativas laborales que ello conlleva, la ciudad ha empezado a atraer nueva población. Asimismo, se evidencia una renovada dinámica comercial y la ampliación de la fuerza laboral relacionada a la actividad minera. Es así que, en la actualidad Hualgayoc ofrece, aunque de manera limitada, una serie de servicios inexistentes. (EIA, 2008)



Figura 2. Proyectos sociales a distritos de los alrededores Bambamarca 2015.

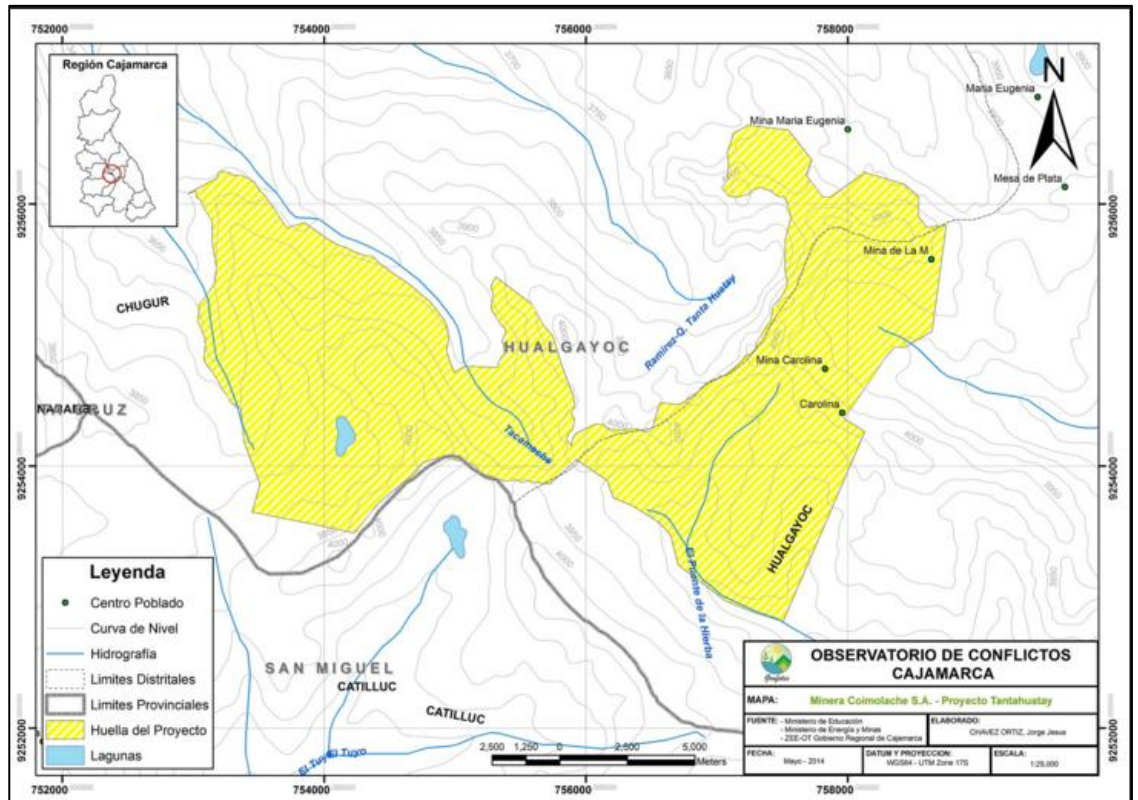


Figura 3. Mapa de ubicación de la U.P Tantahuatay
Fuente: MEM.

2.2.3. Sistema de Carguío

La elección óptima de equipo en minería superficial es una tarea compleja donde intervienen variables técnicas, geométricas y económicas en un ambiente donde existen marcas, modelos y tamaños que compiten por el usuario.

El equipo apropiado para el transporte en tajo abierto, son los volquetes tipo Volvo 12 FM o similares de 15 m³ de capacidad, porque los volquetes de este tipo son muy difundidos en las operaciones de movimiento de tierras y en minas subterráneas y tajo abierto.

Capacidad productiva de los equipos

La capacidad productiva de los equipos de carguío y acarreo (rendimiento), se determinan en base a criterios.

Organización de los trabajos de carguío

Se ha planifica la distribución de tiempos de los equipos, con la finalidad de obtener los factores de disponibilidad a ser utilizados en la determinación de la capacidad productiva de los equipos, así como dimensionar la flota de equipos de carguío y acarreo para los diferentes años de producción del tajo, los cuales se basan en los siguientes criterios:

- Días programados incluyendo domingos y días feriados durante todo el año.
- Turno de trabajo de 12 horas por dos turnos al día.
- Régimen de trabajo de acuerdo a cada guardia
- Programar 3 grupos de trabajadores que rotarán cada dos semanas de trabajo.
- Disponibilidad mecánica proyectada del equipo. Para equipos nuevos y de medio uso.
- Determinación de la Capacidad Productiva de los Equipos de Carguío y Acarreo.

2.3. Características de las Excavadoras CAT

2.3.1. Excavadora 385 CAT

La excavadora de la Serie 385 CL tiene un excelente control, fuerza alta del brazo y del cucharón, capacidad de levantamiento sin igual, servicio simplificado y una estación del operador más cómoda para

aumentar su productividad y disminuir los costos de operación. Para roca de servicio pesado (HDR).

La 385 CL cumple con los requisitos de emisiones Tier 3 en todo el mundo. La potencia neta anunciada es la potencia disponible al volante cuando el motor está equipado con ventilador, filtro de aire, silenciador y alternador. No se necesita reducir la potencia del motor por debajo de 2.300 m (7.500 pies) de altitud. (Caterpillar 2009)

Sistemas hidráulicos

El sistema hidráulico de CAT suministra la potencia y el control preciso para mantener el material en movimiento.

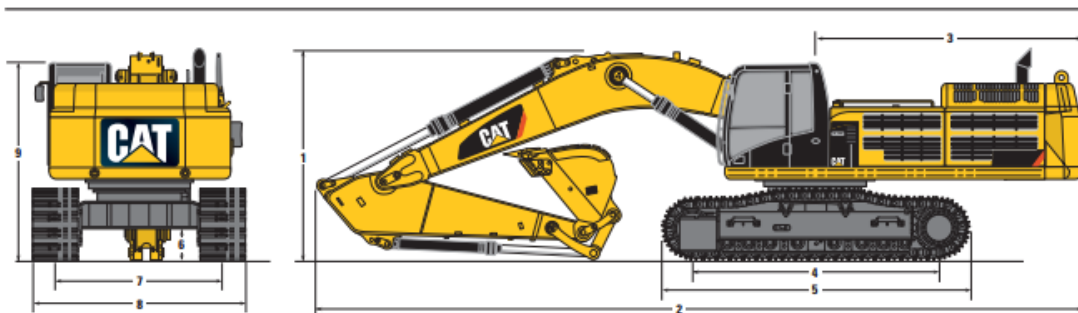
Hidráulica PPPC: El sistema sensor de carga con compensación proporcional de prioridad de presión (PPPC), con accionamiento electrónico desarrollado por Caterpillar provee alta eficiencia y excelente control. (Sánchez, 2007)

- La velocidad del cilindro está relacionada directamente con el movimiento del operador de la palanca universal desde un control superfino a una velocidad máxima.
- El flujo a los cilindros durante la operación de funciones múltiples está controlado directamente por el operador y no depende de las cargas.
- El controlador reduce el caudal de la bomba a un valor mínimo para ahorrar potencia cuando las palancas universales estén en posición neutra.

Bombas principales: Las bombas principales grandes de servicio pesado y una bomba de rotación separada proveen tiempos de ciclo rápidos durante las operaciones de funciones múltiples.

Control de administración de potencia: El controlador electrónico de bombas y válvulas es clave para controlar la administración de potencia y proporcionar un control muy eficiente de las bombas, válvulas y motor.

Válvula hidráulica auxiliar: La válvula auxiliar es estándar en la 385 CL. La válvula auxiliar estándar se usa en configuraciones de control optativas para operar herramientas tales como martillos y cizallas. Se pueden programar los ajustes de flujo para hasta cuatro herramientas, los cuales el operador puede seleccionar usando el monitor.



		Reach Boom 10.0 m (32'10")		General Purpose Boom 8.4 m (27'7")				Mass Boom 7.25 m (23'9")		
		R5.5 m (18'1")	R4.4 m (14'5")	R5.5 m (18'1")	R4.4 m (14'5")	GP3.7 m (12'2")	GP3.4 m (11'2")	GP2.92 m (9'7")	M3.4 m (11'2")	M2.92 m (9'7")
Stick										
Bucket		HB3.9 m ³ (5.1 yd ³)	HB3.9 m ³ (5.1 yd ³)	HB4.6 m ³ (6.0 yd ³)	HB4.6 m ³ (6.0 yd ³)	HB4.6 m ³ (6.0 yd ³)	JC4.6 m ³ (6.0 yd ³)	JC4.6 m ³ (6.0 yd ³)	JC6.0 m ³ (7.8 yd ³)	JC6.0 m ³ (7.8 yd ³)
1 Shipping Height	mm	5430	5030	5840	5290	5010	5160	4970	5310	4900
	ft	17.81	16.50	19.16	17.35	16.43	16.92	16.30	17.42	16.07
2 Shipping Length	mm	16 280	16 320	14 490	14 700	14 710	14 720	14 910	13 560	13 690
	ft	53.41	53.54	47.53	48.22	46.48	48.29	48.91	44.48	44.91
3 Tail Swing Radius	mm	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680	4680
	ft	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35	15.35
4 Length to Center of Rollers***	mm	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120	5120
	ft	16.79	16.79	16.79	16.79	16.79	16.79	16.79	16.79	16.79
5 Track Length****	mm	6360	6360	6360	6360	6360	6360	6360	6360	6360
	ft	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86	20.86
6 Ground Clearance	mm	900	900	900	900	900	900	900	900	900
	ft	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95	2.95
7 Track Gauge (Shipping)*	mm	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
	ft	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02	9.02
8 Transport Width**	mm	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260	4260
	ft	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97	13.97
		(LC)	(LC)	(LC)	(LC)	(LC)	(LC)	(LC)	(LC)	(LC)
9 Cab Height	mm	3760	3760	3760	3760	3760	3760	3760	3760	3760
	ft	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33	12.33

Figura 4. Excavadora Hidráulica 385 CL. Especificaciones.

a. Características de la máquina

Cucharones

Las capacidades de los cucharones permiten optimizar el rendimiento de la máquina, un Modelo CAT 385 CL. Los cucharones para roca, de servicio pesado (HDR), se deben usar para aplicaciones de carga agresiva en condiciones altamente abrasivas, tales como en roca dinamitada y granito.

Servicio y rendimiento. Los cucharones Caterpillar aumentan la vida útil y optimizan el rendimiento.

- Las áreas de alto desgaste contienen acero de alta fortaleza con tratamiento térmico.
- Tienen un diseño de radio doble para mayor espacio en el talón y desgaste reducido.
- Los cucharones de las familias HB y JB incluyen un cáncamo de levantamiento.
- También hay una variedad de cucharones hidráulicos exclusivos con acoplamiento dedicado que están disponibles.

Para uso general (GP): Los cucharones de uso general (GP) son para excavar en suelo blando a duro con materiales de abrasión baja a moderada.

Herramientas de corte: Las herramientas de corte Caterpillar incluyen una variedad de orejetas, protectores de barra lateral, opciones de punta para adaptarse a las condiciones de operación.

Para roca de servicio pesado (HDR): Los cucharones para roca, de servicio pesado (HDR), se deben usar para aplicaciones de carga agresiva en condiciones altamente abrasivas, tales como en roca dinamitada y granito.

Las diferencias en los cucharones GP son:

- Construcción más robusta para más durabilidad y mayor duración
Bandas de desgaste inferiores adicionales, más gruesas, que prolongan la vida útil en aplicaciones abrasivas.
- Planchas laterales más grandes y más gruesas para proporcionar máxima protección en materiales rocosos.
- Menor radio de plegado para mayor fuerza de desprendimiento.
(Caterpillar 2009)



Figura 5. Cucharón del Equipo Modelo 385 Mina Tantahuatay-2015.
Fuente: Caterpillar 2010.

b. Normativa con respecto al ruido

Normativa ANSI/SAE J1166 OCT98

Si está bien instalada y mantenida, la cabina ofrecida por Caterpillar y se ha probado con puertas y ventanas cerradas de acuerdo con las especificaciones de ANSI/SAE J1166 OCT98, cumple con los requisitos de OSHA y MSHA para los límites de exposición a ruidos del operador vigentes en el momento de la fabricación.

Puede necesitarse protección para los oídos cuando se hace funcionar con un puesto o cabina del operador abierto (cuando no se ha dado un buen mantenimiento o con las puertas y ventanas abiertas) por un período prolongado o en un ambiente ruidoso.

Especificaciones y compatibilidad del cucharón de la 385C L													
	Capacidad*		Ancho		Radio de plegado		Peso sin puntas		Dientes Cant.	Pluma de alcance Brazo		Pluma de uso general (GP) Brazo	
	m ³	yd ³	mm	pulg	mm	pulg	kg	lb		R5.5HB	R4.4HB	R5.5HB	R4.4HB
Cucharones HB													
Uso general	2,1	2,75	1.070	42	2.372	93,4	2.364	5.207	3	●	●	●	●
	2,9	3,88	1.374	54	2.372	93,4	2.761	6.081	4	○	○	●	●
	3,8	5,00	1.678	66	2.372	93,4	3.085	6.795	4	○	○	○	●
	4,6	6,00	1.982	78	2.372	93,4	3.500	7.709	5	○	○	○	○
Para roca de servicio pesado	2,0	2,63	1.070	42	2.288	90,1	2.551	5.619	3	●	●	●	●
	2,7	3,63	1.374	54	2.288	90,1	3.075	6.773	4	○	○	●	●
	3,5	4,63	1.678	66	2.288	90,1	3.365	7.412	4	○	○	○	●
	4,3	5,63	1.982	78	2.288	90,1	3.887	8.562	5	○	○	○	○
	Capacidad*		Ancho		Radio de plegado		Peso sin puntas		Dientes Cant.	Pluma de uso general (GP) Brazo		Pluma de excavación de gran volumen Brazo	
	m ³	yd ³	mm	pulg	mm	pulg	kg	lb		G3.4JB	G2.9JB	M3.4JB	M2.9JB
Cucharones JB													
Uso general	5,4	7,25	2.260	89	2.350	92,5	5.754	12.674	6	●	●	○	●
	5,8	7,75	2.390	94	2.350	92,5	5.893	12.980	6	●	●	○	○
Para roca de servicio pesado	4,5	6,00	2.260	89	2.240	88,2	5.458	12.022	6	○	○	●	●
Para roca de servicio pesado Cuchilla en V	4,7	6,25	2.260	89	2.377	93,6	5.651	12.447	6	○	○	●	●
Suposiciones para una densidad de material nominal máxima 1. Varillaje delantero completamente extendido sobre la ground del suelo 2. Cucharón plegado 3. Factor de llenado del cucharón de 100% * Las capacidades se basan en la norma SAE J296. Algunos de los cálculos se encuentran en el punto medio entre dos clasificaciones diferentes. El redondeo puede permitir que dos cucharones tengan los mismos valores nominales en unidades inglesas pero diferentes en unidades métricas.										● Densidad máx. del material 2.100 kg/m ³ (3.500 lb/yd ³) ○ Densidad máx. del material 1.800 kg/m ³ (3.000 lb/yd ³) ○ Densidad máx. del material 1.500 kg/m ³ (2.500 lb/yd ³) ○ Densidad máx. del material 1.200 kg/m ³ (2.000 lb/yd ³) ○ 900 kg/m ³ (1.500 lb/yd ³) de densidad máxima del material ● No se recomienda			

Figura 6. Cucharón del Equipo Modelo 385 Mina Tantahuatay-2015.

Fuente: Caterpillar 2010.

La capacidad de levantamiento de la pluma de uso genera está limitada por la capacidad hidráulica y no por la capacidad de carga límite de equilibrio estático. Las clasificaciones de capacidad de levantamiento se basan en la norma SAE J1097. Las cargas nominales no exceden el 87% de la capacidad de levantamiento hidráulica o el 75% de la carga límite de equilibrio estático.

2.3.2. Excavadora 390 CAT

El modelo 390 DL optimiza el consumo de combustible a través de configuraciones flexibles de potencia incorporadas en el controlador ADEM™, donde el motor administrado electrónicamente responde a la demanda de carga. El operador puede seleccionar la modalidad de alta productividad, estándar o económica para cumplir con los requisitos según la aplicación. (Shougang Hierro Perú, 2000 - 2002).

Servicio y mantenimiento

El acceso rápido, fácil y seguro es una característica incorporada en el Modelo de Excavadora 390 CAT

Intervalos de servicio

Los intervalos de servicio prolongados reducen los costos de mantenimiento. El aceite del motor, el filtro de aceite y los filtros de combustible se realizan cada 500 horas.

Orificios para muestras de aceite y de presión

Los orificios para muestras de aceite y de presión facilitan la revisión del estado de la máquina y son estándar en todas las máquinas.

Filtros hidráulicos de cartucho

Los filtros de retorno hidráulico o filtros de cartucho para el sistema hidráulico están ubicados al lado del tanque hidráulico. Los elementos de filtro se pueden retirar sin derramar aceite hidráulico.

Puntos de servicio

Los puntos de servicio están ubicados centralizadamente, con fácil acceso para simplificar el mantenimiento rutinario.

Filtro del sistema hidráulico piloto

Un filtro del sistema hidráulico piloto evita la entrada de contaminantes al sistema piloto y se encuentra en el compartimiento de la bomba. (Sánchez, 2007)

Bloque de engrase remoto

Un bloque concentrado de engrase remoto en la pluma suministra grasa a los lugares difíciles de alcanzar. (Sánchez, 2007)

Filtro de sello radial

El filtro de aire principal de sello radial con antefiltro tiene un elemento de filtro de doble capa para una filtración más eficaz. No se requieren herramientas para cambiar el elemento.

Separador de agua y combustible

El separador de agua y combustible sustrae el agua del combustible, aunque estén bajo presión, y el nivel del agua se puede monitorear en la cabina. (Sánchez, 2007)

Ventiladores hidráulicos de enfriamiento

El Modelo 390 DL usa ventiladores de enfriamiento impulsados hidráulicamente que se operan basándose en las temperaturas del refrigerante y del aceite hidráulico. Para reducir la carga cuando durante la puesta en marcha del motor, la velocidad del ventilador de enfriamiento se fija para un lapso determinado después de que el motor haya arrancado. (Sánchez, 2007)

Cucharones y dientes

Diseñados y fabricados para el trabajo exigente. Caterpillar ofrece una amplia variedad de cucharones, cada uno diseñado y probado en terreno para funcionar como parte integral de su excavadora. Todos los cucharones de Cat® ofrecen Herramienta de corte (GET) de K Series™. Los cucharones están disponibles en cuatro niveles de durabilidad y están fabricados para aprovechar plenamente la potencia de la máquina, los cuales presentan:

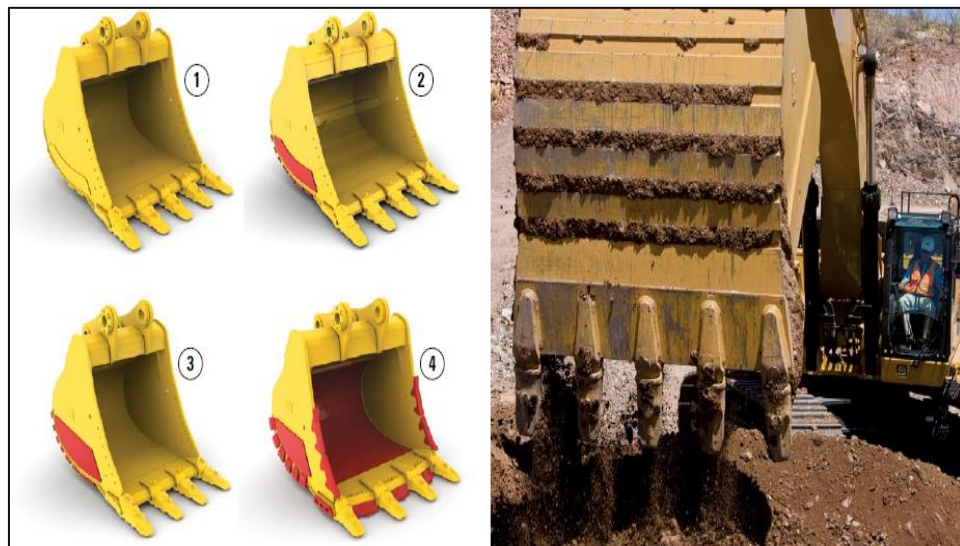


Figura 7. Cucharones modelo CAT 390 CAT.

Servicio General (GD): Los cucharones de servicio general están diseñados para ser usados en material de baja abrasión y bajo impacto, como tierra, limo y composiciones mezcladas de tierra y grava fina.

Servicio Pesado (HD): Los cucharones de servicio pesado son los más populares y son una excelente opción en la “línea central”. Este estilo de cucharón es un buen punto de partida cuando se desconocen las condiciones de la aplicación. Los cucharones de servicio pesado están diseñados para una amplia gama de condiciones de impacto y abrasión, que incluye tierra, arcilla y roca mezcladas.

Servicio Severo (SD)

Los cucharones de servicio severo están diseñados para condiciones de mayor abrasión, como la del granito triturado. En comparación con las del cucharón de servicio pesado, las barras de desgaste y las planchas de desgaste son mucho más gruesas y grandes para proporcionar protección adicional.

Servicio Extremo (XD)

Los cucharones de servicio extremo están diseñados para condiciones de muy alta abrasión, como en canteras de granito. Se han adicionado deflectores en las esquinas, y las planchas laterales de desgaste son más grandes para proporcionar mayor protección.

Engine		Swing Mechanism		Service Refill Capacities	
Engine Model	Cat® C18 ACERT™ (ATAAC)	Swing Speed	6.2 rpm	Fuel Tank Capacity	1240 L 327.57 gal
Net Power – ISO 9249	390 kW 523 hp	Swing Torque	260 kN·m 191,766 lb ft	Cooling System	101 L 26.68 gal
Net Power – SAE J1349	390 kW 523 hp	Drive		Engine Oil	65 L 17.17 gal
Net Power – EEC 80/1269	390 kW 523 hp	Maximum Travel Speed	4.5 km/h 2.8 mph	Swing Drive (each)	19 L 5.02 gal
Bore	145 mm 5.71 in	Maximum Drawbar Pull	590 kN 132,637 lb	Final Drive (each)	21 L 5.55 gal
Stroke	183 mm 7.2 in	Hydraulic System		Hydraulic System (including tank)	995 L 262.85 gal
Displacement	18.1 L 1,104.5 in³	Main System – Maximum Flow (Total)	980 L/min 258.89 gal/min	Sound Performance	
<ul style="list-style-type: none"> The 390D L meets worldwide Tier 3 emission requirements. No engine power derating required below 2300 m (7,500 ft) altitude. Net power advertised is the power available at the flywheel when the engine is equipped with fan, air cleaner, muffler and alternator. 		Swing System – Maximum Flow	460 L/min 121.52 gal/min	Performance ANSI/SAE J1166 OCT98	
Weights		Maximum Pressure – Equipment – Normal	35 000 kPa 5,076.3 psi	<ul style="list-style-type: none"> When properly installed and maintained, the cab offered by Caterpillar, when tested with doors and windows closed according to ANSI/SAE J1166 OCT98, meets OSHA and MSHA requirements for operator sound exposure limits in effect at time of manufacture. Hearing protection may be needed when operating with an open operator station and cab (when not properly maintained or doors/windows open) for extended periods or in a noisy environment. 	
Operating Weight – Long Undercarriage	86 190 kg 190,016 lb	Maximum Pressure – Swing	26 000 kPa 3,770.9 psi	Standards	
<ul style="list-style-type: none"> 8.4 m (27.5 ft) GP boom, R4.4 m (14.4 ft) stick, 4.6 m³ (6.0 yd³) HD bucket and 650 mm (26 in) shoes. 		Pilot System – Maximum Flow	90 L/min 23.78 gal/min	Brakes	SAE J1026 APR90
Track		Pilot System – Maximum Pressure	4120 kPa 597.56 psi	Cab/FOGS	SAE J1356 FEB88/ISO 10262
Number of Shoes Each Side – Long Undercarriage	51	Boom Cylinder – Bore	210 mm 8.27 in		
Number of Track Rollers Each Side – Long Undercarriage	9	Boom Cylinder – Stroke	1967 mm 77.44 in		
Number of Carrier Rollers Each Side	3	Stick Cylinder – Bore	220 mm 8.66 in		
		Stick Cylinder – Stroke	2262 mm 89.05 in		
		HB2 Family Bucket Cylinder – Bore	200 mm 7.87 in		
		HB2 Family Bucket Cylinder – Stroke	1451 mm 57.13 in		
		JC Family Bucket Cylinder – Bore	220 mm 8.66 in		
		JC Family Bucket Cylinder – Stroke	1586 mm 62.44 in		

Stick		R5.5 m (18'1")	R4.4 m (14'5")	R5.5 m (18'1")	R4.4 m (14'5")	GP3.7 m (12'2")	GP3.4 m (11'2")	GP2.92 m (9'7")	M3.4 m (11'2")	M2.92 m (9'7")
Bucket		HB3.9 m³ (5.1 yd³)	HB3.9 m³ (5.1 yd³)	HB4.6 m³ (6.0 yd³)	HB4.6 m³ (6.0 yd³)	HB4.6 m³ (6.0 yd³)	JC4.6 m³ (6.0 yd³)	JC4.6 m³ (6.0 yd³)	JC6.0 m³ (7.8 yd³)	JC6.0 m³ (7.8 yd³)
1 Maximum Digging Depth	mm	11 810	10 710	10 760	9660	8960	8690	8220	7650	7170
	ft	38.74	35.13	35.30	31.69	29.39	28.51	26.96	25.09	23.52
2 Maximum Reach at Ground Line	mm	17 250	16 230	15 730	14 690	14 040	13 910	13 480	12 690	12 240
	ft	56.59	53.24	51.60	48.19	46.06	45.63	44.22	41.63	40.15
3 Maximum Loading Height	mm	10 950	10 520	9720	9270	8980	9090	8910	8200	7980
	ft	35.92	34.51	31.88	30.41	29.46	29.82	29.23	26.90	26.18
4 Minimum Loading Height	mm	3310	4410	1940	3040	3740	4020	4480	3200	3670
	ft	10.85	14.46	6.36	9.97	12.27	13.18	14.69	10.49	12.04
5 Maximum Depth Cut for 2240 mm (8 ft) Level Bottom	mm	11 710	10 600	10 660	9550	8840	8560	8080	7520	7030
	ft	38.41	34.77	34.97	31.33	29.00	28.08	26.50	24.67	23.06
6 Maximum Vertical Wall Digging Depth	mm	8390	7380	7860	6850	5940	6190	5950	5100	4700
	ft	27.52	24.21	25.78	22.47	19.48	20.30	19.52	16.73	15.41

Figura 8. Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390 CAT.

Fuente: Caterpillar-2009

a. Especificaciones de la Excavadora Hidráulica 390 DL

El modelo CAT 390, está supeditado a cargar el material tronado¹ a los diferentes equipos de acarreo de tal forma que facilite la extracción de material hacia la planta y/o depósitos de desmonte, como a puntos intermedios, además presenta las demás especificaciones:

- Gran movilidad y flexibilidad en la operación, con velocidades de desplazamiento de 2,4 km/h.
- Buen posicionamiento gracias al accionamiento independiente de las orugas.
- Capacidad de remontar pendientes hasta 80%.
- Posibilidad de realizar operaciones pendientes de 60%.
- Poder de Versatilidad para orientar el balde de la excavación.
- Exigen poco espacio para operar, constituyendo el equipo ideal en la excavación en zanjas o espacios estrechos.
- Poseen una vida útil media de 25.000 a 35.000 h, lo que resulta beneficioso.
- Capacidad de cuchara 5.8 m³ nominal.

Tabla 5. Capacidad de los modelos 390 y 385 CAT DL

Características	CAT 390	CAT 385
TM/PASES	36.5	36.11
FACTOR DE CUCHARON	96%	98%
PASES	3.75	4
USS/Hr	140.00	132
CAPACIDAD CUCHARON	5.4	4.75

Fuente: Elaboración Propia 2015.

¹ Material Tronado: Es un material producto de la voladura.



Figura 9. Cucharón de CAT 390.
Fuente: Caterpillar 2010.

b. Comparación de Modelos CAT 390 y 385

El Modelo CAT 390 en la Fase de “Carguío y Acarreo” se indagó que el modelo tiene como objetivo cargar el material tronado a los diferentes equipos de acarreo de tal forma que facilite la extracción de material hacia la planta y/o depósitos de desmorte, como a puntos intermedios.

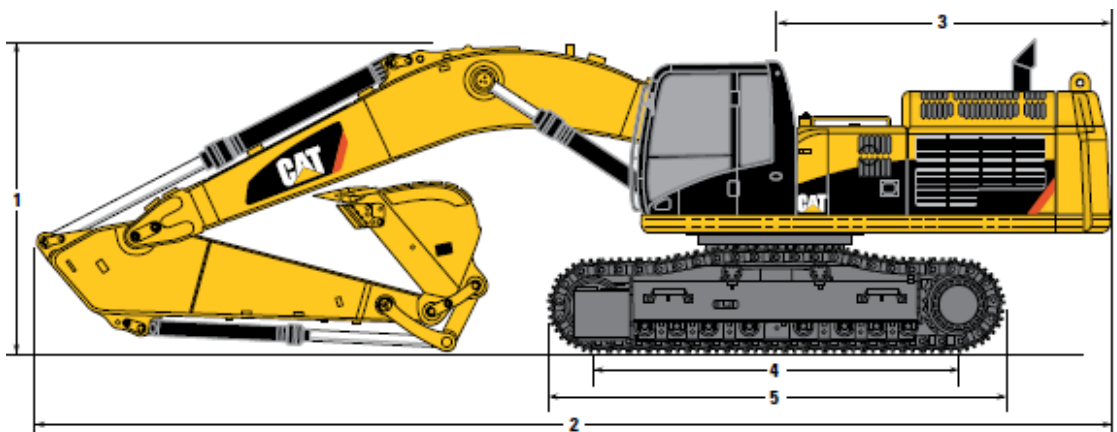


Figura 10. Partes de la CAT 390 y dimensiones
Fuente: Caterpillar 2010.

El acarreo de un Modelo CAT 390, consiste en el movimiento de materiales desde los puntos de extracción (carguío) hacia los diferentes

destinos (depósitos, planta, puntos de acopio). “La optimización de una operación de carguío y acarreo es compleja debido a la naturaleza del sistema, es decir, el equipo de carguío y el de acarreo o transporte deben expresar compatibilidad”. (Burt, 2007)

La unidad de carguío más utilizada es la excavadora en minas donde la producción es alta, muchas veces los equipos son de menor capacidad. “En minería a cielo abierto el carguío y acarreo representa entre el 50% y el 60% de los costos operacionales del proceso completo de explotación”. (Díaz del Río, 2005)

En el carguío como unidad de producción, el problema de la selección de los equipos es complejo dado que se deben considerar diversas características, restricciones y criterios propios de las operaciones en minería a cielo abierto. Las características del material a transportar, el equipo de carga, requerimientos en las rutas de acarreo, espacios para maniobras, condiciones del botadero, capacidad, rendimiento de los motores en altura, transmisiones mecánicas, configuración de los ejes, sistema de manejo mecánico o eléctrico, tamaño de los neumáticos, disponibilidad, entre otros, indica que: “la congestión de camiones también afecta la productividad, por lo existe restricciones del plan mina y botadero, restricciones de disponibilidad de camiones y cargadores, colas de camiones, restricción de vida útil de camiones y cargadores, señala que en carguío aún no existe un método claro y sencillo para determinar un óptimo de camiones y cargadores. (Burt, 2007. pág. 05)

Entre los diferentes modelos utilizados para el cálculo de la flota de camiones mineros, el Factor de Acoplamiento o en idioma inglés “Match Factor”, el término “factor de acoplamiento” (MF) se define como la relación de productividad asociada a un conjunto de camiones y la productividad del cargador. “todos los camiones son iguales en tamaño y velocidades teóricas de operación” (Burt & Caccetta, 2007).

El ciclo de carga para las excavadoras contempla las demoras operacionales. Esta tesis se enmarca en el estudio de las horas operacionales (HOP), que a su vez se subdividen en horas operacionales efectivas (HEF) y horas de pérdidas operacionales (HPE), se tomó en cuenta la cantidad y distribución de los equipos de la siguiente manera:

Tabla 6. Características equipos Mina Tantahuatay-2015

REND. ÓPTIMOS	BCM	MODELO	COSTO \$/Hr	CAPACIDAD m ³	VIAJES
	Volumen (banco m3)				
EQUIPO	RENDIMIENTO 98%				
RE-655-AL	250 BCM	CAT 336	65.00	2.40	17.00
RE-391-AL	250 BCM	CAT 336	65.00	2.40	17.00
RE-20	446 BCM	CAT 385	132.00	4.75	32.00
RE-27	420 BCM	CAT 374	115.2	3.80	28.00
RE-40	458.05 BCM	CAT 390	140.00	5.40	35.00
TOTAL	364.81		517.2		129

Fuente: Topografía CMC.

Los equipos de acarreo son constituidos por volquetes un total de 22 unidades de marca Mercedes (Ver Tabla 6), con una capacidad de 36.5 toneladas, los mismos que se les considera un factor de BCM, equivalente a 14.43 BCM para cada unidad.

Partiendo de:

- Tonelaje nominal: 36.514 toneladas
- Densidad de material insitu = 2.53 ton/m³.
- Tonelaje = volumen x densidad
- Volumen = tonelaje/Densidad

$$\text{Volumen} = V = \frac{36.514 \text{ tn}}{2.53 \text{ tn/m}^3} = 14.43 \text{ m}^3.$$

Podemos apreciar que el volumen tiene incluido el factor de esponjamiento para el cálculo de BCM (**banco m³**), esponjamiento del material por voladura = 20%, tamaño del mineral depositado en el PAD pulgadas=4" - 6", factor de carga del equipo= 90%; Volumen real: 22m³x.9 = 19 m³

- *Desdidad real carga* = ton /vol. real
- *Densidad real carga* = 36.5 ton /19 m3
- *Desdidad real carga* = 1.92 tn/m3

Los volquetes para el traslado del material tienen una ratio de costo de 23.23 \$/HM a continuación se muestra el cuadro con los costos solo por equipo y el código del equipo.

Tabla 7. Costo de los volquetes de acarreo. Mina Tantahuatay-2015

EQUIPOS DE ACARREO			
N°	VOLUMEN-San Martin	CÓDIGO-San Martin	COSTO US\$
1	36.514 TON	V-243 4144K ACTROS	23.23
2	36.514 TON	V-246 4144K ACTROS	23.23
3	36.514 TON	V-263 4144K ACTROS	23.23
4	36.514 TON	V-264 4144K ACTROS	23.23
5	36.514 TON	V-265 4144K ACTROS	23.23
6	36.514 TON	V-266 4144K ACTROS	23.23
7	36.514 TON	V-267 4144K ACTROS	23.23
8	36.514 TON	V-268 4144K ACTROS	23.23
9	36.514 TON	V-269 4144K ACTROS	23.23
10	36.514 TON	V-270 4144K ACTROS	23.23
11	36.514 TON	V-271 4144K ACTROS	23.23
12	36.514 TON	V-272 4144K ACTROS	23.23
13	36.514 TON	V-273 4144K ACTROS	23.23
14	36.514 TON	V-274 4144K ACTROS	23.23
15	36.514 TON	V-282 4144K ACTROS	23.23
16	36.514 TON	V-283 4144K ACTROS	23.23
17	36.514 TON	V-284 4144K ACTROS	23.23
18	36.514 TON	V-285 4144K ACTROS	23.23
19	36.514 TON	V-286 4144K ACTROS	23.23
20	36.514 TON	V-287 4144K ACTROS	23.23
21	36.514 TON	V-3074144K ACTROS	23.23
22	36.514 TON	V-3084144K ACTROS	23.23

Fuente: Topografía CMC-2015.

c. Técnicas para la mejora y resolución de problemas

El Ciclo PHVA, es conocido como "Círculo de Deming", fue el Dr. Williams Edwards Deming uno de los primeros que utilizó este esquema lógico en la mejora de la calidad y le dio un fuerte impulso.

Basado en un concepto ideado por Walter A. Shewhart, el Ciclo PHVA constituye una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, también se lo denomina espiral de mejora continua y es muy utilizado por los diversos sistemas utilizados en las organizaciones para gestionar aspectos tales como calidad (ISO 9000), medio ambiente (ISO 14000), salud y seguridad ocupacional (OHSAS 18000), o inocuidad alimentaria (ISO 22000).

Estas herramientas que ayudan a la mejora y resolución de problemas como: *Brainstorming*, *los cinco porqués*, *reingeniería*, *las 7 Herramientas*, *las 7 nuevas herramientas* y *el Ciclo PDCA* (Plan, Do, Check, Act): Ciclo de planificación, realización, control y actuación que actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas en un proyecto a realizar. (Kennedy, 1994)

a. Calidad: Los requisitos de calidad del escenario mercadológico actual varían y evolucionan según el proceso de evolución tecnológica. Cada día más se hace necesario perfeccionar los procesos para atender a las necesidades de los clientes. Considerando que las necesidades del público consumidor se alteran constantemente, se puede analizar que la búsqueda por la mejoría de los procesos debe ser continua.

b. El Ciclo PHVA: Es un método de gestión de toma de decisiones para asegurar que se alcancen las metas necesarias a la supervivencia de una organización. A partir de ese concepto, cabe subrayar que existen dos tipos de metas: metas para mantener y metas para mejorar. Las metas para mantener, también son conocidas como “metas estándar” y estas se alcanzan a través de operaciones estandarizadas.

Las metas para mejorar no atienden a un tipo de estándar y normalmente se estipula un plazo para alcanzarla.

El PHVA es un enfoque sistemático para evitar conclusiones equivocadas y buscar soluciones optimizadoras, pues los datos se encuentran por encima de personalidades y de egos. Las siglas PDCA son el acrónimo de las palabras inglesas Plan, Do, Check, Act, equivalentes en español a Planificar, Hacer, Verificar, y Actuar.

La interpretación de este ciclo es muy sencilla: cuando se busca obtener algo, lo primero que hay que hacer es planificar cómo conseguirlo, después se procede a realizar las acciones planificadas (hacer), a continuación, se comprueba qué tal se ha hecho (verificar) y finalmente se implementan los cambios pertinentes para no volver a incurrir en los mismos errores (actuar). Nuevamente se empieza el ciclo planificando su ejecución, pero introduciendo las mejoras provenientes de la experiencia anterior, por lo que a continuación se presenta las siguientes etapas:

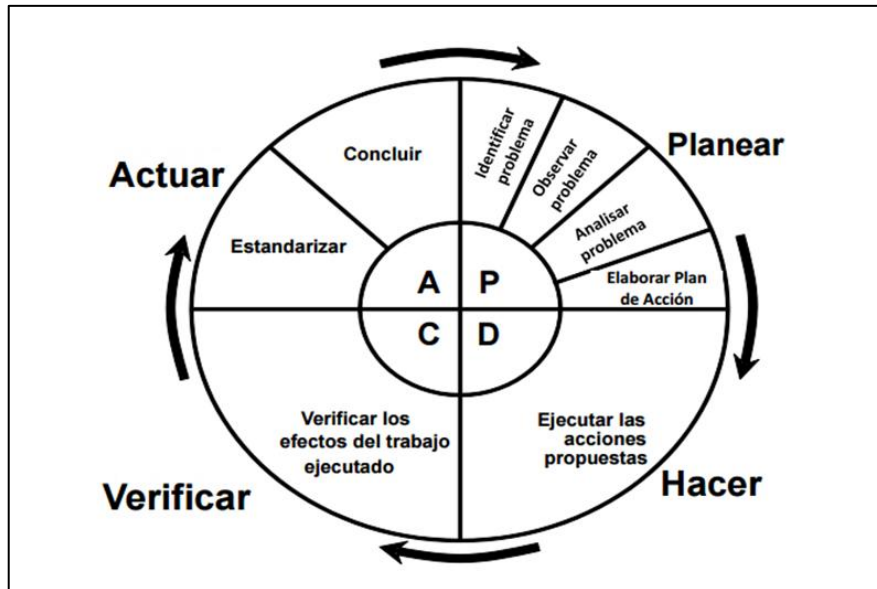


Figura 11. Ciclo del PHVA -2015.
Fuente: Deming, 2010.

El PHVA se divide en 4 etapas que consisten en:

Las etapas del PHVA, buscan soluciones optimizadoras, las siglas PHVA son el acrónimo de las palabras inglesas Plan, Do, Check, Act, equivalentes a:

➤ **Etapas del PHVA**

P - Planificar: Antes de la ejecución de cualquier proceso, las actividades deben ser planificadas con las definiciones de dónde se quiere llegar (meta) y del camino que se debe seguir (método). Esta es, sin duda, una de las principales fases de la gestión. El contrasentido está en la rutinaria desconsideración de la Planificación. En parte, debido a los cortos plazos del día a día, es normal privilegiar el “actuar” en detrimento del “planificar”. Nuestra cultura, claramente, estimula el “hacer”. “No planificamos porque no tenemos tiempo y no tenemos tiempo porque no planificamos”. Buscando el comprometimiento de todos y un plan de mejor calidad, debemos planificar de forma participativa.

D - Ejecutar: Es la ejecución del proceso con el cuidado de registrar los datos que permitan su control posterior. En esta fase es esencial la capacitación, el entrenamiento y la educación. Así como el entrenamiento, el registro de los datos necesarios debe formar parte integrante de la tarea y no ser considerado como un complemento de la misma.

C - Verificar: Es la fase de monitoreo y evaluación, donde los resultados de la ejecución se comparan a la planificación (metas y métodos) para, a continuación, registrar los desvíos encontrados (problemas). Debemos cultivar el hábito de evaluar y monitorear durante el proceso y no, como es muy común, solamente al final de las tareas.

A - Actuar (Correctivamente): Definición de soluciones para los problemas encontrados con perfeccionamiento del proceso. Cuando tomamos alguna actitud para resolver un problema y este vuelve a presentarse algunos días después es señal de que nuestras acciones fueron paliativas y no correctivas.

El Ciclo PHVA es un enfoque sencillo, se usa para mantener o mejorar los resultados de un proceso. Cuando el proceso está estabilizado, se utiliza para mantenimiento de los resultados.

Al contrario, cuando el proceso presenta problemas que tienen que solucionarse, para mejoría de resultados “Método para Análisis y Solución de Problemas – MASP”. (FOCEM, 2013).

Tabla 8. Flujograma del Ciclo PDCA

PDCA	FLUJOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificación del problema	Definir claramente el problema reconocer su importancia
	2	Observación	Investigar las características específicas del problema con una visión amplia y de varios puntos de vista
	3		Descubrir las causas fundamentales
	4	Plan de acción	Elaborar un plan para bloquear las causas fundamentales
D	5	Acción	Bloquear las causas fundamentales
C	6	Verificación	Verificar si el bloqueo ha sido efectivo
		¿Bloqueo ha sido efectivo?	
A		Estandarización	Prevenir contra la reincidencia del problema
	8	Conclusión	Recapturar todo el proceso de solución del problema para trabajo futuro

Fuente: Deming, 2010.

Etapas del PHVA en Gestión de la Calidad - ISO 9000

Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para obtener los resultados de acuerdo con el resultado esperado. Al tomar como foco el resultado esperado, difiere de otras técnicas en las que el logro o la precisión de la especificación es también parte de la mejora.

Hacer: Implementar los nuevos procesos. Si es posible, en una pequeña escala.

Verificar: Pasado un período previsto con anterioridad, volver a recopilar datos de control y analizarlos, comparándolos con los objetivos y especificaciones iniciales, para evaluar si se ha producido la mejora esperada. Se deben documentar las conclusiones.

Actuar: Modificar los procesos según las conclusiones del paso anterior para alcanzar los objetivos con las especificaciones iniciales, si fuese necesario. Aplicar nuevas mejoras, si se han detectado errores en el paso anterior. Documentar el proceso.

➤ **Etapas del ciclo PHVA en ISO 14000**

Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.

Hacer: Implementar los procesos.

Verificar: Realizar el seguimiento y la medición de los procesos respecto a la política ambiental, los objetivos, las metas y los requisitos legales y otros requisitos, e informar sobre los resultados.

Actuar: Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión ambiental.

➤ **Etapas del ciclo PHVA en OHSAS 18000**

Planificar: Establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con la política de SySO de la organización. Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos, requisitos legales, objetivos y programas.

Hacer: Implementar los procesos. Asignación de recursos y responsabilidades, formación y toma de conciencia, comunicación y participación, control de documentos, control operativo, tratamiento de emergencias.

Verificar: Realizar el seguimiento y la medición de los procesos respecto a la política SySO, los objetivos, las metas y los requisitos legales y otros requisitos, e informar

sobre los resultados. Medición y seguimiento, evaluación del cumplimiento, investigación de incidentes, no conformidades, acciones correctivas y preventivas, control de riesgos, auditorías internas.

Actuar: Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión SySO. Revisión por la Dirección.



Figura 12. PHVA en Salud y Seguridad Ocupacional - OHSAS 18000
Fuente: Demig-2010

➤ PHVA en Información Tecnológica - ISO 27001

Etapas del ciclo PHVA en ISO 27001

Planificar: Planificación de tecnología, análisis de peligros, validación de medidas de control, establecimiento de Plan HACCP, establecimiento de PPR operacionales.

DO (Hacer): Implementar los procesos. Asignación de recursos y responsabilidades, formación y toma de conciencia, comunicación y participación, control de documentos, control operativo.

CHECK (Verificar): Realizar el seguimiento y la medición de los procesos respecto a la política de Inocuidad, los objetivos, las metas y los requisitos legales y otros requisitos, e informar sobre los resultados. Medición y seguimiento, evaluación del cumplimiento, investigación de incidentes, no conformidades, acciones correctivas y preventivas, control de peligros, auditorías internas.

ACT (Actuar): Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño del sistema de Inocuidad. Revisión por la Dirección. “El control de la mejora continua solo se logra con la constante practica”. (Kennedy, 1994).

2.4. Definición de términos básicos

Acarreo: Proceso mediante el cual los equipos cargados con el material recorren distancias cortas con respecto a su origen de carga y descarga.

Banco: Son los cortes se ven dos caras descubiertas: una cara superior horizontal y una vertical lateral. Estos horizontes es la altura de banco en CMC la altura es de 8m.

Berma: es la cara superior del banco. Se utiliza para el carguío y para la circulación de los camiones. Es la franja de la cara horizontal de un banco, como un borde, que se deja especialmente para detener los derrames de material. Su ancho varía entre 8 y 12 m.

Carguío: proceso productivo a través del cual el material volado es limpiado mediante excavadoras, cargadores y otros equipos que realicen el traslado del material hacia un equipo de acarreo o acarreo del material.

Componentes mineros: Son las partes fundamentales de los procesos para complementar y contribuir al propósito productivo de la empresa.

Control: Medidas legales y técnicas que se aplican para disminuir o evitar la alteración del entorno o consecuencias ambientales producidas por las actividades del hombre o por desastres naturales.

Depósitos de desmonte (DME): son lugares especialmente destinados para recibir el material estéril de la mina a tajo abierto y los rípios que se obtienen al desarmar las pilas de lixiviación.

Depósitos de material estéril (DME): Son áreas destinadas a almacenar grandes cantidades de material que por su valor no son

aptos para la explotación, pero si para realizar actividades auxiliares la explotación.

Dilución: mezcla de mineral con estéril producto de la voladura y/o carguío. Tiene consecuencia directa en la menor recuperación de mineral en los procesos de beneficio.

Disponibilidad Mecánica: Para los equipos mineros, la disponibilidad mecánica (DM) se define como (tiempo programado - tiempo de mantención) dividido por el tiempo programado. El tiempo de mantención incluye tanto la mantención programada y las fallas de los equipos.

Flota Óptima Operativa. Equipos de acarreo por unidad de excavadora o frente de labor cada frente o excavadora contempla un cierto número de equipos y dinámicamente depende del controlador.

Flota: Numero de volquetes con los que se está trabajando en un frente de carguío – acarreo. Constituye solamente los camiones operativos.

Fragmentación: material que ha reducido su tamaño producto de la voladura, quedando listo para el carguío y acarreo. El grado de fragmentación se mide en cuanto al tamaño medio obtenido y su distribución.

Frentes de trabajo: Son las áreas donde se va a minar el material es decir las áreas donde se ha hecho voladura y el material está listo para ser limpiado, puede constituirse también en un proyecto de corto plazo.

Ley de mena: se refiere al contenido de un determinado metal en la mena, expresado en porcentaje (%), en ppm (partes por millón) o en gramos por tonelada (g/t).

Ley de mineral: se refiere a la concentración de oro, plata, cobre, etc., presente en las rocas y en el material mineralizado de un yacimiento.

Ley de un yacimiento: La ley de un yacimiento es la media ponderada de las leyes correspondientes a las menas de las distintas zonas del yacimiento.

Material Estéril: Material sin valor económico que cubre o es adyacente a un depósito de mineral y que debe ser removido antes de extraer el mineral.

Mejora continua: Son cambios incrementales en los procesos productivos o en las actividades que permiten mejorar algún indicador o rendimiento.

Mejoramiento de Ciclos de acarreo. Disminuir los tiempos muertos y tener más control para poder optimizar el nivel de carga en los viajes en el acarreo aumentando así el nivel de producción por día del material.

Mejoramiento de ritmos de Producción: mayor producción a menor costo haciendo uso de los recursos con los cuales cuenta la empresa minera.

Mina de tajo abierto: Depósito mineral en que su explotación se hace mediante una excavación en superficie. La geometría de dicha excavación puede variar con las características del depósito.

Minar: Clasificar el material y cargarlos, realizar el acarreo desde los puntos donde han sido fragmentado producto de la voladura.

Plataforma de lixiviación (PAD): Área destinada al apilamiento de mineral para ser lixiviado que por su contenido metálico son de gran valor para la explotación.

Programa de Extracción Anual: La cantidad de tiempo expresada en días en que la mina opera al año. Es posible obtener una autorización para aquellos días perdidos (cierre de la mina) debido a condiciones climáticas severas, etc.

Tiempo de Ciclo de la Excavadora: Tiempo requerido para cargar y situar un balde de roca en el volquete.

Utilización efectiva: función básica de diseño, se mide como la razón entre las horas efectivamente trabajadas y las horas nominales (totales).

Utilización: La utilización de los equipos es el porcentaje del tiempo mecánicamente disponible en que el equipo se encuentra operando y realizando su función principal.

Versatilidad: "la versatilidad del diseño permite distintas posibilidades de agrupación; Facilidad grande para el cambio, sobre todo de genio o carácter.

Eficiencia. Producción que realiza un equipo en un determinado tiempo optimizando recursos.

Capacidad: Propiedad de poder contener cierta cantidad de alguna cosa hasta un límite determinado.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados del trabajo de investigación

La presente tesis profesional, se ejecutó en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache, ubicada en la Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca-Perú. Se elaboró con la finalidad de comparar la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390, por el Modelo CAT 385, y así optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay – Cajamarca 2015, desde el 08 de marzo al 08 de agosto de 2015.

Los resultados permitieron seleccionar la mejor opción de eficiencia de un equipo Modelo CAT, para la Unidad de Producción de Tantahuatay y cumplir la meta programada para el año 2015, para lo cual se utilizó la herramienta de PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), que es uno de los métodos más conocido de mejora continua para alcanzar mayor productividad en la ejecución de un proyecto.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos:

3.1.1. Análisis de la eficiencia de los equipos Modelo CAT

Tabla 9. Eficiencias de Modelo CAT 390 y 385

EQUIPO	Volumen m ³	Número de pases	Capacidad del cucharón	Densidad ton/m ³	Ton. por pases
CAT 390	5.40	3.5	98%	1.92	35.56
CAT 390	5.40	3.5	97%	1.92	35.20
CAT 390	5.40	3.5	96%	1.92	34.83
CAT 390	5.40	3.5	95%	1.92	34.47
PP	5.40	3.5	0.965	1.92	35.5
CAT 385	4.75	4.00	99%	1.92	36.11
CAT 385	4.75	4.00	98%	1.92	35.75
CAT 385	4.75	4.00	97%	1.92	35.40
CAT 385	4.75	4.00	96%	1.92	35.02
PP	4.75	4.00	0.975	1.92	35.57

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Tabla 9, se aprecia el análisis de las eficiencias de los Modelo CAT 390 y 385, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015. Se observa que el Modelo CAT 390 difiere en la capacidad del cucharón en 96.5% a diferencia del Modelo 385, es de 97.5%, lo que difieren en 0.01%.

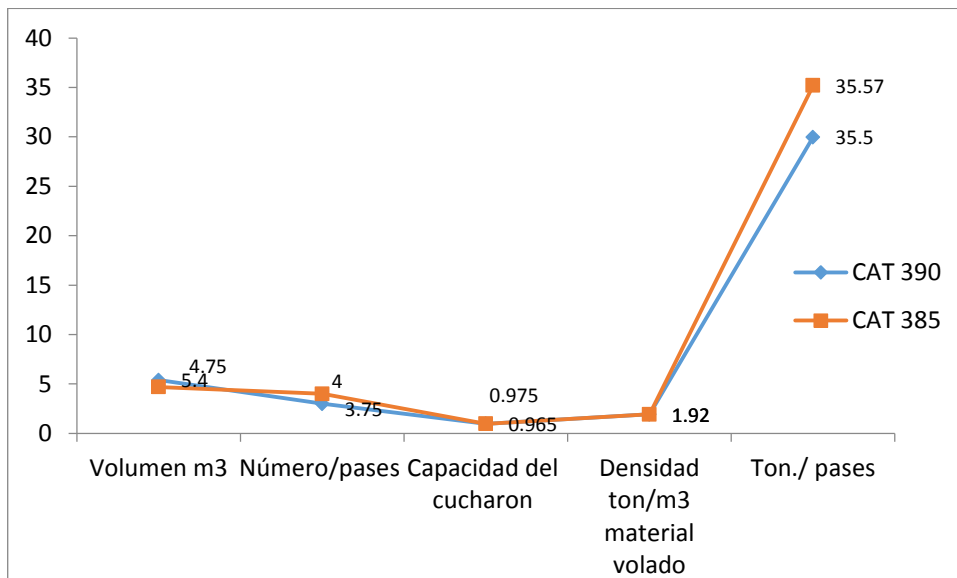


Figura 13. Análisis de la eficiencia de los equipos Modelo CAT
Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura 13, se considera la diferencia del número de toneladas por pases en los dos Modelos CAT 390 y el Modelo CAT 385 siendo mayor el número de toneladas por pases del Modelo CAT 385 en 0.07 Ton por volquete cargado, teniendo mayor eficiencia el equipo Modelo CAT 385.

Durante la ejecución de la presente tesis profesional, se evaluó los promedios de rendimiento de los dos equipos Modelo CAT 385 y Modelo CAT 390, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015.

Tabla 10. Promedios de rendimiento Modelo CAT 390

CAT_390 Operaciones Minera Tantahuatay						
Días	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto
1	s.d	30	34	33	32	33
2	s.d	33	33	32	34	32
3	s.d	34	33	32	31	31
4	s.d	32	32	31	32	32
5	s.d	33	33	32	33	34
6	s.d	31	34	34	32	33
7	s.d	34	32	32	31	32
8	29	32	31	34	31	s.d
9	34	32	33	33	32	s.d
10	30	33	33	33	31	s.d
11	31	34	35	32	32	s.d
12	33	32	31	31	32	s.d
13	32	33	32	32	32	s.d
14	31	32	33	32	33	s.d
15	34	32	32	33	34	s.d
16	30	34	32	32	33	s.d
17	32	33	33	32	32	s.d
18	31	33	31	31	32	s.d
19	29	26	34	32	31	s.d
20	32	31	32	32	32	s.d
21	31	33	31	33	32	s.d
22	30	32	30	31	32	s.d
23	34	32	33	32	33	s.d
24	33	32	31	34	33	s.d
25	31	31	33	33	32	s.d
26	31	33	33	32	34	s.d
27	32	33	32	34	32	s.d
28	33	31	32	36	33	s.d
29	32	29	33	35	32	s.d
30	31	33	31	34	35	s.d
31	33	31	33	33	32	s.d
	31.63	32.06	32.42	32.65	32.32	32.43

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Tabla 10, se aprecia los promedios de rendimiento del equipo de la excavadora Modelo CAT 390 en función a sus promedios nominales del proveedor, del Área de Operaciones Minera Tantahuatay, desde el 08 de marzo al 08 de agosto de 2015.

Tabla 11. Promedios de rendimiento Modelo CAT 385

CAT_385 Operaciones Minera Tantahuatay						
Día	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto
1	s.d	30	34	31	31	30
2	s.d	33	33	30	31	31
3	s.d	34	33	30	30	30
4	s.d	31	31	31	30	31
5	s.d	31	30	30	31	30
6	s.d	31	24	32	30	31
7	s.d	30	31	30	30	30
8	31	32	31	30	31	s.d
9	30	30	30	30	30	s.d
10	30	30	30	30	31	s.d
11	31	31	31	31	31	s.d
12	30	30	31	31	30	s.d
13	30	31	30	30	30	s.d
14	31	31	31	31	31	s.d
15	30	30	32	30	30	s.d
16	30	31	30	30	31	s.d
17	30	31	30	30	30	s.d
18	31	30	30	31	32	s.d
19	31	31	31	30	31	s.d
20	30	30	31	29	30	s.d
21	31	30	30	32	31	s.d
22	30	30	30	30	31	s.d
23	30	30	31	31	30	s.d
24	30	30	30	30	31	s.d
25	30	31	31	31	31	s.d
26	30	30	31	30	30	s.d
27	31	30	31	31	31	s.d
28	30	31	31	30	31	s.d
29	31	31	31	30	31	s.d
30	30	31	31	31	31	s.d
31	30	31	30	30	30	s.d
	30.33	30.74	30.68	30.42	30.61	30.43

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Tabla 11, se aprecia los promedios de rendimiento del equipo de la excavadora Modelo CAT 385 en función a sus promedios nominales del proveedor, del Área de Operaciones Minera Tantahuatay, desde el 08 de marzo al 08 de agosto de 2015.

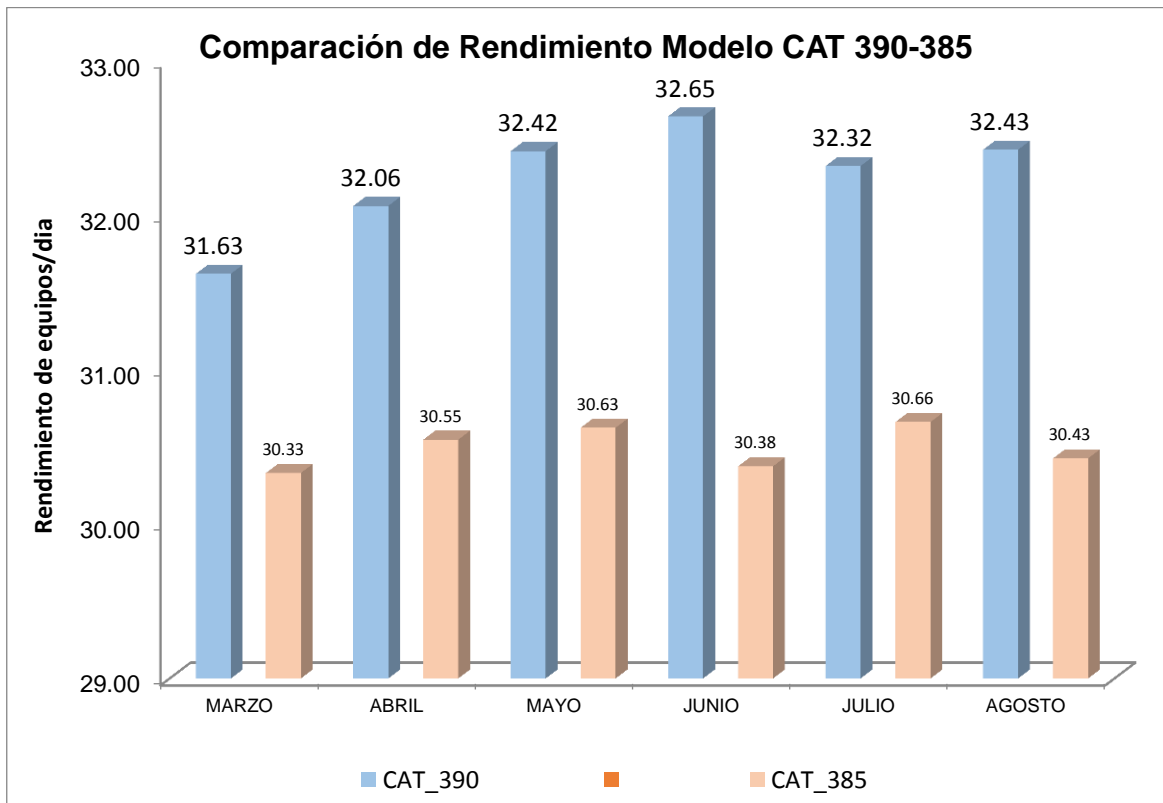


Figura 14. Análisis de rendimiento viajes de los equipos Modelo CAT
Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura. 14, se aprecia la comparación de rendimientos promedios de los equipos CAT 390 y 385, desde el 08 de marzo al 08 de agosto de 2015. Se aprecia que el Modelo CAT 390, en el mes de junio logra el máximo rendimiento con 32.65, agosto con 32.43 y mayo con 32.42, se explica porque en la estación de Hualgayoc, las temperaturas en promedio anuales fluctúan entre 12,3 °C y 12,7 °C, así mismo el área del proyecto se caracteriza por tener vientos de velocidades medias en estas fechas, con un promedio a lo largo del año de 4,08 m/s. La distribución de las velocidades a lo largo del día señala que las velocidades más altas de viento son alcanzadas entre las 11:00 y las 15:00 horas. Por lo que el proceso de operación de carguío en el UP Tantahuatay es recomendable dentro de ese lapso.

En el modelo CAT 385, en el mes de julio logra el máximo rendimiento con 30.66, y mayo con 30.63, porque en la estación de Hualgayoc las temperaturas promedio anuales fluctúan entre 12, 5 °C, así mismo el área del proyecto se caracteriza por tener vientos e velocidades medias en estas fechas, con un promedio a lo largo del año de 4,25 m/s. La distribución de las velocidades a lo largo del día señala que las velocidades más altas de viento son alcanzadas entre las 10:00 y las 16:00 horas. Por lo que el proceso de operación de carguío en el UP Tantahuatay es recomendable dentro de ese lapso, obteniendo más horas favorables para el trabajo, sin vientos.

La data procesada del Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015, arroja las fluctuaciones promedio de los rendimientos de los dos equipos Modelo CAT 390 y 385, mostrados en la Figura. 12, que revelan el mayor rendimiento por equipo Modelo CAT 390, durante el periodo de ejecución del trabajo de investigación, con respecto al Modelo CAT 385. Si se tiene en consideración el volumen, la capacidad que genera cada equipo Modelo CAT durante el presente trabajo de investigación, se detalla las características de cada equipo:

Tabla 12. Capacidad de los Modelos CAT 385 - 390

Equipos	Volumen m ³	Nº de pases	Capacidad del cucharón	Densidad Ton/m ³	Numero de pases por volquete
CAT 390	5.4	3.75	97%	1.92	3.60
CAT 385	4.75	4	98 %	1.92	4.00

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Tabla 12, se aprecia la Capacidad de los Modelos CAT 385 – 390, donde existe una diferencia de volumen en el equipo 0.65 m³ por lo el Modelo CAT 390, debería de que por sus dimensiones tiene mayor capacidad.

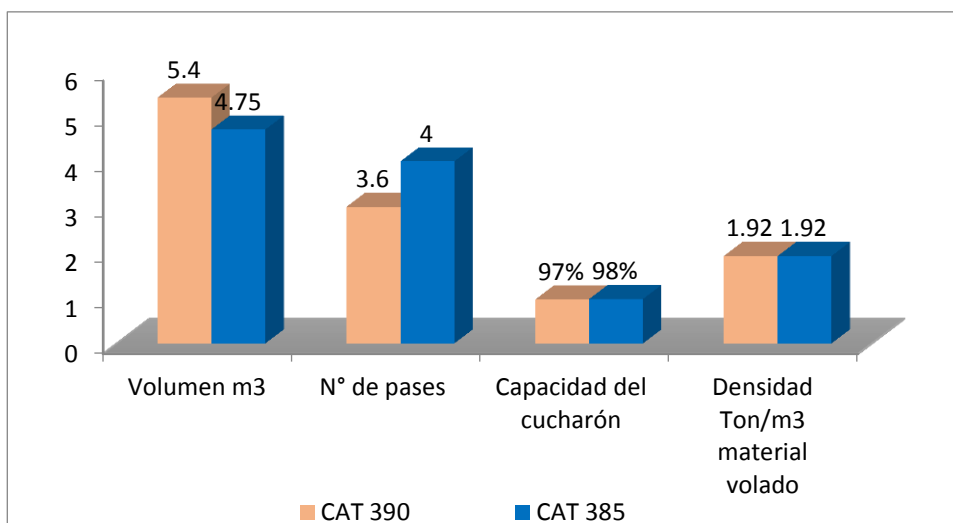


Figura 15. Análisis de Capacidad de los Modelos CAT 385 – 390

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura. 15, se aprecia la Capacidad de los Modelos CAT 385 – 390, donde existe una diferencia de la capacidad del cucharón en 1%, por lo que para el Modelo CAT 390, se estimará mayor capacidad.

a. Eficiencia de los equipos Modelo CAT 390

Se logra la variable independiente: Eficiencia de los equipos Modelo CAT por Costo en \$/h:

Tabla 13. Eficiencia de los equipos Modelo CAT 390, del año 2015.

Excavadora	Viajes hora/óptimo	Viajes hora/real	Mes	Pérdida viajes/Hr	N° viajes perdidos/día	Pérdida viajes/Mes
CAT 390	33	31.62	marzo	1.38	27.58	44.68
CAT 390	33	32.06	abril	0.93	18.77	30.40
CAT 90	33	32.42	mayo	0.58	11.65	18.87
CAT 390	33	32.64	junio	0.35	7.12	11.53
CAT 390	33	32.32	julio	0.68	13.59	22.01
CAT 390	33	32.43	agosto	0.57	11.46	18.57
Total					15.02	24.34

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 13, se aprecia la comparación de viajes por hora /óptimo como la cantidad de viajes por hora/ real de los equipos Modelo CAT 390, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015, notándose que solamente la eficiencia del Modelo CAT 390 llega hasta un 97.58%

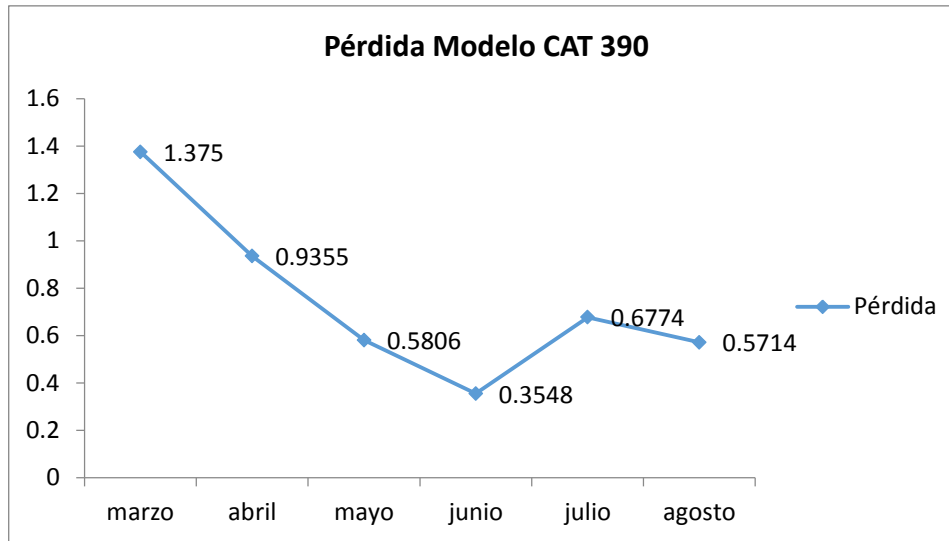


Figura 16. Pérdida de viajes/ hora optimo Vs real Modelo CAT 390
Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura 16, se aprecia la pérdida de viajes por hora /óptimo con la cantidad de viajes por hora/ real de los equipos Modelo CAT 390, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015, notándose que marzo presenta la mayor pérdida de 1.375 viajes como lo demuestra el Dispatch Control de Operaciones de Minera Tantahuatay 2015, por lo que no llegan a su óptimo de viajes, pero en el mes de junio existe menor pérdida de viajes, durante el periodo de ejecución del trabajo de investigación de 0.35 pérdidas por viaje en el equipo Modelo CAT 390 como lo señala el Dispatch Control de Operaciones de Minera Tantahuatay 2015. Para mayor discernimiento se muestra el reporte de viajes de fecha 15 de junio de 2015 (Ver Tabla 13), que deberían de haber alcanzado el óptimo de 702 viajes, en el equipo Modelo CAT 390 y de 642 viajes, en el equipo Modelo CAT 385.

Tabla 14. Número de viajes del equipo Modelo CAT 390, del año 2015.

Excavadora	US\$/ hora	US\$/ Día	US\$/ Mes	Mes
CAT 390	9.03	181.21	293.57	marzo
CAT 390	6.12	123.27	199.73	abril
CAT 90	3.81	76.52	123.97	mayo
CAT 390	2.32	46.77	75.76	junio
CAT 390	4.45	89.28	144.63	julio
CAT 390	3.75	75.30	122.00	agosto
Total	4.92	98.73	159.94	

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

Tabla 15. Número de viajes del equipo Modelo CAT 390, del año 2015.

FECHA	TURNO	SUPERVISOR	EQUIPO CARGUÍO	N° VIAJES
15/06/2015	DÍA	CESAR JESÚS	RE-40	698
			RE-20	639
15/06/2015	NOCHE	JUAN CHIQUEZ	RE-40	698
			RE-20	639

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Tabla 14., se muestra los viajes realizados por dos supervisores de turno día y noche en el mes de junio, debiendo de haber alcanzado su total de viajes de 702 Viajes promedio por guardia. Si se considera que el rendimiento del Modelo CAT 390 es de 35 viajes/hora y estos viajes solo llegaron a 698 viajes se aprecia una pérdida de viajes por hora /óptimo en 0.38 viajes del plan de carguío para el mes de junio de 2015.

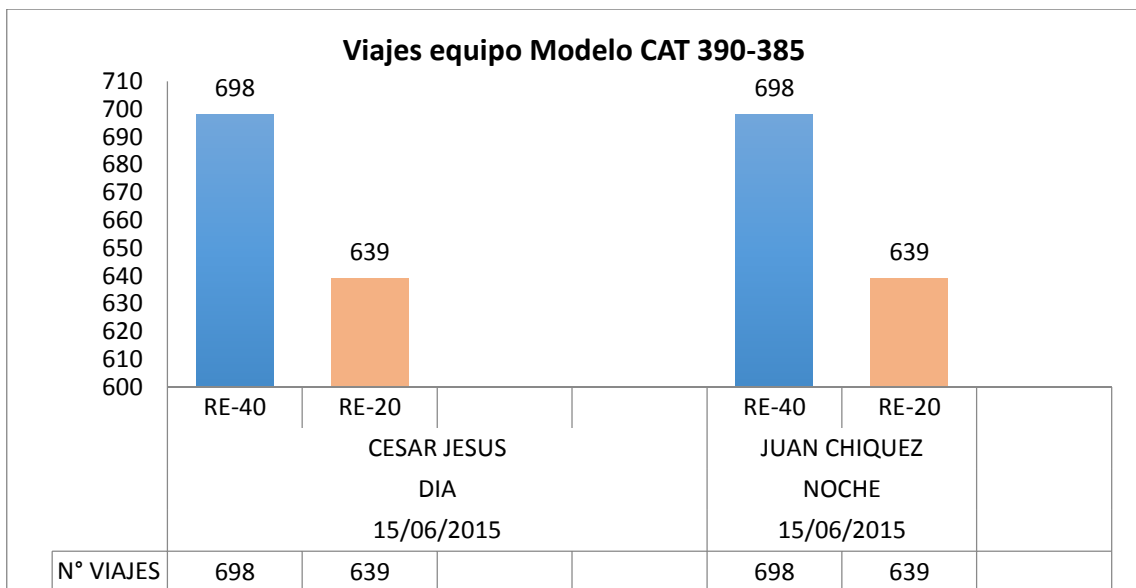


Figura 17. Número de viajes perdidos equipo Modelo CAT 390, del año 2015.

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura 17, se muestra los viajes realizados en dos turnos por dos supervisores diurno y nocturno, si comparamos los rendimientos la excavadora CAT 390 falta 2 viajes para su rendimiento máximo que sería de 702 viajes / guardia. Se considera que el rendimiento máximo del Modelo CAT 390 es de 35 viajes/hora.

b. Pérdida que genera por mes el equipo Modelo CAT 390

Tabla 16. Número de viajes del equipo Modelo CAT 390, del año 2015.

Excavadora	Mes	Pérdida viajes/Hr	N° viajes perdidos	Pérdida viajes/Mes	US\$ ton/Hr	US\$ ton/Día	US\$ ton/Mes
CAT 390	marzo	1.36	27.58	44.68	9.03	181.21	293.57
CAT 390	abril	0.93	18.77	30.40	6.14	123.27	199.73
CAT 390	mayo	0.58	11.65	18.87	3.81	76.52	123.97
CAT 390	junio	0.35	7.12	11.53	2.32	46.77	75.76
CAT 390	julio	0.68	13.59	22.01	4.45	89.28	144.63
CAT 390	agosto	0.57	11.46	18.57	3.75	75.30	122.00
Total, promedio		0.75	15.03	24.34	4.92	98.73	159.94

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Tabla 15, se aprecia la pérdida económica por mes que genera el equipo Modelo CAT 390 cuando no se llega a sus viajes óptimos, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015, donde el número de viajes perdidos se multiplicó por el factor FH que equivale a 20.06 horas por 0.18 US\$ que el costo de carguío de una tonelada siendo una tonelada 36.5, siendo el promedio mes de

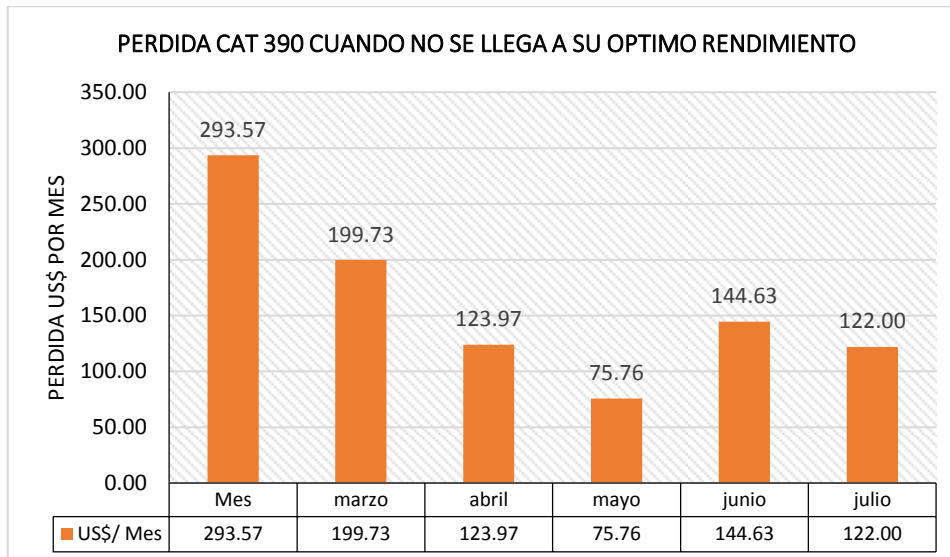


Figura 18. Número de viajes perdidos equipo Modelo CAT 390, del año 2015.

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura 18, se aprecia la pérdida económica por número de viajes perdidos promedio para los meses de investigación, que recae en el mes de marzo con 293.57 US\$ y el mismo mes genera una pérdida económica

por mes de abril con US\$ 199.73, seguido por el mes de julio US\$ 144.53, perdidas en dólares por la cantidad de toneladas perdidas.

a. Eficiencia de los equipos Modelo CAT 385

Se logra la variable independiente: Eficiencia de los equipos Modelo CAT por Costo en \$/h:

Tabla 17. Eficiencia de los equipos Modelo CAT 385, del año 2015.

Excavadora	Viajes hora/optimo	Viajes hora/real	Mes	Perdida viajes	N° viajes perdidos	Perdida/MES
CAT 385	31	30.33	marzo	0.67	13.37	21.66
CAT 385	31	30.55	abril	0.45	9.03	14.63
CAT 385	31	30.63	mayo	0.37	7.48	12.12
CAT 385	31	30.38	junio	0.62	12.50	20.25
CAT 385	31	30.66	julio	0.33	6.73	10.90
CAT 385	31	30.43	agosto	0.57	11.46	18.57
Total					10.10	16.36

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 16, se aprecia la comparación de viajes por hora /óptimo como la cantidad de viajes por hora/ real de los equipos Modelo CAT 385, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015, notándose que el Modelo CAT 385 cumple con el 98.40% de su eficiencia.

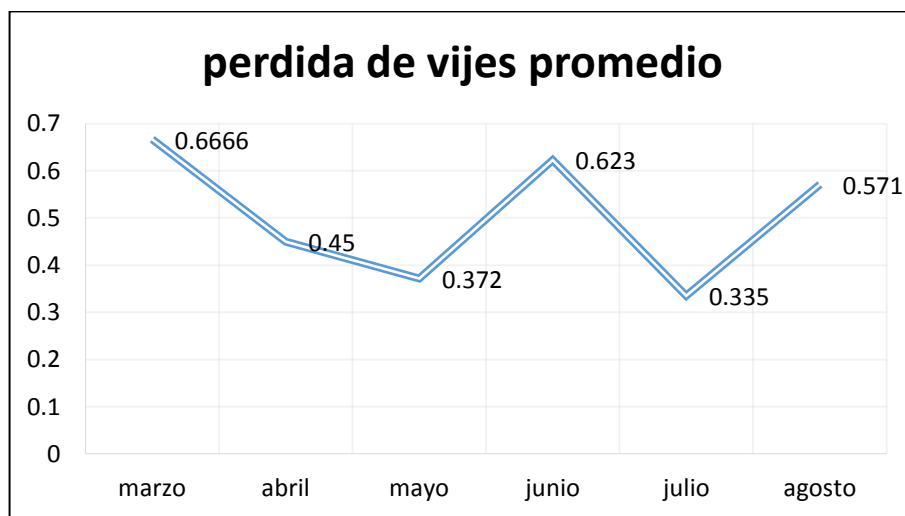


Figura 19. Pérdida de viajes/ hora optimo Vs real Modelo CAT 385

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura 19, se aprecia la pérdida de viajes por hora /óptimo con la cantidad de viajes por hora/ real de los equipos Modelo CAT 385, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015, notándose que en julio se pierde 0.335 viajes como lo demuestra el Dispatch Control de Operaciones de Minera Tantahuatay 2015, por lo que no llegan a su óptimo de viajes programados, a igual que en el mes de mayo existe menor pérdida de viajes, de 0.37 pérdidas por viaje en el equipo Modelo CAT 385 como lo señala el Dispatch Control de Operaciones de Minera Tantahuatay 2015.

c. Pérdida que genera por mes el equipo Modelo CAT 385

Tabla 18. Número de viajes del equipo Modelo CAT 385, año 2015.

Excavadora	Mes	Pérdida viajes/Hr	N° viajes perdidos	Pérdida viajes/Mes	US\$ ton/Hr	US\$ ton/Día	US\$ ton/Mes
CAT 385	marzo	0.67	13.37	21.66	4.38	87.86	142.33
CAT 385	abril	0.45	9.03	14.63	2.96	59.34	96.14
CAT 385	mayo	0.37	7.48	12.12	2.44	49.14	79.61
CAT 385	junio	0.62	12.50	20.25	4.09	82.13	133.06
CAT 385	julio	0.33	6.73	10.90	2.20	44.21	71.63
CAT 385	agosto	0.57	11.46	18.57	3.75	75.30	122.00
Total, promedio		0.50	10.10	16.36	3.30	66.33	107.46

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 17, se aprecia la pérdida económica que genera por mes el equipo Modelo CAT 385, durante los meses de marzo hasta agosto de 2015, donde el número de viajes perdidos se multiplicó por el factor FH que equivale a 20.06, que es el m³, la pérdida por mes de se halló de multiplicar el número de viajes perdidos por el costo de cargar una tonelada U\$\$ 0.18:

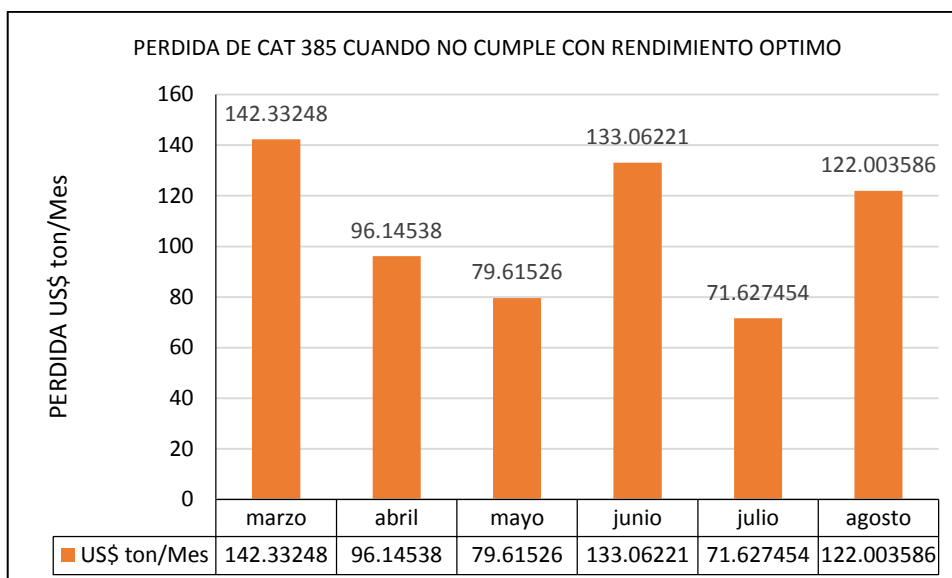


Figura 20. Número de viajes perdidos equipo Modelo CAT 390, del año 2015.
Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura. 20, se aprecia la mayor cantidad de pérdida que genera el Modelo CAT 385, que reincide en el mes de marzo equivalente a 142.33 US\$ viajes perdidos por factores de condiciones atmosféricas. A igual que el mes de junio con US\$ 133.06 y agosto con US\$ 122, se aprecia también que la menor pérdida por mes es en julio con US\$ 71.62

3.2. Análisis de la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385

Los equipos Modelo CAT 390, presentan un volumen de 5.4 m³ con un promedio de capacidad del cucharón de 97% y 3.6 números de pases.

Tabla 19. Análisis de eficiencia de equipos Modelo CAT 390, año 2015.

Equipo	Volumen m ³	Numero de pases	Capacidad del cucharon	Densidad ton/m ³	VIAJES	Ton. por Viajes/H
CAT 390	5.40	3.60	98%	1.92	37.59	1335.11
CAT 390	5.40	3.60	97%	1.92	37.21	1321.49
CAT 390	5.40	3.60	96%	1.92	36.82	1307.86
CAT 390	5.40	3.60	95%	1.92	36.44	1294.24
			97%			1314.67

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 18, se considera el análisis de eficiencia de equipos Modelo CAT 390, año 2015. Si se toma en cuenta su capacidad promedio, se tiene que en la capacidad promedio del equipo, sólo se consideran tres pases el cuarto se realiza a un 80% para pases de sobrellenado, si fueran cuatro, los números de pases de manera efectiva, su capacidad promedio estaría por encima de la carga de los volquetes, considerando factores de capacidad de cucharón diferentes que no satisface el número efectivo de pases. Para esta capacidad los volquetes sólo atribuyen como carga nominal 36.5 toneladas, por lo que se infiere que, en este contexto, no puede realizar un trabajo eficiente el equipo Modelo CAT 390 al ejecutar 4 pases de carga. Logrando 1 tonelada más en promedio sobre los volquetes considerando 95% de la capacidad del cucharón.

Los equipos Modelo CAT 385, presentan un volumen de 4.75 m³ con un promedio de capacidad del cucharón de 98% y 4 números de pases.

Tabla 20. Análisis de eficiencia de equipos Modelo CAT 385, año 2015.

Equipo	Volumen m ³	Numero de pases	Capacidad del cucharón	Densidad ton/m ³	Ton. por pases	Ton. por VIAJES/H
CAT 385	4.75	4.00	99%	1.92	36.11	1318.20
CAT 385	4.75	4.00	98%	1.92	35.75	1304.89
CAT 385	4.75	4.00	97%	1.92	35.39	1291.57
CAT 385	4.75	4.00	96%	1.92	35.02	1278.26
			98%			1298.23

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 19, se considera el análisis de eficiencia de equipos Modelo CAT 385, del área de Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015. Si se toma en cuenta su capacidad promedio del equipo, se tiene que, sólo se consideran cuatro pases para suplir este contexto, donde el equipo Modelo CAT 385, promete una interesante propuesta porque se encuentra dentro del rango de su óptima capacidad para abastecer los equipos Actros 4144 k. Este escenario muestra la mejor opción para la excavadora Modelo CAT 385, la que sólo se logra en condiciones óptimas de operación. Obteniendo un volumen total de 1298.23 toneladas/hora.

Del análisis de los dos equipos Modelo CAT, se obtiene una diferencia en tonelaje de 16 ton/Hr por el Modelo CAT 360, siendo el equipo Modelo CAT 385, el más recomendable por su mayor capacidad y número de pases efectivo con respecto al Modelo CAT 390. Por lo que se concluye que es más fácil cambiar una excavadora Modelo CAT 385 que tener una excavadora Modelo CAT 390 con deficiencia en el número de pases de carguío.

Tabla 21. Comparación de la capacidad de equipos Modelo CAT 2015.

Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015			
Equipos	Volumen m ³	Numero de pases	Ton. por viaje
CAT 390	5.40	3.6	1314.20
CAT 385	4.70	4.00	1298.02
		Total	2616.23

Fuente: Elaboración Propia.

Para la excavadora Modelo CAT 385, el escenario ofrece una agradable propuesta para su utilización se considera que esta dentro del rango de su óptima capacidad para abastecer los equipos Actros 4144 k.

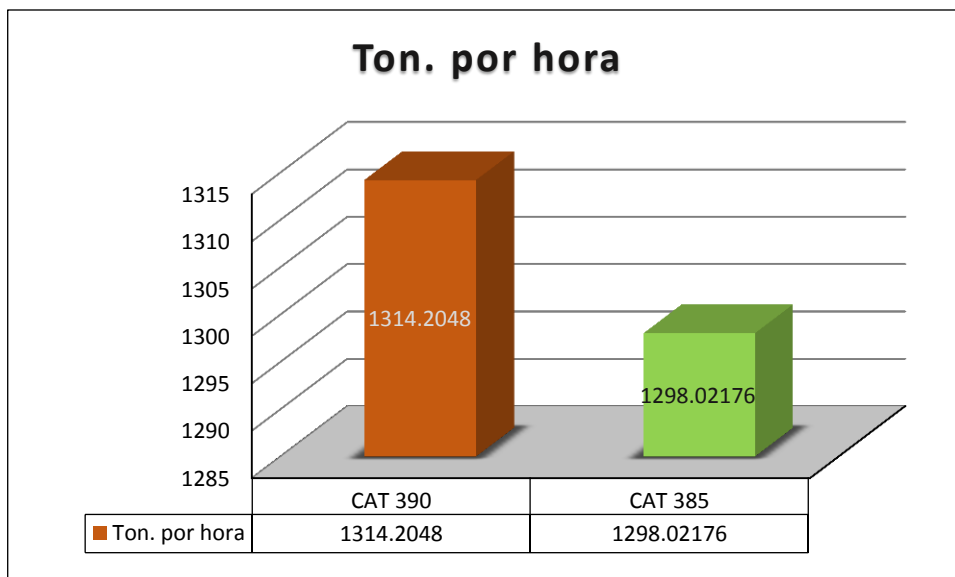


Figura 21. Viajes por hora de equipo Modelo CAT.

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

En la Figura 21, se considera el análisis de la capacidad de los equipos Modelo CAT 390 y 385, del área de Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

De ambos análisis se concluye que la mayor eficiencia de los equipos de carguío al relacionar las capacidades promedio, utilizando menor número de pases se logró el mismo objetivo, lo que demuestra mayor eficiencia de la excavadora Modelo CAT 385, alcanzando el un volumen total de 1298.02 ton/Hr la que sólo se logra en condiciones normales; es mejor el modelo CAT 385 porque el número de pase es el más efectivo que el de la CAT 390 y no genera pérdidas en el carguío.

Tabla 22. Perdida de producción de los equipos

Perdida de tonelaje por deficiencia de la cuchara al 90% CAT 390					
Capacidad de cuchara Tn	Toneladas / viaje	Toneladas / hora	Toneladas / día	Toneladas / mes	Perdida en US\$
10.057	1	32	641.92	19257.6	3466.368
Perdida de tonelaje por deficiencia de la cuchara al 90% CAT 385					
Capacidad de cuchara Tn	Toneladas / viaje	Toneladas / hora	Toneladas / día	Toneladas / mes	Perdida en US\$
0	0	0	0	0	0

Fuente: Dispatch Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015.

3.3. Diseño de propuesta plan de mejora

Para la información obtenida del presente trabajo e investigación se utilizó el Diagrama de Ishikawa como guía de inicio para realizar propuesta del plan de mejora del Área de Operaciones Minera Tantahuatay 2015 de la siguiente manera:

Reportes realizados:

a. Diagrama de Ishikawa:

Se utilizó para identificar una síntesis de oportunidades de mejora con respecto al proceso de comparación de la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390, por el Modelo CAT 385 y optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay - 2015, como una guía y lograr diversas actividades de mejora para alcanzar las metas programadas de la empresa del Área de carguío y acarreo.

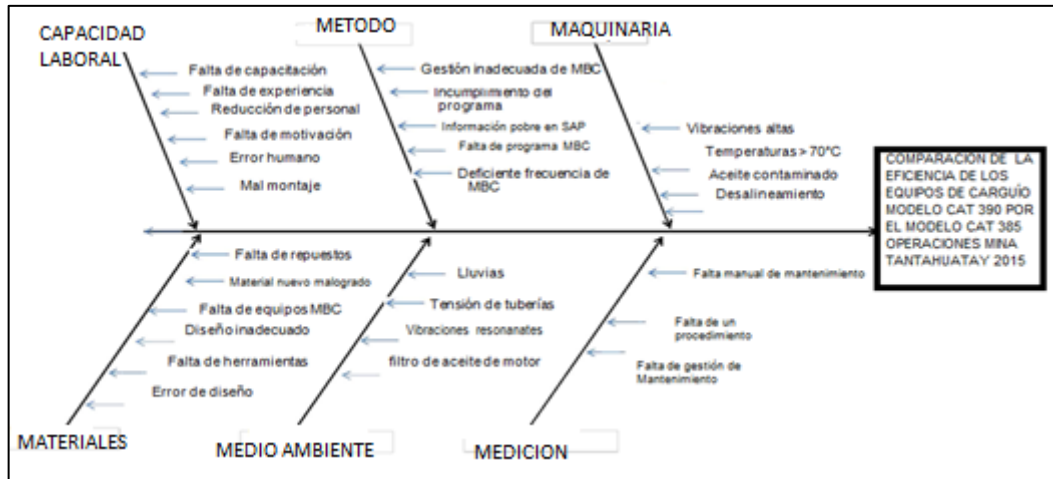


Figura 22. Diagrama de Ishikawa del proceso del sistema operacional
Fuente: www.ingemieriaonline.com

El diagrama de Ishikawa muestra algunas causas que originó el incumplimiento de plan de carguío y acarreo en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

Como se observa en la Figura 22, se identificó las diferentes etapas que intervienen durante el proceso de carguío, que están relacionadas con el equipo, personal, repuestos, proceso, falta de capacitación, falta de motivación, error humano los cuales son resultados de los problemas como:

- **Desarrollo de parte humana:** Distribución planificada de tareas inadecuadas.
- **Herramientas:** Inutilizadas, descalibradas, inadecuadas o no disponibles.
- **Personal:** Falta de conocimiento, falta de habilidad o motivación inadecuada, o personal nuevo que no conoce.
- **Repuestos:** No disponibles para ejecución del mantenimiento, o no se lo solicitó, o no llegó después de haber solicitado el requerimiento.
- **Condiciones atmosféricas** inadecuadas de acuerdo a la época del año.

b. Alternativas propuestas para comparar la eficiencia Modelo CAT:

Al aplicar el Ciclo PDCA, para mejorar la producción en los frentes de trabajo, se tomó la densidad real, expresada el resultado en BCM, porque el material volado influye directamente en el volumen de la tolva del volquete por la fragmentación del material expuesto (Ver Tabla 13), para lo cual, se encontró dos alternativas:

Primera Alternativa elección de Equipo Modelo CAT 390

- La primera alternativa sería, si se escoge trabajar con el equipo Modelo CAT 390. Se cambiaría la flota de volquetes para aumentar el volumen, porque las tolvas de los volquetes no están diseñadas para cargar más de 37 Toneladas.

Tabla 23. Propuesta de equipo Modelo CAT 390

Equipo	Volumen m ³	N° de pases	Capacidad del cucharón	Densidad real Ton/m ³	Viajes	Ton. por Viajes/h
CAT 390	5.4	4.00	98%	1.92	32	46885.26
CAT 390	5.4	4.00	97%	1.92	32	46406.84
CAT 390	5.4	4.00	96%	1.92	32	45928.41
CAT 390	5.4	4.00	95%	1.92	32	45449.99
Total			97%			46,167.62

Fuente: Elaboración propia - 2015.

- Modificar las tolvas de los volquetes mercedes; esta alternativa puede causar un desequilibrio en el mantenimiento de los equipos pues perderían la garantía por parte de las empresas Mercedes, porque se está quitando el estándar de seguridad de los volquetes, es muy difícil usar esta alternativa, pero se tendrá como un plan alternativo; como se ha visto las dos alternativas son más complicadas que realizar el cambio del modelo CAT 390 por el modelo CAT 385 que es más efectivo y recomendable para la empresa. (Calder P.N, Chile. 2000)

Segunda Alternativa elección de Equipo Modelo CAT 385

- Seleccionar el equipo Modelo CAT 385, por tener un número efectivo de pases.
- Mejorar la producción a través de la mayor capacidad que genera el Modelo CAT 390 en condiciones de compatibilidad de equipos.

c. Identificación de problemas

Se identificó el PHVA, los problemas en el Área de Operaciones de carguío y acarreo de Mina Tantahuatay-2015.

Tabla 24. Identificación de problemas Área de Carguío y Acarreo

Tipo de problema	Síntoma	Posibles causas	Actividad que se afecta
Sobreproducción	Exceso de tareas no programadas. Se realiza trabajos no necesarios.	Personal no conoce el equipo. Falta de entrenamiento.	Inspección
Esperas	No se puede iniciar las actividades.	Personal en actividades ajenas. Falta de repuestos. Falta de herramientas.	Inspección Prueba de presiones. Mantenimiento
Transporte	Personal demora para realizar el cambio de repuesto. Se dirige al almacén de herramientas o repuestos constantemente	Repuestos ubicados lejos del área de trabajo. Ordenes de trabajos NO disponibles. Ruta de ejecución mal distribuida. Número de pases mal distribuidos	Carguío
Inventario	Repuestos sobrantes en las canastas.	El personal no cambia todos los repuestos	Mantenimiento
Defectos	Re-trabajos por reparaciones.	Personal sin entrenamiento. Falta de procedimiento.	Carguío
Movimientos	Personal va a almacén de herramientas y repuestos. Personal se desplaza por una misma zona del equipo en varias oportunidades antes de realizar el trabajo.	Repuestos faltantes en canasta. Mala distribución de tareas.	Carguío
Sobre-procesamiento	Líder demora en llenar los formatos. Personal demora mucho tiempo para solicitar repuestos al almacén.	Repetición de datos en diferentes formatos. Excesivas aprobaciones por repuestos no catalogados	Carguío Ejecución de trabajos No programados.

Fuente: Elaboración propia-Mina Tantahuatay 2015.

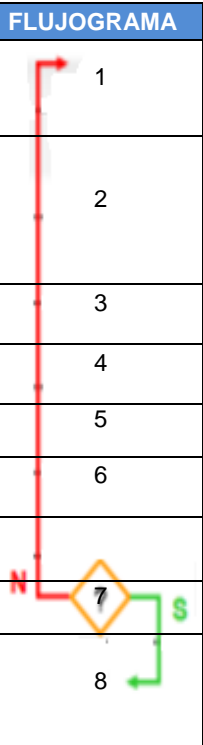
Según lo expuesto en el marco teórico, se identificó el PHVA en comparación de la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390

por el modelo CAT 385, para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay, trabajando en las fases de: Horas de parada se observan el tiempo que se pierde al hacer su recorrido cada equipo, por lo que se observa la identificación de problemas que se generan, para lo cual se logra el flujo del Ciclo PHVA (Ver Tabla 22):

d. Identificación de logros en el Ciclo PHVA

Se identificó el PHVA, los logros en Flujograma del Ciclo PHVA, en el Área de Operaciones de carguío y acarreo de Mina Tantahuatay-2015.

Tabla 25. Logro de Flujograma Ciclo PHVA en Área de Operaciones Mina Tantahuatay

PDCA	FLUJOGRAMA	FASE	OBJETIVO	
P		1	Identificó el problema	¿Cómo influye la eficiencia de equipos de carguío Modelo CAT 390, por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay?
		2	Observación	<ul style="list-style-type: none"> - La cantidad de viajes representa substantivamente la cantidad de tonelaje que se ha movido producto del carguío y acarreo. - Los resultados de la excavadora Modelo CAT 385 son más aceptables.
		3	Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - El Modelo CAT 385 tiene mayor capacidad y con menor número de pases.
		4	Plan de acción	<ul style="list-style-type: none"> - Reemplazar a un equipo Modelo CAT_390, por el modelo CAT 385.
D	5	Acción	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor eficiencia en la producción 	
C	6	Verificación	<ul style="list-style-type: none"> - El equipo Modelo CAT_385, presenta mayor capacidad en menor número de pases. 	
		¿Bloqueo ha sido efectivo?	<ul style="list-style-type: none"> - Sí 	
A	7	Estandarización	<ul style="list-style-type: none"> - Utilizar el equipo del Modelo CAT 385 	
		8	Conclusión	<ul style="list-style-type: none"> - Se demuestra mayor eficiencia de la excavadora Modelo CAT 385, alcanzando el un volumen total de 1284.8 m³/h la que sólo se logra en condiciones óptimas de operación.

Fuente: Monografias.com.

3.4. Análisis e interpretación de resultados

Después de presentar los resultados obtenidos en la presente tesis profesional, ejecutado en el Área de Operaciones de Carguío y Acarreo de la Unidad de Producción (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache,

ubicada en la Provincia de Hualgayoc, Departamento de Cajamarca, elaborada con la finalidad de comparar la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390, por el Modelo CAT 385, y así optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay se manifiesta que:

Los resultados permitieron seleccionar la mejor opción de eficiencia de un equipo Modelo CAT, para la Unidad de Producción de la mina Tantahuatay y cumplir la meta programada del año 2015, para lo cual se utilizó la herramienta de PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), que ayudó a mejorar y alcanzar mayor productividad en la ejecución de un proyecto.

Al comparar los resultados de este trabajo profesional, con la Tesis elaborada en la Universidad Nacional de San Agustín, de Arequipa de Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 980 G y la excavadora CAT 345 LB, para la selección de equipo de carguío, se determinó que para la producción y la mayor eficiencia de los equipos de carguío, es importante tener un control detallado de los tiempos de cada actividad y se corroboró que la eficiencia de operación no siempre determina la selección del equipo conveniente, por lo que conviene calcular la productividad; que mediante un análisis de costos nos permita comparar dos equipos.

De la comparación de los resultados obtenidos del análisis de eficiencias de equipos Modelo CAT 390, año 2015. Si se toma en cuenta su capacidad promedio, se tiene que se consideran tres pases, si fueran cuatro los números de pases, su capacidad promedio estaría por encima de la carga de los volquetes, considerando factores de capacidad de cucharón diferentes que no satisface el número efectivo de pases. Para esta capacidad los volquetes sólo atribuyen como carga nominal 36.5 toneladas, por lo que se infiere que, en este contexto, no puede realizar un trabajo eficiente el equipo Modelo CAT 390 al ejecutar 4 pases de carga.

De la comparación de los resultados obtenidos del análisis de eficiencias de equipos Modelo CAT 385, del área de Control de Operaciones Minera Tantahuatay 2015. Si se toma en cuenta su capacidad promedio del equipo, se tiene que, sólo se consideran cuatro pases para suplir este contexto, donde el equipo Modelo CAT 385, promete una interesante propuesta porque se encuentra dentro del rango de su óptima capacidad para abastecer los equipos Actros 4144 k.

Lo relevante de la presente tesis profesional, son los resultados obtenidos desde el 08 de marzo hasta el 08 de agosto de 2015, ejecutados por un periodo considerable de tiempo de 06 meses de investigación, los cuales son confiables en comparación con otros estudios realizados en menos tiempo en el Área de Carguío y Acarreo de la mina Tantahuatay.

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPOTESIS

4.1. Prueba de hipótesis general

De la hipótesis: El presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis: Los equipos de carguío Modelo CAT 385, presentan mayor eficiencia que los equipos de carguío Modelo CAT 390, lo que optimiza el incremento de la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

De lo referido, se concluye que los equipos de carguío Modelo CAT 385, presentan mayor eficiencia que los equipos de carguío Modelo CAT 390, lo que mejora el rendimiento del modelo Cat 385, e incrementa la producción logrando la mayor eficiencia de 98% y una ganancia de 1.53 UU\$/H/Ton, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay. Se presenta los análisis de la eficiencia de los equipos en la siguiente tabla, por lo que se comprueba y se acepta la hipótesis general.

Tabla 26. Análisis de capacidades de los equipos

ANALISIS DE LOS EQUIPOS CAT 385 – CAT390				
EQUIPO	Tonelada / h	Costo / hora	% Eficiencia	Ganancia
CAT-385	1166	132.00 UU\$/H	98%	1.53 UU\$/H /Ton
CAT-390	1191	140.00 UU\$/H	97%	1.59 UU\$/H /Ton

Aquí podemos observar que la producción es relevante en el modelo Cat 390 y un supuesto indica que la excavadora Cat 390 es la mejor opción, pero vamos a verificar a través de las hipótesis específicas que la mejor opción es la Cat 385.

4.2. Prueba de hipótesis específicas

Hipótesis Específicas.

El presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis: Los equipos de carguío Modelo CAT 385, presentan mayor eficiencia que los equipos de carguío Modelo CAT 390, lo que optimiza el incremento de la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

Tabla 27. Análisis de los equipo

ANALISIS DE CAPACIDADES					
EQUIPO	Capacidad cucharon	N° de pases	Efectividad	Deficiencia	Factor de uso
CAT-385	98%	4.00	100%	0.00%	90%
CAT-390	97%	3.60	98%	2.00%	92%

Fuente: Elaboración propia

Como pérdida del equipo Cat-390 por no realizar el número efectivo de pases se concluye como perdida en lo siguiente.

Tabla 28. Análisis de los equipo

ANALISIS DE PERDIDA DEL MODELO CAT-390					
Ton / Pase	N° pases	Ton. Perdida/viaje	Costo / Ton	US\$ Pedida /Hora	US\$ Pedida /Mes
10.05	3.6	4.02	0.118	0.47	285.45
LA PÉRDIDA QUE GENERA EL EQUIPO CAT-390 ES POR EL 0.4 DEL ULTIMO PASE PUES EL COMSUMO DEL COMBUSTIBLE, PERSONAL, COSTO DEL EQUIPO ES EL MISMO, MANTENIMIENTO.					

Fuente: Elaboración propia

De lo referido, se concluye que los equipos de carguío Modelo CAT 385, no presentan perdidas en comparación al equipo de carguío Modelo CAT 390, lo que mejora el rendimiento del modelo Cat 385, e incrementa la producción evitando la pérdida de US\$ 0.47 dólares por viaje de mineral y US\$ 285.45, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay. Se presenta los análisis de la eficiencia de los equipos en la siguiente tabla, por lo que se comprueba y se acepta la hipótesis general.

Se presenta los análisis de la eficiencia de los equipos en la siguiente tabla, por lo que se comprueba y se acepta las hipótesis específicas.

CAPÍTULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

Conclusiones

La mayor eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT, es de 98.40% con un promedio de 30.5 viajes que corresponde al equipo Modelo CAT 385, con respecto al Modelo CAT 390, la eficiencia es de 97% que corresponde a un promedio de 32.2 viajes.

La menor eficiencia presenta el Equipo de carguío Modelo CAT 390, que genera una pérdida económica promedio de US\$ 159.94 al mes, establecido en base a los rendimientos reales que se genera en el trabajo con respecto al rendimiento óptimo del equipo.

Los indicadores de comparación de los Equipos de carguío Modelo CAT, fueron el número de pases del cucharón, número de viajes perdidos el equipo/h/mes, la eficiencia del equipo y el porcentaje de disponibilidad mecánica 97% del Modelo CAT 390 y 98% del Modelo CAT 385, durante el periodo de investigación.

La ganancia económica que genera el mejor Equipo Modelo CAT, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay es el equipo Modelo CAT 385, pues evita la pérdida de US\$ 3466.368 que genera Modelo CAT 390 por la deficiencia del número de pases.

Recomendaciones

Se recomienda a la mina Tantahuatay, cambiar los equipos Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385, por tener mayor eficiencia para el cumplimiento del plan de carguío de la empresa.

Es más factible hacer el cambio de un equipo de equipos Modelo CAT 390, que hacer el reemplazo de una flota de 23 volquetes en el área de carguío de la mina Tantahuatay.

La Modelo CAT 390, no es recomendable, produce menos no es compatible con el volquete mercedes Actros 4144K, el número de pases no es efectivo porque al abastecer de 4 pases sobrecargaría el volquete.

Elaborar estudios de plan de sistemas de carguío en base a modelos de los equipos CAT, observar su eficacia, capacidad y rentabilidad en mejora de la producción de la empresa o proyecto.

Referencias Bibliográficas

- Barrantes, T. (2005). "Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 980 G y la excavadora CAT 345 LB, para la selección de equipo de carguío en Comarsa". (Trabajo Tesis). Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- Burt & Casseta. (2007, Junio). Características de los equipos mineros. Simposio Internacional de minería. Ponencia presentada en el Primer Congreso Minero, Toronto, Canadá.
- Calderón .P.N. (2000, agosto). Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Ponencia presentada en el decimoquinto Congreso Minero, Santiago, Chile.
- Candia, B., & Mejía, D. (2009). Minería chilena. Factores en los ciclo de carguío que afectan la producción del mineral. Santiago Chile. Instituto de investigación minera.
- Caterpillar (2005). Performance metrics for mobile mining equipment. Quinta edición en español. USA. 159 p.
- Compañía Minera Coimolache S.A. (2008).proyecto Tantahuatay Estudio de Impacto Ambiental, Resumen Ejecutivo (E.I.A.). Recuperado de: www.ciamineracoimlache.pe
- Compañía Minera Coimolache S.A. (2015). Reportes de producción, controle mensuales de producción y anuales. Recuperado de: www.ciamineracoimlache.pe
- Diagrama de Ishikawa. Diagrama que permite identificar los procedimientos y factores para mejorar un ciclo de mejora dentro de una actividad. Recuperado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa El diagrama causa - efecto.
- Diaz del Rio, M. (2005). "Manual de Maquinaria pesada para minería ". Análisis de Equipos Mineros. (pp. 111-216). Madrid: España

Kennedy, E. (1994). "Surface Mining and drilling for mine golden world".
Gestión y costos. (pp. 371-386). Santiago: Chile EDITEC Ltda

Ministerio de Energía y Minas. (2012). Informes de producción minera para
empresas de la gran minería en Perú, controle mensuales de producción
y anuales. Decimo informe anual de producción. Lima -Perú

Normas y estándares internacionales (2000-2008). Guía para la evaluación del
sistema de gestión de la calidad según la Norma UNE-EN ISO 9004:2000.
Herramientas y planes de mejora: Quinta edición de manuales para
equipos de carguío.

Shougang Hierro Perú. (2000 - 2002). Selección de camiones, y palas
eléctricas, con un análisis de compatibilidad de equipos, para el control
de flota. Recuperado de:
www.shougang.pe

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco. (1998-2002). "Curso
Métodos de Explotación Superficial"

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Tabla 24. Comparación de la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay – Cajamarca 2015”

Problema	Hipótesis	Objetivo	Variables	Definición conceptual	Indicadores	Metodología	Fuente	Técnica	Instrumento
¿Cómo influye la eficiencia de equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay?	Los equipos de Modelo CAT 385, presentan mayor porcentaje de eficiencia que los equipos de carguío Modelo CAT 390, lo que optimiza el incremento de la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.	Determinar la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385, para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.	V.I: Equipo de carguío Modelo CAT 390, por el equipo del Modelo CAT 385.	Equipo de carguío Modelo CAT 390, presenta excelente capacidad de control, altas fuerzas en el brazo y en el cucharón. Equipo de carguío Modelo CAT 385, presenta alto nivel de producción sostenida, mayor rendimiento y la fiabilidad y durabilidad mejoradas aumentan su productividad y disminuyen sus costos de operación.	Eficacia del equipo. Tonelada/hora	<u>Tipo de Investigación</u> Investigación Pre experimental <u>Nivel de Investigación</u> -Descriptiva, explicativa y comparativo <u>Diseño de Investigación</u> - cualitativa, descriptiva <u>Población:</u> - Establecida por los 08 equipos de carguío del proceso de producción de operaciones mina durante el año 2015, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.	Lectura directa	Registro de Lectura	Estudio de campo
			V.D: Comparación de la eficiencia.	La eficiencia de los equipos es hacer las cosas correctamente, resolver problemas, ahorrar gastos, cumplir con el plan programado en la empresa	Pérdida económica Falla correctiva	<u>Muestras</u> Las mediciones que ejecutan 02 excavadoras de carguío Modelo CAT 390 y Modelo CAT 385 del proceso de producción en el Área de Operaciones Mina, durante el periodo del 08 de marzo al 08 de agosto de 2015.	Lectura directa	Registro de Lectura-Software	Fichas de registro

Fuente: Elaboración propia-2015.

Anexo 2. Diagrama de flujo de área de carguío y acarreo mina Tantahuatay

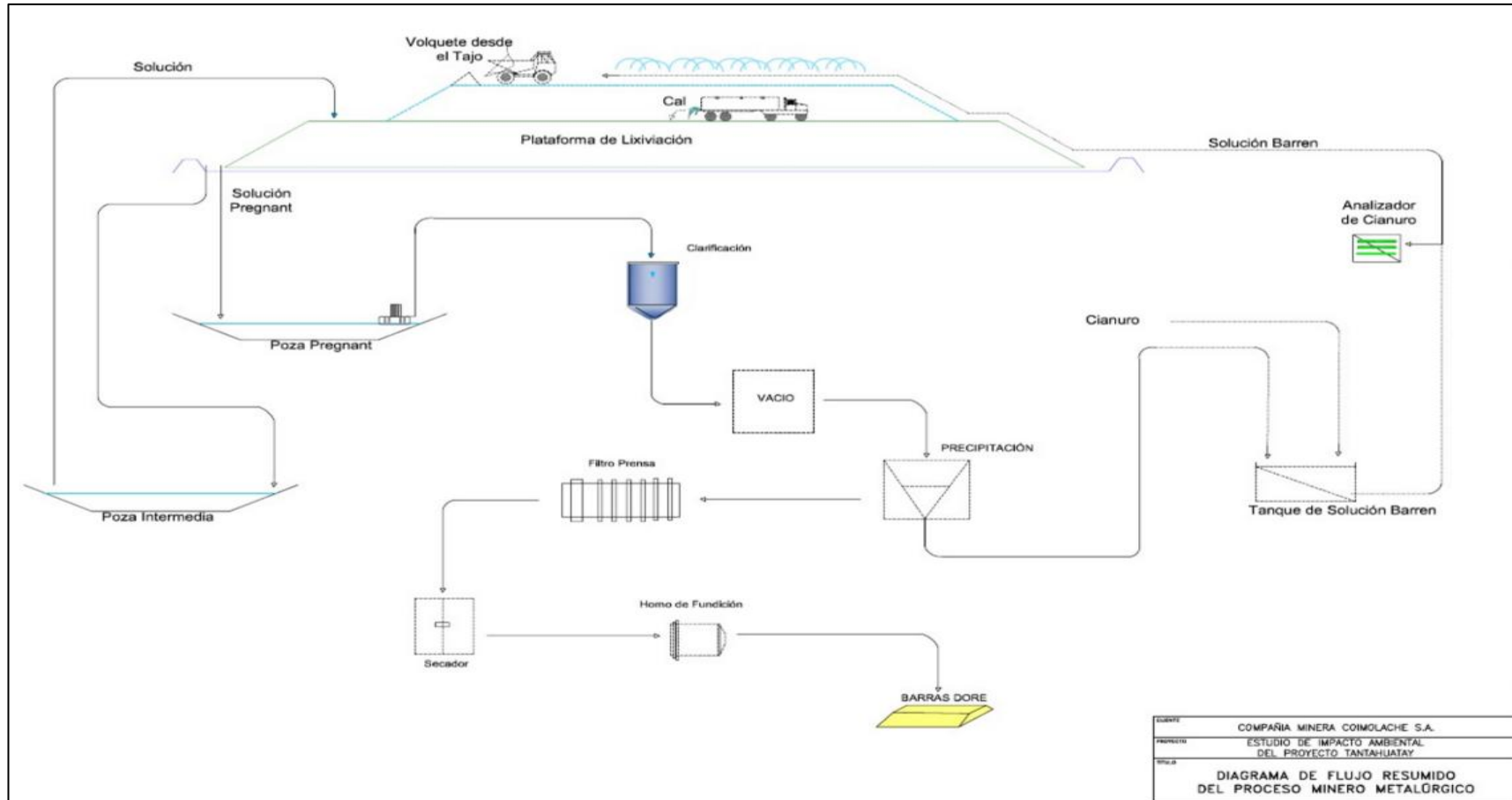


Figura 23. Área de mantenimiento mina Tantahuatay -2015.
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

Anexo 3. Calidad del aire mina Tantahuatay -2015.

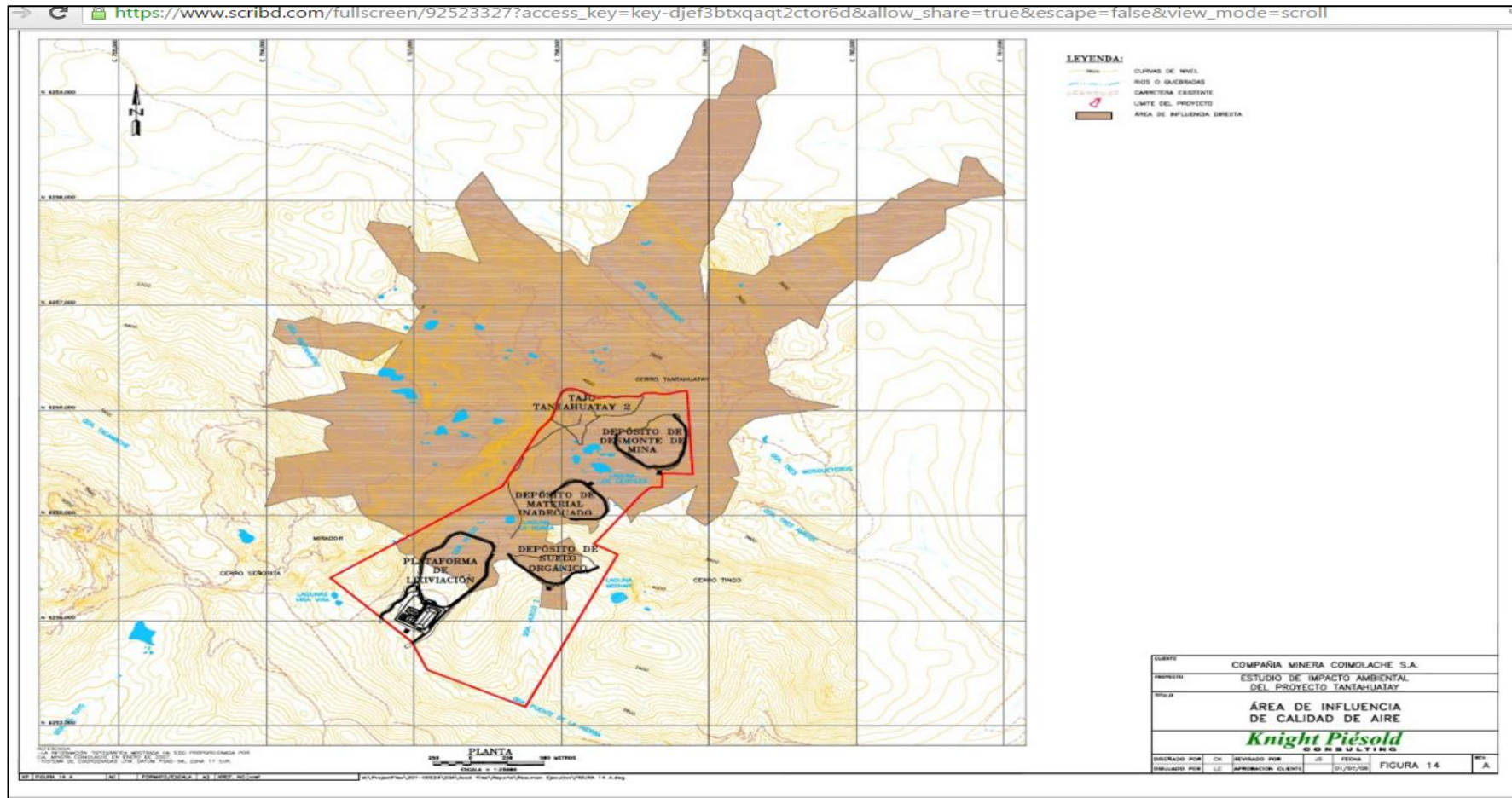


Figura 24. Área de mantenimiento mina Tantahuatay -2015.
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

Anexo 4. Relieve suelos y vegetación

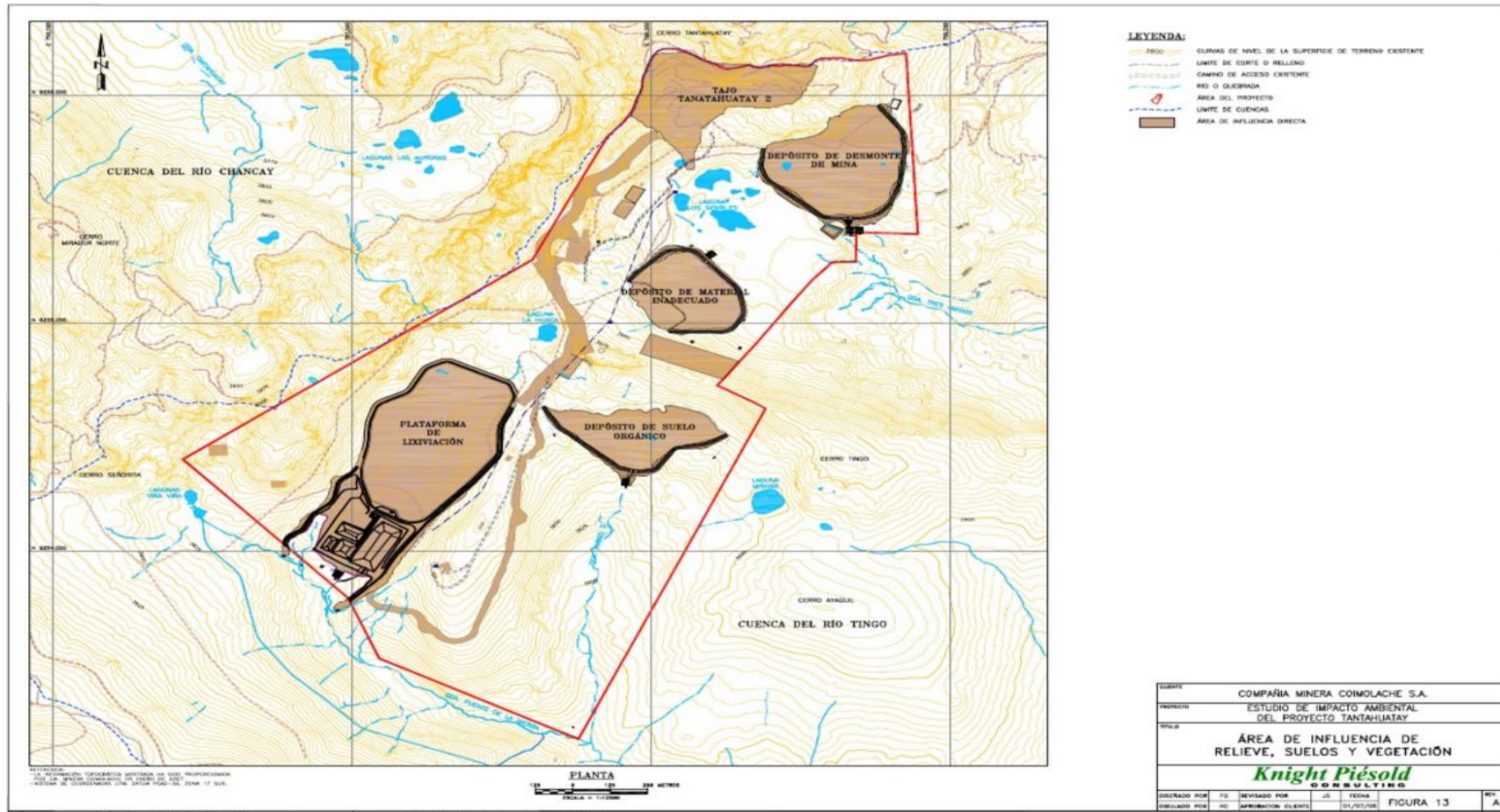


Figura 25. Área de mantenimiento mina Tantahuatay -2015.
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

Anexo 5. Área de asfalto dañado mina Tantahuatay-2015

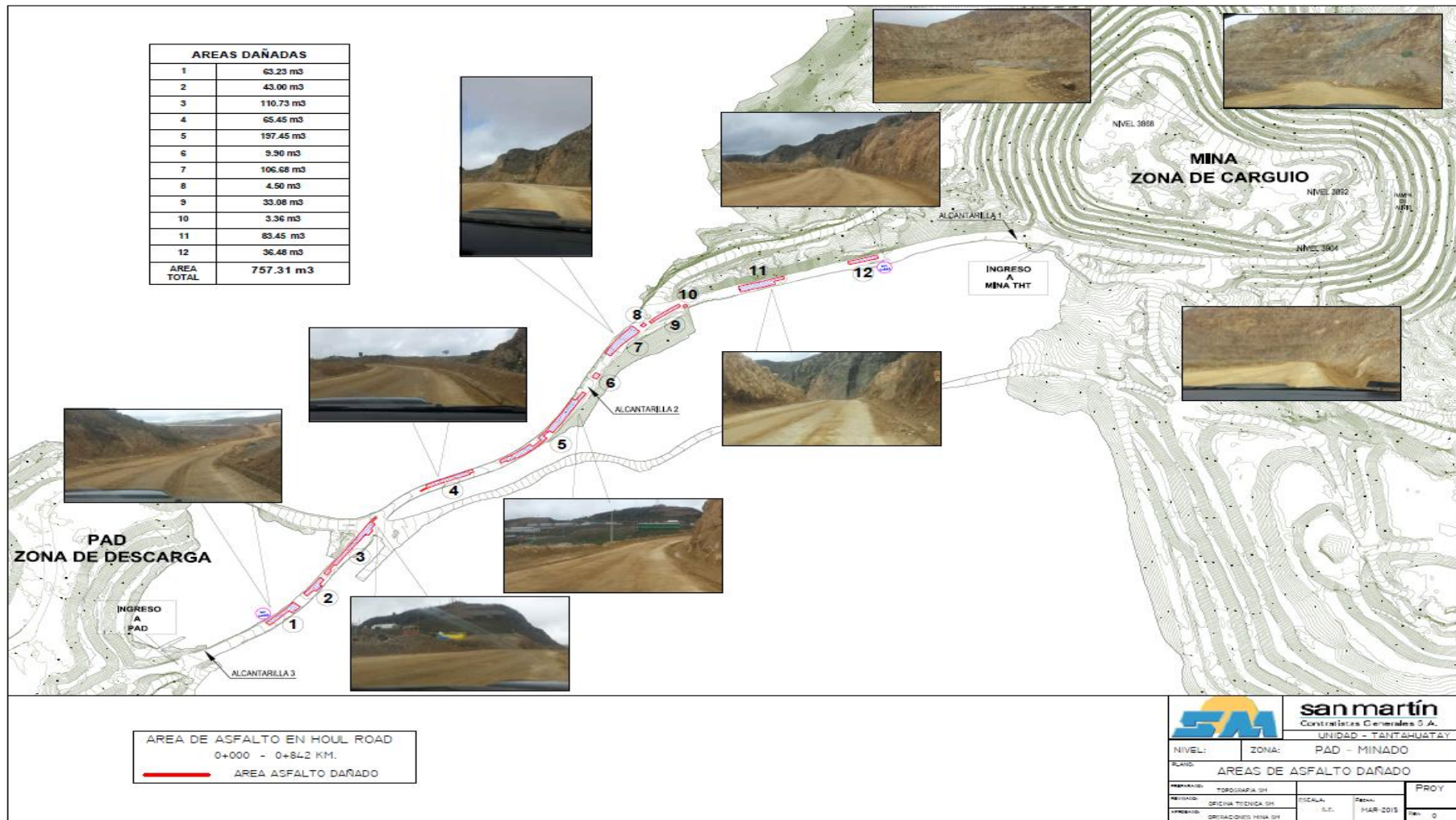


Figura 26. Área de mantenimiento mina Tantahuatay -2015.
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

Anexo 6. Producción en BCM y TMS diario en mina Tantahuatay-2015

Tabla 25. Producción en BCM y TMS diario mina Tantahuatay-2015

PRODUCCIÓN EN BCM Y TMS DIARIO																											
META	BC M x día	TMS x día	BC M x km x día	BCM	TM																				Fecha:	####	
MINERAL	19,041	48,174	41,890	571,232	1,445,217																					Días:	30
	PRODUCCIÓN REAL		#N/A		STOCK ESTE TMS		435,769																				
DESMONTE	3,786	9,578	4,543	113,576	287,347																						
	PRODUCCIÓN PROGRAMADA		#N/A		STOCK OESTE TMS		328,492	-																			
TOTAL	###	57,752	46,433	684,808	1,732,564																						
TOTAL STOCK TMS																											
MINERAL		DESMONTE		TOTAL DE VIAJES		SILICE (MINA)		MINERAL (BAJALEY)		TOTAL DE	TOTAL DE	DISTANCIA	REAL	PROYECCIÓN	TOTAL	TOTAL	TOTAL	REAL	FORECAST MINERAL - CMC	ACUM. REAL MINERAL	ACUM. PROY. - MINERAL CMC	FORECAST MINERAL - SM	ACUM. PROY. - SM	FORECAST TOTAL	ACUM. REAL TOTAL	ACUM. PROY. TOTAL	
FECHA	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	(MINERAL + DESMONTE)	DÍA	NOCHE	DÍA	NOCHE	PRODUCCIÓN	PRODUCCIÓN	PONDERADA	BCM.KM	BCM.KM	TMS	DE	BCM	TMS	VIAJES	MINERAL	MINERAL	MINERAL	MINERAL	MINERAL	MINERAL	MINERAL	MINERAL
26/06/2015	337	497	163	210	1,207			13	5	1,342	19,459	1.64	31,913	46,433	49,231	834	12,093	30,595	834	12,093	30,595	48,174	48,174	57,752	49,231	57,752	
27/06/2015	529	553	137	140	1,359				24	1,383	20,054	2.02	40,508	46,433	50,735	1,082	15,689	39,693	1,082	15,689	39,693	48,174	96,348	57,752	99,967	115,504	
28/06/2015	403	617	166		1,186			92	102	1,380	20,010	1.9	38,019	46,433	50,625	1,020	14,790	37,419	1,020	14,790	37,419	48,174	144,522	57,752	150,592	173,256	
29/06/2015	327	634	94	14	1,069			10	35	1,211	17,560	1.93	33,890	46,433	44,426	961	13,935	35,254	961	13,935	35,254	48,174	192,696	57,752	195,017	231,009	
30/06/2015	311	659	137		1,107			95		1,202	17,429	2.04	35,555	46,433	44,095	970	14,065	35,584	970	14,065	35,584	48,174	240,869	57,752	239,113	288,761	
01/07/2015	176	474	286		936		109	16	4	1,209	17,531	1.46	25,595	46,433	44,352	650	9,425	23,845	650	9,425	23,845	48,174	289,043	57,752	283,465	346,513	

02/07/2015	265	518	171	57	1,011			162	134	1,307	18,952	1.7	32,218	46,433	47,947	783	11,354	28,724	48,174	231,116	337,217	48,174	337,217	57,752	331,412	404,265
03/07/2015	266	522	117	198	1,103	117		30		1,250	18,125	1.54	27,913	46,433	45,856	788	11,426	28,908	48,174	260,023	385,391	48,174	385,391	57,752	377,269	462,017
04/07/2015	255	416	127	135	933	61		84	80	1,158	16,791	1.4	23,507	46,433	42,481	671	9,730	24,616	48,174	284,639	433,565	48,174	433,565	57,752	419,750	519,769
05/07/2015	358	617			975			102		1,077	15,617	2.02	31,545	46,433	39,510	975	14,138	35,768	48,174	320,407	481,739	48,174	481,739	57,752	459,260	577,521
06/07/2015	158	563	135		856			248	51	1,155	16,748	1.73	28,973	46,433	42,371	721	10,455	26,450	48,174	346,857	529,913	48,174	529,913	57,752	501,631	635,273
07/07/2015	370	603	137		1,110			171	148	1,429	20,721	1.69	35,018	46,433	52,423	973	14,109	35,695	48,174	382,551	578,087	48,174	578,087	57,752	554,054	693,026
08/07/2015	452	814	186		1,452					1,452	21,054	2.09	44,003	46,433	53,267	1,266	18,357	46,443	48,174	428,994	626,261	48,174	626,261	57,752	607,320	750,778
09/07/2015	734	762			1,496					1,496	21,692	2.14	46,421	46,433	54,881	1,496	21,692	54,881	48,174	483,875	674,434	48,174	674,434	57,752	662,201	808,530
10/07/2015	633	731	123	37	1,524					1,524	22,098	2.1	46,406	46,433	55,908	1,364	19,778	50,038	48,174	533,913	722,608	48,174	722,608	57,752	718,109	866,282
11/07/2015	587	677	105		1,369			15	52	1,436	20,822	2.2	45,808	46,433	52,680	1,264	18,328	46,370	48,174	580,283	770,782	48,174	770,782	57,752	770,789	924,034
12/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	818,956	48,174	818,956	57,752	770,789	981,786
13/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	867,130	48,174	867,130	57,752	770,789	#####
14/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	915,304	48,174	915,304	57,752	770,789	#####
15/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	963,478	48,174	963,478	57,752	770,789	1,155,043
16/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	1,011,652	48,174	1,011,652	57,752	770,789	1,212,795
17/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	1,059,826	48,174	1,059,826	57,752	770,789	1,270,547
18/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	1,107,999	48,174	1,107,999	57,752	770,789	#####
25/07/2015					-					-	-		-	-	-	-	-	-	48,174	580,283	1,445,217	48,174	1,445,217	57,752	770,789	#####
TOTAL	6,161	9,657	2,084	791	18,693	178	109	1,405	626	21,011	304,660	1.862	567,291	742,934	770,789	15,818	229,361	580,283	1,445,217	580,283	1,445,217	1,445,217	1,445,217	1,732,564	770,789	#####

Fuente: Área de mantenimiento mina Tantahuatay -2015.

Anexo 7. Producción diario mina/día Tantahuatay-2015

Tabla 26. Producción diario mina/día Tantahuatay-2015

	BCM x día			TMS x día			BCM x Km x día	DISTANCIA
	MINERAL	DESMONTE	TOTAL	MINERAL	DESMONTE	TOTAL	TOTAL	
26/06/2015	12,093	7,366	19,459	30,595	18,636	49,231	31,913	1.64
27/06/2015	15,689	4,365	20,054	39,693	11,042	50,735	40,508	2.02
28/06/2015	14,790	5,220	20,010	37,419	13,207	50,625	38,019	1.90
29/06/2015	13,935	3,625	17,560	35,254	9,171	44,426	33,890	1.93
30/06/2015	14,065	3,364	17,429	35,584	8,511	44,095	35,555	2.04
01/07/2015	9,425	8,106	17,531	23,845	20,507	44,352	25,595	1.46
02/07/2015	11,354	7,598	18,952	28,724	19,223	47,947	32,218	1.70
03/07/2015	11,426	6,699	18,125	28,908	16,948	45,856	27,913	1.54
04/07/2015	9,730	7,062	16,791	24,616	17,866	42,481	23,507	1.40
05/07/2015	14,138	1,479	15,617	35,768	3,742	39,510	31,545	2.02
06/07/2015	10,455	6,293	16,748	26,450	15,921	42,371	28,973	1.73
07/07/2015	14,109	6,612	20,721	35,695	16,728	52,423	35,018	1.69
08/07/2015	18,357	2,697	21,054	46,443	6,823	53,267	44,003	2.09
09/07/2015	21,692	-	21,692	54,881	-	54,881	46,421	2.14
10/07/2015	19,778	2,320	22,098	50,038	5,870	55,908	46,406	2.10
11/07/2015	18,328	2,494	20,822	46,370	6,310	52,680	45,808	2.20
12/07/2015	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	229,361	75,299	304,660	580,283	190,505	770,789	567,291	
PROMEDIO	7,645	2,510	10,155	19,343	6,350	25,693	18,910	0.99
SEM	17,120	3,403	20,522	43,313	8,609	51,922	41,105	1.99

Fuente: Área de mantenimiento mina Tantahuatay -2015.

Anexo 8. Capacidad de los volquetes de mina Tantahuatay-2015

Tabla 27. Producción diario mina/día Tantahuatay-2015

VOLQUETES																					
V-1192-AL	V-1193-AL	V-153	V-179	V-263	V-264	V-265	V-266	V-267	V-268	V-269	V-270	V-271	V-272	V-273	V-274	V-282	V-283	V-284	V-285	V-286	V-287
10.3	16.2	16.1	6.9	19	15	20	15	8	2	16	20	15	19	20	20		20	16	17	20	15
19.5	9.6	13.5	10.5	19	21	21	22	20		21	22	21	22	10	16		21	12	21	21	22
16.7	11.5	8.2		18	22	13	21	22		11	21	21	21	21	19		21	21	21	21	22
14.5	6		6.8	20	19	21	18	17	20	20	20	12	18	11	17		20	18	14	16	20
10.5	5.5	19.9	9.7	16	17	20	20	16	17	15	10	18	20	20	21		18	20		19	21
9.4	8.7		10.1	17	16	19	16	13	18	19	20	17	10	17	18		19	20		17	19
2.6	3		18.8	21	19	21	19	17	21	21	17	18	11	15	21		17	20		20	20
20.3			20.1	21	19	6	21	20	21	21	22	19	18	21	13		16	21		17	21
20.9			20.4	14	20	23	21	20	20	0.3		9	10	10	9	20	16	21	15	18	20
12	2	11.3	3.9	19	18	19	13	19	19			19	18	10	19	19	18	18	19	18	19
		8.8	10.3	17	20	17		20	20	11.7		12	19	20	20	20	20	11	17	20	20
10.6		21	6.2	20	16	21		21	17	21	19	21	16	22	21	17	16	20	22	21	21
	13.8	10.5		21	20	22		20	21	20	20	21	22	21	12	21	20	21	21	22	21
1.5	3.8	21.1		20	21	11		11	22	22	21	21	19	21	22	22	21	21	21	22	21
20.1		3.5	3.3	20	14	20	23	22	21	21	20	21	1.3	21	21	18	21	21	20	21	18
18	10.5		7.6	19	20	20	18	20	19	20	9	20	12.7	16	14	20	20	20	20	19	17
187	91	134		301	297	294	227	286	258	260	241	285	257	276	283	157	304	301	228	312	317
13	8	13		19	19	18	19	18	18	17	19	18	16	17	18	20	19	19	19	20	20

Fuente: Elaboración propia-2015.

Anexo 9. Diferencia de una RE-40 y R-20 mina Tantahuatay-2015

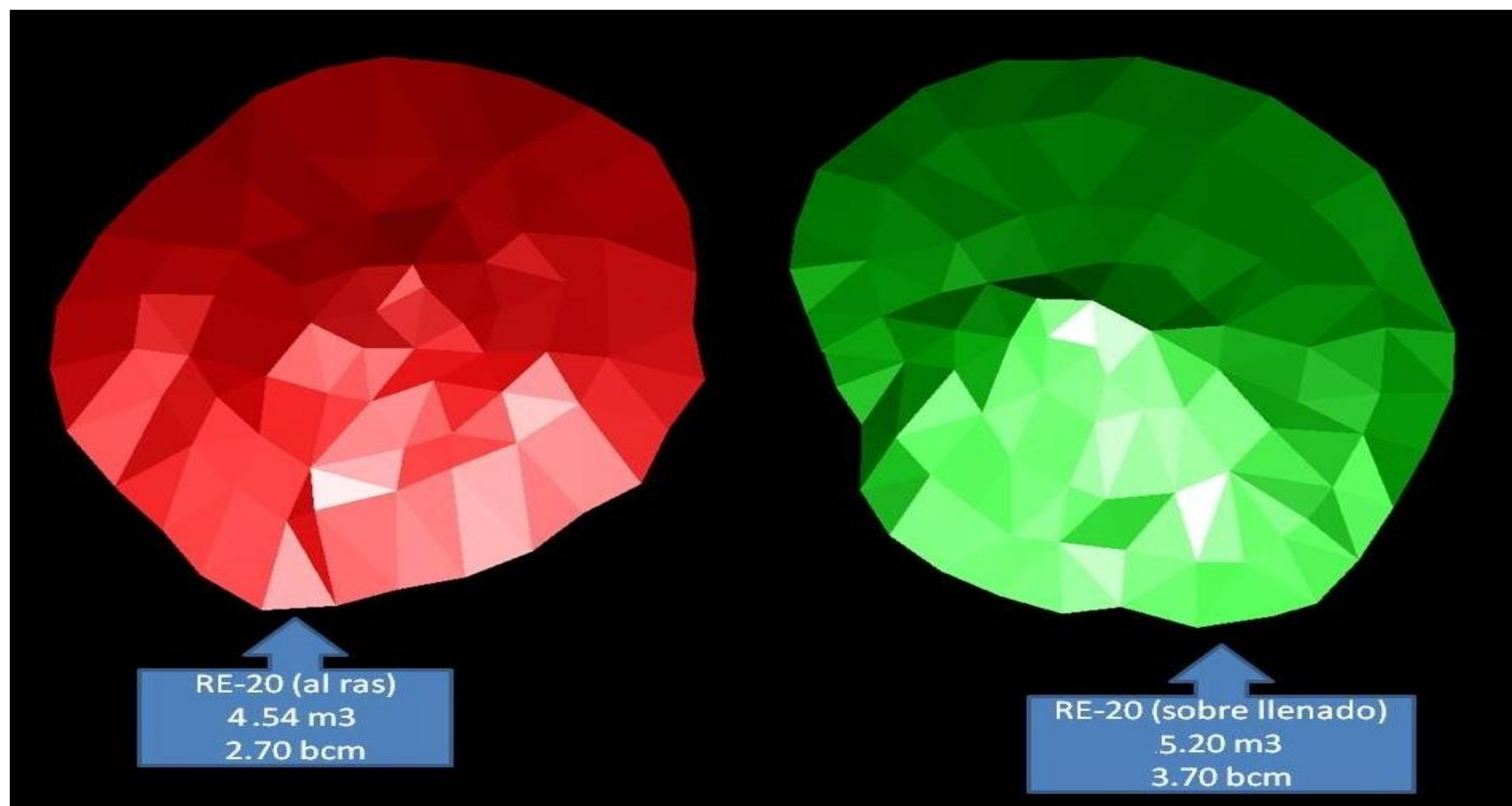


Figura 27. Diferencia de una RE-40 y R-20 mina Tantahuatay-2015 mina Tantahuatay -2015.
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

Anexo 10. Volumen chorreado mina Tantahuatay-2015

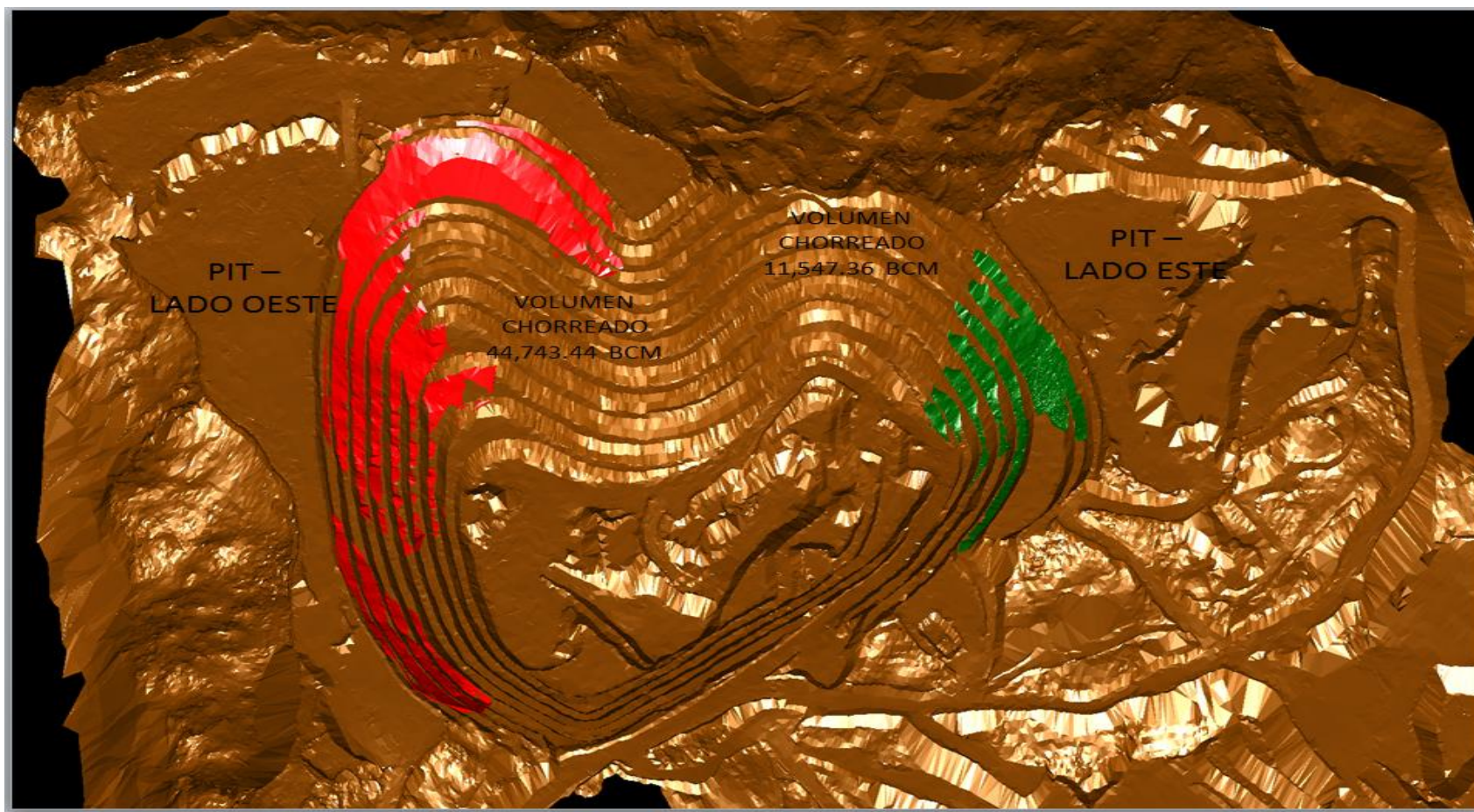


Figura 28. Volumen chorreado mina Tantahuatay-2015
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

Anexo 11. Equipos CAT Modelo 385 – 390- mina Tantahuatay-2015



Figura 29. Equipos CAT Modelo 385 – 390- mina Tantahuatay
Fuente: Compañía Coimolache S.A.-2015.

“Año de la consolidación del Mar de Grau”.

ASAMBLEA NACIONAL DE RECTORES
COMISIÓN DE COORDINACIÓN INTERUNIVERSITARIA

“CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN”

Resolución N° 1562-2006-ANR

REGISTRO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES (PRE GRADO):

- **Universidad:** Universidad Alas Peruanas
- **Facultad / Carrera profesional:** Facultad de Ingeniería y Arquitectura/
Ingeniería de Minas
- **Título del Trabajo:** Comparación de la eficiencia de los equipos de carguío modelo Cat 390 por el modelo Cat 385 para optimizar la producción en el área de operaciones mina Tantahuatay – Cajamarca 2015
- **Área de Investigación:**
- **Autor(es):**
 - **Apellidos y nombre:** Díaz Sánchez, Ronald.
 - **DNI:** 45899492
- **Grado o Título Profesional a que conduce:** Ingeniero de Minas
- **Año de aprobación de la sustentación:** 2016

II. CONTENIDO DEL RESUMEN

• **Planteamiento del problema.**

México ha experimentado una transformación acelerada, en este contexto la competitividad de las empresas productoras de mineral ha exigido que éstas sean más eficientes en sus procesos y más eficaces en sus resultados. El proceso de carguío es el proceso productivo que más influyen en los costos de operación de 45% a un 65% del costo mina. (Burt & Caccetta, 2007). En el Perú, las operaciones de carguío y transporte de material proveniente de las excavaciones en minas a tajo abierto constituyen un proceso fundamental en la extracción de minerales en un 60% como en Cajamarca y en Cerro de Pasco (INGEMMET). En Cajamarca en la Provincia de Hualgayoc, se ubica la Mina Coimolache existe deficiencias de los equipos de carguío modelo 390 CAT para llenar los volquetes pues el último cucharón se realiza entre un 50% o 60%. En este contexto, la presente tesis profesional se enfoca en mejorar la optimización de los equipos de carguío utilizando como herramienta de análisis el PHVA, luego se implementará y se verificará los resultados. No se conoce con exactitud la eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385 para optimizar la producción.

- **Objetivos.**

a). Objetivo general. Determinar la mayor eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385, para optimizar la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

b). Objetivos específicos.

- Determinar la pérdida que genera que genera la menor eficiencia del Equipo de carguío Modelo CAT, en la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay
- Realizar el análisis de comparación de los Equipos de carguío Modelo CAT 390 y el Modelo CAT 385, antes y después de la propuesta de mejora.
- Determinar la ganancia económica que genera el mejor Equipo Modelo CAT, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

- **Hipótesis.**

a). General. Los equipos de carguío Modelo CAT 385, presentan mayor eficiencia que los equipos de carguío Modelo CAT 390, lo que optimiza el incremento de la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

b). Secundarias.

- La Identificación de los factores del carguío, genera un desequilibrio en la producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.
- La propuesta de mejora del proceso aumentara significativamente al utilizar la herramienta PDCA producción en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay.

- **Breve referencia al marco teórico.**

En Ecuador en la Tesis “Alternativas para controlar las pérdidas de los elementos de desgaste de los equipos de carguío, en la mina a cielo abierto” se concluyó que el consumo de los elementos de desgaste (GETs) en las palas 701 y 702 y en el cargador frontal 281 son el uso excesivo del equipo y las condiciones. En Perú, en el Departamento de Arequipa en la Universidad Nacional de San Agustín, en la Tesis “Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 980 G y la excavadora CAT 345 LB, para la selección de equipo de carguío en Comarsa”, se concluyó que, para determinar la producción y la eficiencia de los equipos de carguío, es importante tener un control detallado de los tiempos de cada actividad. En Cajamarca en la Tesis “Propuesta de la mejora de la gestión de mantenimiento basado en la mantenibilidad de equipos de acarreo de una Empresa Minera de Cajamarca”, menciona que los equipos de carguío están en función a los equipos de acarreo y que estos pueden mejorar su desempeño haciendo uso de un adecuado control de carga.

- **Conclusiones**

- La mayor eficiencia de los equipos de carguío Modelo CAT, es de 98.40% con un promedio de 30.5 viajes que corresponde al equipo Modelo CAT 385.
- La menor eficiencia presenta el Equipo de carguío Modelo CAT 390, que genera una pérdida económica promedio de US\$ 159.94 al mes.
- Los indicadores de comparación de los Equipos de carguío Modelo CAT, fueron el número de pases del cucharón, número de viajes perdidos el equipo/h/mes, la eficiencia del equipo y el porcentaje de disponibilidad mecánica.
- La ganancia económica que genera el mejor Equipo Modelo CAT, en el Área de Operaciones Mina Tantahuatay es el equipo Modelo CAT 385, pues evita la pérdida de US\$ 3466.368 que genera Modelo CAT 390 por la deficiencia del número de pases.

- **Recomendaciones.**

- Se recomienda a la mina Tantahuatay, cambiar los equipos Modelo CAT 390 por el Modelo CAT 385, por tener mayor eficiencia para el cumplimiento del plan de carguío de la empresa.
- Es más factible hacer el cambio de un equipo de equipos Modelo CAT 390, que hacer el reemplazo de una flota de 23 volquetes en el área de carguío de la mina Tantahuatay.
- La Modelo CAT 390, no es recomendable, produce menos no es compatible con el volquete mercedes Actros 4144K, el número de pases no es efectivo porque al abastecer de 4 pases sobrecargaría el volquete.
- Elaborar estudios de plan de sistemas de carguío en base a modelos de los equipos CAT, observar su eficacia, capacidad y rentabilidad en mejora de la producción de la empresa o proyecto

- **Bibliografía.**

- Barrantes, T. (2005). "Comparación de la productividad del cargador frontal CAT 980 G y la excavadora CAT 345 LB, para la selección de equipo de carguío en Comarsa". (Trabajo Tesis). Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires.
- Burt & Casseta. (2007, Junio). Características de los equipos mineros. Simposio Internacional de minería. Ponencia presentada en el Primer Congreso Minero, Toronto, Canadá.
- Calderón .P.N. (2000, agosto). Tópicos de Ingeniería de Minas a Rajo Abierto, Ponencia presentada en el decimoquinto Congreso Minero, Santiago, Chile.
- Candia, B., & Mejía, D. (2009). Minería chilena. Factores en los ciclo de carguío que afectan la producción del mineral. Santiago Chile. Instituto de investigación minera.
- Caterpillar (2005). Performance metrics for mobile mining equipment.
- Compañía Minera Coimolache S.A. (2008).proyecto Tantahuatay Estudio de Impacto Ambiental, Resumen Ejecutivo (E.I.A.). Recuperado de: www.ciamineracoimlache.pe
- Compañía Minera Coimolache S.A. (2015).
- Diagrama de Ishikawa. Diagrama que permite identificar los procedimientos y factores para mejorar un ciclo de mejora dentro de una actividad.

- **ABSTRACT**

The objective of this research is to determine the greater production of equipment loading model 390 CAT and the CAT 385 model, to optimize production in the Area of operations mine Tantahuatay. The production unit Tantahuatay in Cia Minera Coimolache company located in the community of el Tingo Hualgayoc Province Department of Cajamarca, have deficiency in the use of teams of loading due to the lack of an analysis, loading model CAT 390 servers are not compatible with the equipment dump trucks Actros 4144 k and generated a loss in the productive process. Determining that the greater efficiency of loading model CAT teams, is of 1298.23 ton/H, corresponding to the team model CAT 385 with a factor of 98% use, with respect to the CAT 390 model, which has a factor 97% with an average of 1314.67 production ton/H. This research is justified in the following way, the efficiency of equipment, increases the rate of production of the company, to select a different type of equipment, these should be re-estimates and assess their capabilities and efficiency factors, to select a number of alternative systems of loading and transportation in the area of a company. In Cajamarca, in the province of Hualgayoc in the production unit (U.P). Tantahuatay, Cia Minera Coimolache, covered by your plan of production mine for the year 2015, in the area of loading of 70,000 tonnes of ore per day, which is what is expected to get the performance of model CAT teams, 385 and 390 in comparison to the planned. As result is obtained: 390 CAT excavator model leads to a loss of \$3466.368 per month, for otherwise the model CAT 385 added a tonnage in its production of 22000 tons/month and prevents losses.

Key words: Optimize, loading, tool management, analysis and efficiency.