



MAESTRÍA EN CIENCIAS

SECCIÓN : INGENIERÍA
MENCIÓN : INGENIERÍA Y GERENCIA
DE LA CONSTRUCCIÓN

TESIS

INFLUENCIA DE LA GESTIÓN DE OPERACIONES EN EL
MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL PROYECTO MINERO
MICHIQUILLAY

Por:

Elmer Natividad Chávez Vásquez

Asesor:

M.Cs. Ing. Sergio Manuel Huamán Sangay

Cajamarca, Perú

2014

COPYRIGHT © 2014 by
ELMER NATIVIDAD CHÁVEZ VÁSQUEZ
Todos los derechos reservados



MAESTRÍA EN CIENCIAS

SECCIÓN : **INGENIERÍA**
MENCIÓN : **INGENIERÍA Y GERENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

TESIS

INFLUENCIA DE LA GESTIÓN DE OPERACIONES EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS DEL PROYECTO MINERO MICHQUILLAY

Por:

Elmer Natividad Chávez Vásquez

Comité Científico:

M.Cs. Ing. Raúl Valera Guerra

Presidente del comité

M.Cs. Ing. María Salomé

de la Torre Ramírez
Primer miembro titular

M.Cs. Ing. Katherine Fernandez León

Segundo miembro titular

M.Cs. Ing. Sergio Manuel

Huamán Sangay
Asesor

M.Cs. Ing. Jaime Amorós Delgado

Accesitario

Fecha: Septiembre del 2014

A:

Mis padres, hermanos, esposa e hijos Edu y Jeimy por su comprensión, apoyo, paciencia inmensurable con tal de persistir en la consecución de este objetivo

La productividad es la relación entre cierta producción y ciertos insumos, es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados deseables.

-David Bain

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al Divino Redentor por guiarme en todo momento de mi vida, sin cuya bendición vano seria cualquier intento por emprender algún designio; al jefe del área de operaciones, por permitirme recoger los datos de la zona donde se desarrollan las actividades, por consentir el acceso a la información de los partes diarios, al ingeniero de control de proyecto por su apoyo de manera sencilla para comunicar su conocimiento; así mismo agradecer a los trabajadores del proyecto en la persona de los supervisores, capataz, operadores de maquinaria, vigías, punteros, los cuales en cada jornada cumplen un propósito, de cuyo esfuerzo se hacen merecedores a una retribución para sostener sus familias; a mi asesor por el soporte, orientación y mejora del documento de investigación, ocupando su tiempo, conocimiento y experiencia.

LISTA DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 01 Fases del ciclo del camión	18
Diagrama 02 Para calcular la carga útil y el tamaño del cucharón	23
Diagrama 03 Para calcular la producción de los cargadores frontales	24
Diagrama 04 Diagrama de Pareto	34
Diagrama 05 Diagrama de Ishikawa	35
Diagrama 06 Diagrama Pareto de Actividades	51
Diagrama 07 Diagrama circular	51
Diagrama 08 Causa efecto	119
Diagrama 09 Organigrama	127
Diagrama 08 Diagrama de GANNT	130
Diagrama 09 Diagrama de la curva S	131

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01 Para calcular el tiempo de los ciclos de la excavadora	20
Tabla 02 Para calcular la productividad de la excavadora	21
Tabla 03 Para calcular la productividad de la excavadora según la altitud ...	22
Tabla 04 Para calcular la productividad del cargador frontal según la altitud	25
Tabla 05 Factor de eficiencia por el estado del material	29
Tabla 06 Factor de eficiencia por la pendiente de terreno	30
Tabla 07 Factor de eficiencia por el estado del camino	31
Tabla 08 Presupuesto del proyecto	50
Tabla 09 Formato de campo excavadora	79
Tabla 10 Formato llenado de datos excavadora	80

Tabla 11 Formato de campo cargador frontal	80
Tabla 12 Formato llenado de datos cargador frontal	81
Tabla 13 Formato de campo camión	81
Tabla 14 Formato llenado de datos camión	83
Tabla 15 T student	86
Tabla 16 Datos de gabinete excavadora	87
Tabla 17 Factor de conversión “d”	90
Tabla 18 Datos excavadora para obtener el número de observaciones	91
Tabla 19 Datos cargador frontal para obtener el número de observaciones	93
Tabla 20 Datos camión para obtener el número de observaciones	96
Tabla 21 Datos del proyecto 01 para el camión	114
Tabla 22 Datos del proyecto 02 para el camión	122

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 01 ubicación del proyecto	47
Plano 02 Accesos y plataformas (Anexo)	

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 01 Fase descarga excavadora	66
Foto 02 Fase maniobra de carguío excavadora	67
Foto 03 Fase maniobra de carguío del cucharón excavadora	67
Foto 04 Fase maniobra de descarga excavadora	68

Foto 05 Fase espera por camión excavadora	68
Foto 06 Fase descarga cargador frontal	71
Foto 07 Fase maniobra de carguío cargador frontal	71
Foto 08 Fase carguío cargador frontal	72
Foto 09 Fase maniobra de descarga cargador frontal	72
Foto 10 Fase espera por camión cargador frontal	73
Foto 11 Fase carguío camión	75
Foto 12 Fase acarreo camión	76
Foto 13 Fase espera para descargar camión	76
Foto 14 Fase descarga camión	77
Foto 15 Fase retorno camión	77
Foto 16 Fase espera para carguío camión	78

ÍNDICE DE FORMULAS

Fórmula 01 Productividad	10
Fórmula 02 Productividad que aporta valor	11
Fórmula 03 Capacidad Productiva	25
Fórmula 04 Rendimiento cargadores frontales y excavadoras	26
Fórmula 05 Eficiencia	27
Fórmula 05-A Factor de eficacia	32
Fórmula 06 Duración de la fase	63
Fórmula 07 Desviación estándar	85
Fórmula 08 Intervalo de confianza	85
Fórmula 09 Número de mediciones	88
Fórmula 10 Factor de conversión	89

GLOSARIO

Ciclo de la maquinaria. Repetición de un evento (carguío, transporte) en forma periódica y en un intervalo de tiempo.

Control. Se define como el proceso para asegurar que las actividades reales se ajusten a las planificadas, estableciendo estándares, midiendo, comparando, resultados y corrigiendo las desviaciones.

Evaluación. Es un medio para optimizar la gestión, determina la forma de generar cambios, a partir de comparar la ejecución con la planificación, busca conocer que tanto se ha cumplido y si se tiene la capacidad de completar los objetivos, toma decisiones para alcanzar la meta.

Gestión. Es la asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso (es decir sobre un conjunto de operaciones), disponiendo recursos, estructurando y coordinando actividades.

Gestión de operaciones. Viene a ser la administración de los recursos productivos; se encarga de la planificación, organización, dirección, control, evaluación y mejora de los sistemas que producen bienes y servicios.

Movimiento de tierras. Conjunto de operaciones que se realizan en los terrenos naturales, con el fin de modificar su forma, para ser aprovechados en la ejecución de obras.

Planificación. Es un proceso metodológico que consiste en determinar las metas u objetivos a cumplir, incluye la misión, los objetivos, así como las acciones estratégicas para alcanzarlos.

Productividad. Relación entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

Tecnología de movimiento de tierras. Son todas aquellas máquinas diseñadas para llevar a cabo las funciones de remover, cargar, elevar, transportar, soltar, esparcir, mezclar y compactar la tierra.

RESUMEN

En esta investigación se analizó la influencia de la gestión de operaciones en el movimiento de tierras del proyecto minero Michiquillay, para esto se utilizó la técnica de la observación directa, medición de ciclos, programación de obras, control y evaluación, en función de las teorías de gestión: gestión de operaciones, eficiencia, productividad, tecnología para movimiento de tierras, eficacia.

La investigación es de tipo descriptiva, utiliza un grupo control de 25 personas, el cual es evaluado antes y después del incentivo (eficiencia y productividad).

Los resultados a partir de un criterio teórico se describen y consistencian, en la fase analítica se prueba la hipótesis utilizando T student.

En el proyecto intervenido, empleando el método del trabajo, se obtuvo el ciclo promedio de los volquetes, resultando 25.22 minutos, luego resultó 2.38 viajes por hora, después se calculó la productividad para 3 camiones el cual fue de 85.68 m³/hora, seguidamente se estableció el número de horas necesarias para concluir el proyecto: 13.92 h, a continuación se determinó el número de días: 1.74 días, al comparar se comprobó que se ha mejorado con respecto al proyecto inicial el cual duro 2.39 días, disminuyendo también el tiempo teórico que fue de 2.24 días.

Además el tiempo promedio de 25.22 minutos del proyecto intervenido, resultó por debajo del tiempo teórico estimado que fue de 32.43 minutos/ciclo.

El factor de eficacia: $F_e = 1.29$ comparado con el de 0.94 del proyecto inicial, resultó ser más eficaz.

Palabras clave: Gestión de operaciones, movimiento de tierras, productividad, eficacia.

ABSTRACT

In this research the influence of management operations discussed in earthmoving mining project Michiquillay to this technique of direct observation, measurement cycles, programming of works, monitoring and evaluation, was used according to the theories management: operations management, efficiency, productivity, technology for earthmoving efficiency.

The research is descriptive, uses a control group to 25 people, which is evaluated before and after the incentive (efficiency and productivity).

The results from a theoretical and consistencies criteria are described in the analytical phase testing the hypothesis using T student.

In the intervention project, using the method of work, the average cycle tippers was obtained, resulting 25.22 minutes, then turned 2.38 trips per hour, then the productivity for 3 trucks which was 85.68 m³ / h was calculated subsequently

established the number of hours needed to complete the project: 13.92 h, then the number of days determined: 1.74 days, comparing it was found to be enhanced with respect to the initial project which lasted 2.39 days, also decreasing the theoretical time was 2.24 days.

In addition the average 25.22 minutes intervened project, time was below the theoretical time it was estimated that 32.43 minutes / cycle.

The efficiency factor: $Fe = 1.29$ compared to 0.94 of the initial project, proved to be more effective.

Keywords: Operations Management, earthmoving productivity, efficiency.

CONTENIDO

ítem	Página
AGRADECIMIENTOS	vi
LISTA DE ILUSTRACIONES	vii
GLOSARIO	x
RESUMEN	xi
CAPITULO I	01
1.0. INTRODUCCIÓN	01
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	02
1.1.1. Planteamiento del problema	02
1.1.2. Formulación del problema	04
1.1.3. Enunciado del problema	05
1.1.4. Justificación de la Investigación	06
1.1.5. Alcances y Limitaciones	07
CAPITULO II	08
2.0. MARCO TEÓRICO	08
2.0.1. Antecedentes teóricos de la investigación	08
2.0.2. Base teórica	10
2.0.2.1. Gestión	10
2.0.2.2. Gestión de operaciones	10

2.0.2.3. Gestión de recursos humanos	12
2.0.2.4. Movimiento de tierras	13
2.0.2.5. Tecnología para movimiento de tierras	14
2.0.2.6. Procedimientos para movimiento de tierras	15
2.0.2.7. Rendimientos de maquinaria	19
2.0.2.8. Producción de los cargadores frontales y excavadoras	26
2.0.2.9. Estudio del trabajo	32
2.0.2.10. Diagrama de Pareto	33
2.0.2.11. Diagrama de Ishikawa	34
2.0.2.12. Parámetros estadísticos	35
2.0.3. Definición de términos básicos	37
CAPITULO III	39
3.0. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	39
3.1. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.2. DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	41
3.2.1. Definición operacional de variables	40
3.2.1.1. Hipótesis nula	42
3.2.1.1. Hipótesis Alternativa	42
3.2.2. Unidad de análisis, universo y muestra	42
3.2.3. Tipo y descripción del diseño de contrastación de la hipótesis	43
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	44

3.4.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS	43
3.5.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA	43
CAPITULO IV		46
4.0.	SITUACION ACTUAL DELPROYECTO	46
4.0.1.	Ubicación del proyecto	46
4.0.2.	Datos del proyecto	48
4.0.3.	Presupuesto, Diagrama de Pareto y Circular	49
4.0.4.	Fases de la obra	52
4.0.4.1.	Carguío	52
4.0.4.2.	Transporte	57
4.1.	ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES DE CARGUÍO Y TRANSPORTE	60
4.2.	ESTUDIO DEL TRABAJO	60
4.2.1.	Medición del Trabajo: Estudios de Tiempo – Movimiento	62
4.3.	DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DE CADA EQUIPO EN ESTUDIO (Excavadora, cargador frontal y camiones)	63
4.3.1.	Excavadora	64
4.3.2.	Cargador Frontal	69
4.3.3.	Camiones	73

4.4.	ELABORACIÓN DE LOS FORMATOS DE MEDICIÓN EN CAMPO Y DE GABINETE (Excavadora, cargador frontal y camiones)	78
	4.4.1. Formatos de campo	79
	4.4.2. Formatos de gabinete	83
4.5.	DURACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPO - MOVIMIENTO	84
4.6.	MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE OBSERVACIONES	84
	4.6.1. Determinación del Número de Observaciones para los Equipos (Excavadora, Cargador Frontal, Camión)	90
4.7.	MEDICIÓN DE PRODUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO	98
4.8.	MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL CICLO DE LA OPERACIÓN	112
	4.8.1. Proyecto 01 (ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD)	113
	4.8.2. Proyecto 02 (MEJORA DE LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD)	123
4.9.	PLANEAMIENTO.....	126
CAPITULO V		133
5.1.	CONCLUSIONES	133
5.2.	RECOMENDACIONES	135
LISTA DE REFERENCIAS		136

ANEXOS

DATOS DE CAMPO

Tabla para el cálculo del tiempo histórico (planeamiento)

Tabla medrado movimiento de tierras según tipo de material

Tabla para el Coeficiente de expansión en suelos excavados

Tabla productividad del volquete

Tabla 16 A Datos de campo excavadora (día 04 de octubre)

Tabla 18 A Datos de campo excavadora (día 11 de octubre)

Tabla 19 A Datos de campo cargador frontal (día 24 de octubre)

Tabla 20 A Datos de campo camión (día 12 de noviembre)

Tabla 21 A Datos de campo del proyecto 01 para el camión (día 14 de noviembre)

Tabla 22 A Datos de campo del proyecto 02 para el camión (día 16 de noviembre)

PREFACIO

Desde la invención de la maquinaria pesada para el empleo en trabajos de Ingeniería Civil, ésta ha permitido ejecutar proyectos de Movimiento de Tierras de manera rápida, en comparación con la forma tradicional que utilizaba personas y animales para desarrollar estas actividades.

Es cierto que la ventaja más importante es la disminución del tiempo, pero su desventaja es el elevado costo, ello significa optimizar al máximo el uso de estas máquinas, de forma tal que es necesario ejecutar una gestión eficiente de este recurso.

La gestión de operaciones se convierte, entonces, en la herramienta fundamental para planificar, organizar, ejecutar, controlar, evaluar y mejorar el desarrollo del proyecto de movimiento de tierras, comparando lo ejecutado con lo planificado, de manera que no existan desviaciones para alcanzar la meta.

La programación del proyecto es el camino a tener presente en todo momento de la ejecución de un proyecto, para lo cual es necesario verificar en campo los tiempos de cada unidad de carguío y acarreo, que al ser comparados con los tiempos formulados en la etapa de planificación no deben ser mayores, en caso la diferencia sea considerable se propondrán medidas para mejorar el tiempo real.

CAPITULO I

1.0.- INTRODUCCIÓN

Los proyectos de obras civiles se inician con el movimiento de tierras, desde los pequeños hasta los de gran envergadura, implicando cortes, explanaciones, rellenos para aperturar, mejorar o ampliar carreteras, construir edificios, abrir zanjas o explotar canteras. Es habitual para estos trabajos emplear maquinaria pesada como excavadoras, retroexcavadoras, cargadores frontales, motoniveladoras, tractores de orugas y volquetes, convirtiéndose la tecnología en un aliado imprescindible para ejecutar estas labores, haciendo uso de maquinaria sofisticada e invirtiendo capital considerable; de ahí que la gestión de operaciones se convierte en una herramienta importante para efectuar una adecuada supervisión de los procesos, a través de la medición de ciclos, verificación de rendimientos, cumplimiento de la producción y gestión de recursos, vinculado al ejercicio de planificar, organizar, dirigir, controlar y evaluar, a través de la selección, capacitación, administración, estimación del desempeño, implementación, seguimiento del plan de seguridad, mantenimiento de máquinas, suministro de materiales, registro y análisis de la productividad.

1.1.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El trabajo de movimiento de tierras implica un conjunto de acciones tendientes a preparar al suelo para ser utilizado en un trabajo de ingeniería, en obras como carreteras, construcción de accesos, plataformas, excavación de zanjas, etc. Esta partida tiene considerable incidencia en el costo total del proyecto, de ahí que la productividad que se tenga en el uso adecuado de los recursos como personal de mantenimiento, operadores, controladores, supervisores, maquinaria, influirá en el presupuesto final; a su vez el empleo de las herramientas de la gestión de operaciones como la planificación, control y seguimiento en cada momento de las operaciones sirven para monitorear y evaluar el avance de obra, estableciendo un conjunto de estrategias para realizar el debido empleo de los recursos y de esta manera cumplir con el cronograma programado.

La gestión de operaciones es la responsable de la producción del servicio, a partir de la toma de decisiones en la operación de movimiento de tierras, para esto la gestión de operaciones será la encargada de la planificación, organización, gestión del personal, dirección, control y evaluación; en todo movimiento de tierras se encuentran presentes dos elementos importantes como son las operaciones y la parte contable, en las operaciones tenemos la planificación, las operaciones en campo, el mantenimiento, la logística, el control y la seguridad; el desafío en la gestión de operaciones será desarrollar e integrar nuevos sistemas de procesos para hacer más eficiente el trabajo de movimiento de tierras.

La apropiada administración de la fuerza laboral, la adaptación a restricciones ambientales, normas éticas y regulaciones estatales, la asignación del puesto adecuado de los trabajadores, la facilitación de la formación oportuna, el proporcionar métodos convenientes de trabajo, dotándoles de las herramientas correctas, el establecimiento de incentivos justos prevalecen en el nuevo enfoque de la gestión de operaciones, donde el seguimiento de la calidad del servicio buscan la satisfacción de los clientes tanto externos como internos, unido a la importancia de las relaciones humanas para alcanzar un clima laboral tolerable, los administradores de la gestión de operaciones intensifican el uso de las computadoras y los modelos matemáticos con el fin de priorizar la velocidad de respuesta y la atención oportuna, la flexibilidad en la entrega de un nuevo producto y la adaptabilidad a los cambios, implica entonces satisfacer necesidades y expectativas sin poner en riesgo el costo del proyecto; la eficiencia busca de esta manera obtener el resultado esperado de acuerdo a lo programado, optimizando recursos, a un mínimo costo y en un menor tiempo.

1.1.2.- FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema de estudio en sí radica en la ausencia de una metodología capaz de corregir el trabajo inadecuado de las unidades de producción, como excavadoras, cargadores frontales, camiones; generando sobrecostos de producción, esto ocasiona el incumplimiento de metas y objetivos, así mismo la falta de liderazgo estratégico existente en las operaciones en la asunción del mando para la toma de decisiones, la valoración de los recursos humanos directamente relacionados con el cumplimiento de la planificación y ejecución de la producción del movimiento de tierras, factores a tomar en cuenta porque están directamente relacionados con la calidad de la gestión de operaciones, es el propósito la identificación de efectos que originan el problema, las cuales sirvieron de base para plantear una solución mediante la elaboración de una propuesta que facilite dentro de la organización una aceptable gestión de operaciones en la producción del movimiento de tierras.

Uno de los factores exógenos a tener en cuenta en el análisis de la productividad es el clima, muchas veces no tomado en cuenta en la etapa del planeamiento pero que en el análisis global tiene considerable incidencia, debido a que el rendimiento de los diferentes componentes en época de invierno es reducido, presentándose tiempos muertos considerables; el trabajo en circunstancias desfavorables como las condiciones atmosféricas ocasionan un mayor desgaste de las piezas de las máquinas, con el consiguiente retraso, el deterioro de la superficie de desplazamiento no permite la adecuada maniobrabilidad unido a las condiciones de seguridad en las que deben desarrollarse las actividades.

La falta de métodos y sistemas de administración eficientes, limitan el crecimiento de las expectativas administrativas para realizar una labor adecuada, esta carencia significa una disminución del avance programado, con una consecuencia lógica de una pérdida de rendimiento en la maquinaria.

1.1.3.- ENUNCIADO DEL PROBLEMA

a. Problema principal

¿Cómo influye la gestión de operaciones en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay?

b. Problema secundarios

1.- ¿Cómo influye la planificación en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay?

2.- ¿Cómo influye el control en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay?

3.- ¿Cómo influye la evaluación en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay?

1.1.4.- JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La incidencia económica del movimiento de tierras en los trabajos de ingeniería es elevada llegando al 80 % del total del presupuesto, de ahí que esta partida y el análisis de los diferentes componentes que inciden en ella es muy necesario teniendo en cuenta que durante la etapa de ejecución no se generen gastos adicionales. La gestión de operaciones determina el uso eficiente de los recursos materiales y humanos para realizar la producción del movimiento de tierras en la construcción de accesos y plataformas.

Es importante mencionar, que cualquier intento de control sin un plan específico, carece de sentido, puesto que no hay forma de que las personas se encuentren al tanto; ello significa, que los planes nos proporcionan estándares de control, cuya eficiencia se relaciona directamente con el grado en que se alcancen los objetivos que se persiguen.

De otro modo, la eficiencia, se mide por su contribución al propósito y a los objetivos, menos al costo y a otros factores necesarios para formularlo y operarlo, se entiende entonces por planes eficientes, aquellos que pretenden lograr un propósito a un costo razonable, sin exagerar en el gasto para el cumplimiento de la meta, teniendo en cuenta el grado de satisfacción que puedan alcanzar las partes, tanto el que ofrece el servicio como el que recibe el producto.

En conclusión la planeación, programación, control de operaciones y evaluación constituyen un papel fundamental en el desarrollo de las operaciones puesto que determinan el cómo lograrla, con qué recursos, bajo que políticas y procedimientos se logrará el objetivo final.

1.1.5.- ALCANCES Y LIMITACIONES

El estudio se realiza en la zona de operaciones del proyecto Michiquillay, por lo tanto la información obtenida se recopila dentro del lugar de trabajo, obteniendo información de la productividad en movimiento de tierras.

Entre las limitaciones mencionaremos:

- Información no confiable de las personas involucradas en los trabajos de movimiento de tierras, capataz y operadores.
- La disponibilidad de tiempo del personal de campo para obtener información.
- Desconfianza del personal para proporcionar información de campo.
- Dificultad en el acceso a la información de archivos del área de operaciones.
- Temporalidad del personal en la zona de operaciones.

CAPITULO II

2.0.- MARCO TEÓRICO

2.0.1.- ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización de este trabajo se utiliza el estudio presentado por Perdomo y Martínez 2009, Un modelo para estimar la productividad de camiones usados para movimiento de tierras en obras de infraestructura.

Describe cómo utilizar una metodología capaz de predecir el rendimiento de camiones usando datos fundamentales para estimarlos; en donde el operador es uno de los factores que más contribuye a la variabilidad en los tiempos de viaje de los camiones, ya que puede limitar el rendimiento del equipo. La investigación modela el comportamiento del operador y sus efectos en el rendimiento.

También se utilizó el estudio de Esteve 2008, Conceptos Generales sobre Movimiento de tierras.

El estudio se refiere a las definiciones, terminología, cubicaciones y métodos utilizados en movimientos de tierra.

Asimismo los diversos estudios de Costos y tiempos en carreteras de Ibañez 2011, la maquinaria pesada en el movimiento de tierras.

Donde el autor nos presenta los rendimientos utilizados en el Perú, para diferentes equipos y a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

De igual manera el trabajo de Canturín y Siucho 2010, aplicación de métodos de productividad en las operaciones de equipos de movimiento de tierras (ejemplo práctico: cantera de la fábrica de cemento Lima).

En este estudio se trata la metodología que ha permitido elevar la productividad de los equipos, en función a la disminución del tiempo de las operaciones. Este método se aplica de manera iterativa con el fin de que las mejoras sean continuas y se logre eliminar o disminuir al máximo los tiempos muertos de las operaciones.

2.0.2.- BASE TEÓRICA

Estas definiciones sustentan el estudio de investigación, mediante la descripción de términos que intervienen en la tesis.

2.0.2.1.- GESTIÓN

La gestión se refiere a la eficiencia en la utilización de los recursos y la eficacia en la consecución de los objetivos, la gestión es función de la Producción/Operaciones aplica los procesos administrativos al proceso de transformación que convierte los recursos o insumos en productos, se trate de bienes y/o servicios (Dirección General de Educación Polinomial y superior. 2001. Gestión de las Organizaciones. Pag. 04).

2.0.2.2.- GESTIÓN DE OPERACIONES

Dirección y Control de los Procesos mediante los cuales los insumos se transforman en bienes y servicios terminados (Acero, Navarro y Elías, Germán. 2003. Tesis Administración de operaciones Aplicando la teoría de Restricciones en una Pyme. Pag. 01).

- Es el valor de los productos (bienes y servicios), dividido por el valor de los recursos que se han utilizado para obtenerlos (Hernández, José. 2011. Gestión de operaciones. Pag. 07).

$$Productividad = Producto / Insumo \quad (Fórmula 01)$$

- Un concepto amplio de Productividad es aquél que considera el valor que aporta lo producido (Hernández, José. 2011. Gestión de operaciones. Pag. 07).

$$productividad = \frac{\textit{productos que aportan valor al cliente}}{\textit{insumos usados para su obtención}}$$

(Fórmula 02)

La eficiencia: Se utiliza para dar cuenta del uso de los recursos o cumplimiento de actividades con dos acepciones: la primera, como relación entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de recursos que se había estimado o programado utilizar; la segunda, como grado en el que se aprovecha los recursos utilizados transformándolos en productos (Carballal, Esperanza. 2006. Conceptos Modernos de Productividad. Pag. 01).

La efectividad: Es la relación entre los resultados logrados y los resultados que nos habíamos propuestos, y da cuenta del grado de cumplimiento de los objetivos que nos hemos planificado: cantidades a producir, clientes a tener, órdenes de compras a colocar. Cuando se considera la efectividad como único criterio se cae en los estilos efectivistas, aquellos donde lo importante es el resultado, no importando a qué costo (Carballal, Esperanza. 2006. Conceptos Modernos de Productividad. Pag. 01).

La eficacia: valora el impacto de lo que hacemos, del producto o servicio que prestamos. No basta con producir con 100% de efectividad el servicio o producto que nos fijamos, tanto en cantidad y calidad, sino que es necesario que el mismo sea el adecuado, aquel que logrará realmente satisfacer al cliente

o impactar en nuestro mercado. El comportamiento de estos tres criterios en conjunto nos da en forma global la medida de competitividad.¹

2.0.2.3.- GESTIÓN DE LOS RECURSOS HUMANOS

Incluye los procesos que organizan y dirigen el equipo del proyecto. El equipo del proyecto está compuesto por las personas a quienes se les han asignado roles y responsabilidades para concluir el proyecto.

Si bien es común hablar de asignación de roles y responsabilidades, los miembros del equipo deberían participar en gran parte de la planificación y toma de decisiones del proyecto (Parra, Duvelís. 2013. Tesis Gestión de los Recursos Humanos. Pag. 03).

Planificación de los Recursos Humanos: Identificar, documentar los roles del proyecto, las responsabilidades y sus relaciones, así como crear un plan de gestión de personal (Dharma Consulting. 2012. Gestión de los Recursos Humanos. Pag. 03).

Adquirir el equipo del proyecto: obtener los recursos humanos necesarios para concluir el proyecto (Dharma Consulting. 2012. Gestión de los Recursos Humanos. Pag. 04).

Desarrollar el Equipo del Proyecto: mejorar las competencias y la interacción de los miembros del equipo para lograr un mejor rendimiento del proyecto (Dharma Consulting. 2012. Gestión de los Recursos Humanos. Pag. 05).

¹ Pérez Campaña, Marisol. 2009. Tesis de producción y procesos.

Gestionar el Equipo del Proyecto: hacer un seguimiento del rendimiento de los miembros del equipo, proporcionar retroalimentación, resolver polémicas y coordinar cambios a fin de mejorar el rendimiento del proyecto (Dharma Consulting. 2012. Gestión de los Recursos Humanos. Pag. 06).

2.0.2.4.- MOVIMIENTO DE TIERRAS

La modificación de la geometría del suelo se denomina movimiento de tierras; la determinación del volumen de tierras necesario para llevarla a cabo se denomina cubicación. En el movimiento de tierras se producen dos tipos de acciones uno de desmonte cuando la tierra se excava y se quita del sitio donde estaba; y otro de terraplén cuando aportamos tierra sobre el terreno natural.

El volumen de terraplén puede proceder del terreno removido o excavado de la misma obra o de otro lugar denominándose en este caso terrenos de préstamo. Debemos tener en cuenta que, por ser la superficie topográfica una superficie irregular las cubicaciones son siempre aproximadas. Los volúmenes de tierras excavadas para terraplenar se realizan en función de los perfiles transversales, los caminos tienen un ancho de 6 metros, con zonas de desmonte y terraplén, los taludes resultantes al desmontar o al terraplenar tienen una pendiente de 1:1 (45°).

Para efectuar las compensaciones de volumen que sea posible dentro de la cantera el medio de transporte será la excavadora (dozer), debido a que la distancia media no supera los 100 metros. Si se importa tierra de otro lugar, como pueden ser canteras próximas, deberemos disponer de volquetes (dumpers), pudiendo desplazarse por la carretera para el acarreo de dicho

material, el cual sería dispuesto en zonas próximas donde se va a repartir, debiendo asimismo asignar un servicio de carga, mediante cargador frontal (palas), que carguen el material hacia los volquetes (Cherné, Juan y Gonzales, Andrés. 2012. Movimiento de Tierras. Pag. 07-12).

Excavación o corte a cielo abierto: excavación sobre superficie en la que al menos se tiene un frente abierto a nivel de ataque de la máquina.

Decapado: Corte de la capa exterior producto de la construcción de accesos y plataformas generalmente materia orgánica.

Terraplén: aporte y depósito de tierras relleno un determinado volumen.

Desmonte: Proceso de excavar y movimiento del material excavado a otro lugar empleándolo como relleno (Cordova, Yerko. 2013. Tesis Análisis de los Procesos de Movimiento de Tierras. Pag. 12, 13).

2.0.2.5.- TECNOLOGÍA PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS

La maquinaria pesada está diseñada para ejecutar trabajos de movimiento de tierras, para llevar a cabo varias funciones, entre ellas: remover, cargar, elevar y soltar la tierra, en vehículos que han de transportarla y distribuirla en cantidades adecuadas, construidas con el fin de reemplazar actividades realizadas por personas y animales, disminuyendo el tiempo de ejecución. Actualmente la maquinaria sofisticada, utilizan componentes muy resistentes, combinados con sistemas electrónicos, disminuyendo cada vez más el impacto al medio ambiente, entre ellas tenemos excavadoras, tractores de orugas, cargadores frontales entre otras (Castillo, Gustavo. 2013. Tesis Administración de maquinaria en la construcción. Pag. 136).

2.0.2.6.- PROCEDIMIENTO PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las operaciones en el movimiento de tierras empiezan con la preparación del material a ser movido. Esto incluye aflojar o soltar el material por medio del lampón de la excavadora hasta tener una forma y tamaño manejable, este debe encajar en el cucharón del equipo de excavación y en la tolva del equipo de acarreo.

Luego de la excavación el material es trasladado desde su punto original de ubicación a su disposición final. En el caso de la explotación de cantera el material excavado es utilizado en el afirmado de los accesos.

“Cortar” significa remover el material desde su ubicación natural, y el término “rellenar” significa acarrear y descargar el material en el lugar indicado, algunas veces también estos términos se utilizan juntos como “corte y relleno” para describir la actividad conjunta de la utilización del mismo material.

El siguiente paso en la operación del movimiento de tierras es la descarga del material, que por lo general es vaciado para su uso en un lugar específico. Si el material va a ser desechado, éste se vaciará en el botadero. Por otro lado si el material va a ser usado como relleno será descargado de tal forma que se pueda esparcir de una manera uniforme y compactado por otro equipo (Canturín, Ricardo y Siucho, Raúl. 2004. Tesis Aplicación de Métodos de Productividad en las Operaciones de Equipos de Movimiento de Tierras. Pag. 31-33).

En resumen, la operación del movimiento de tierras se caracteriza por:

1. Soltar o aflojar el material que va a ser excavado.
2. Excavación del material en las plataformas o en la cantera.
3. Acarreo o transporte del material a su destino final.
4. Descarga del material en el relleno, terraplén o en el botadero.

MAQUINA

Es un conjunto de piezas o elementos móviles o fijos, que por efecto de sus enlaces son capaces de transformar la energía (Espinosa, Mario. 2010. Tesis Mantenimiento correctivo a un motor de combustión interna. Pag. 14).

MAQUINARIA PESADA

Viene a ser la maquinaria de grandes proporciones geométricas, tienen peso y Volumetría considerable, requiere de un operador capacitado para operarlo; se utiliza en movimiento de tierras de grandes obras de Ingeniería Civil, entre otras tenemos a las excavadoras, cargadores frontales, tractores, motoniveladoras (Gómez, José. 2008. Maquinaria y Equipos de Construcción. Pag. 14).

EXCAVADORA

Maquina autopulsada sobre ruedas o cadenas, con una superestructura capaz de girar 360° que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara, fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que el chasis o la estructura portante se desplace (Gómez, José. 2008. Maquinaria y Equipos de Construcción. Pag. 22).

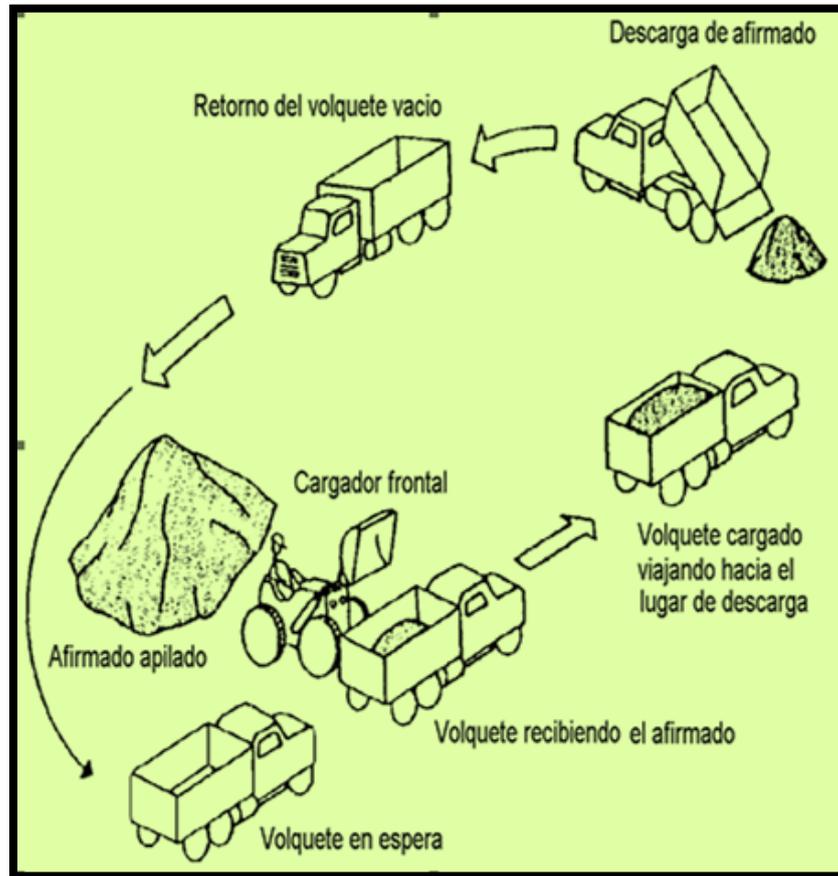
CARGADOR FRONTAL

Maquina autopulsada sobre ruedas o cadenas, equipada con una cuchara frontal, estructura soporte y un sistema de brazos articulados, capaz de cargar, excavar frontalmente, mediante su desplazamiento con movimiento de los brazos además eleva, transporta y descarga materiales (Gómez, José. 2008. Maquinaria y Equipos de Construcción. Pag. 50).

DIAGRAMA DE LAS FASES DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las fases del camión resume el proceso de movimiento de tierras:

Diagrama 01 (Fases del ciclo del camión)



Fuente: Ulloa, Wilfredo. 2011. Productividad en la Construcción. Pag. 22.

CAMION VOLQUETE

Máquina autopropulsada sobre ruedas, con tolva abierta, que transporta materiales y los descarga. El carguío es efectuado por medios externos (Gómez, José. Maquinaria y Equipos de Construcción. 2008. Pag. 54).

2.0.2.7.- RENDIMIENTO DE MAQUINARIA

Se utiliza para el cálculo de los costos del equipo de construcción, así como para la planificación y programación de obras, es necesario calcular la capacidad productiva de las maquinas; para esto se dispone de información que proporcionan los fabricantes de equipo y usualmente se consignan los valores teóricos para condiciones de máxima eficiencia; la mejor fuente de datos de los rendimientos es la estadística de cada empresa, que, de haberla, es la que refleja las condiciones reales de operación.

Siempre se ha utilizado el factor de eficiencia igual a 0.75 en los rendimientos calculados por los ingenieros de control de proyectos, lo cual puede ser válido para periodos cortos de operación; pero en realidad y a largo plazo, el factor de 0.50 se considera razonable (Vargas, Roberto. 2000. Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras. Pag. 34-54).

Métodos para el cálculo de los rendimientos de la maquinaria pesada:

- A través de Tablas y gráficos.
- Mediante fórmulas.
- Por observación directa.

RENDIMIENTO DE MAQUINARIA A TRAVES DE TABLAS Y DIAGRAMAS

Tabla 01 (para calcular el tiempo de los ciclos de la excavadora)

Modelo		307C	308D CR	308D CR SB	311D LRR	312D, 312D L	315D L	319D L, 319D LN	M312, M313C, M315C, M313D, M315D	M315, M316C, M316D	M318C, M318D	M322C, M322D
Tamaño del cuch.	L	280	220	220	450	520	520	800	610	750	900	1050
	yd ³	0,37	0,30	0,30	0,59	0,68	0,68	1,05	0,80	0,98	1,18	1,37
Tipo de suelo		← Tierra compactada →						← Arena/Grava →				
Profundidad de excavación	m	1,5	1,8	1,8	1,5	1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	pies	5'0"	6'0"	6'0"	5'0"	6'0"	10'0"	10'0"	10'0"	10'0"	10'0"	10'0"
Carga del cucharón	min	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07	0,07	0,09	0,05	0,06	0,06	0,08
Giro con carga	min	0,05	0,03	0,03	0,06	0,06	0,08	0,09	0,05	0,05	0,06	0,06
Descarga del cucharón	min	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
Giro sin carga	min	0,06	0,06	0,08	0,05	0,05	0,06	0,07	0,04	0,04	0,05	0,05
Tiempo total del ciclo	min	0,22	0,21	0,22	0,21	0,21	0,24	0,28	0,17	0,18	0,20	0,23

Modelo		320D	320D RR, 321D CR, 323D	324D	328D LCR	329D	336D	345D	365C L	385C
Tamaño del cuch.	L	800	800	1000	N/A	1100	1400	2400	1900	3760
	yd ³	1,05	1,05	1,31	N/A	1,44	1,83	3,0	2,5	5,0
Tipo de suelo		← Arcilla dura →								
Profundidad de excavación	m	2,3	2,3	3,2	N/A	3,2	3,4	4,0	4,2	5,6
	pies	8	8	10	N/A	10	11	13	14	18
Carga del cucharón	min	0,09	0,09	0,09	N/A	0,09	0,09	0,13	0,10	0,19
Giro con carga	min	0,06	0,06	0,06	N/A	0,06	0,07	0,07	0,09	0,06
Descarga del cucharón	min	0,03	0,03	0,04	N/A	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03
Giro sin carga	min	0,05	0,05	0,06	N/A	0,06	0,07	0,06	0,07	0,07
Tiempo total del ciclo	min	0,23	0,23	0,25	N/A	0,25	0,27	0,28	0,30	0,35

N/A = No aplicable

Fuente: Rendimiento de maquinaria Catt. 2010. pag. 4-189.

Tabla 02 (para calcular la productividad de la excavadora)

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*																							
TIEMPOS DE CICLO CALCULADOS		CARGA ÚTIL CALCULADA DEL CUCHARÓN** — METROS/YARDAS CÚBICOS SUELTOS																		TIEMPOS DE CICLO CALCULADOS			
Tiempo de ciclo		0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0	Ciclos por min	Ciclos por hora	
Segundos	Min.																						
10,0	0,17																					6,0	360
11,0	0,18																					5,5	330
12,0	0,20	60	90	150	210	270															5,0	300	
13,3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4,5	270	
15,0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4,0	240	
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3,5	210	
20,0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720	3,0	180	
24,0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2,5	150	
30,0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2,0	120	
35,0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102	
40,0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90	
45,0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78	
50,0	0,83																				1,2	72	

Fuente: Rendimiento de maquinaria Catt. 2010. pag. 4-196.

Tabla 03 (para calcular la productividad de la excavadora según la altitud)

RENDIMIENTO STANDARD DE EXCAVADORA									
Modelo	Potencia HP	Capacidad del Cucharón (m3)	Tipo de Trabajo	Costa	Sierra			Selva	
					Hasta 2300 m.	2300 a 3800 m.	Más de 3800 m.		
215	90	0.70 m3	(m3/d)	Material suelto	7,200.00	600.00	570.00	450.00	500.00
				Roca suelta	420.00	370.00	50.00	290.00	340.00
				Roca fija c/volad.	290.00	270.00	250.00	200.00	240.00
		0.90 m3	Excav. (m3/d)	Material suelto	840.00	700.00	660.00	520.00	580.00
				Roca suelta	490.00	430.00	410.00	330.00	390.00
				Roca fija c/volad.	330.00	310.00	290.00	230.00	270.00
225	125	1.1 m3	(Rend. Banco)	Material suelto	1,050.00	980.00	900.00	710.00	740.00
				Roca suelta	620.00	590.00	550.00	450.00	500.00
				Roca fija c/volad.	430.00	400.00	380.00	330.00	360.00
235	195	1.30 m3		Material suelto	1,240.00	1,150.00	1,060.00	840.00	870.00
				Roca suelta	730.00	700.00	650.00	530.00	590.00
				Roca fija c/volad.	500.00	480.00	450.00	390.00	420.00
		1.50 m3		Material suelto	1,430.00	1,330.00	1,230.00	970.00	1,000.00
				Roca suelta	840.00	810.00	750.00	610.00	680.00
				Roca fija c/volad.	580.00	550.00	520.00	450.00	490.00
	1.70 m3		Material suelto	1,620.00	1,500.00	1,390.00	1,100.00	1,140.00	
			Roca suelta	950.00	920.00	850.00	700.00	770.00	
			Roca fija c/volad.	660.00	620.00	590.00	510.00	550.00	
	1.90 m3		Material suelto	1,810.00	1,680.00	1,560.00	1,230.00	1,270.00	
			Roca suelta	1,070.00	1,030.00	940.00	780.00	860.00	
			Roca fija c/volad.	740.00	700.00	660.00	570.00	610.00	

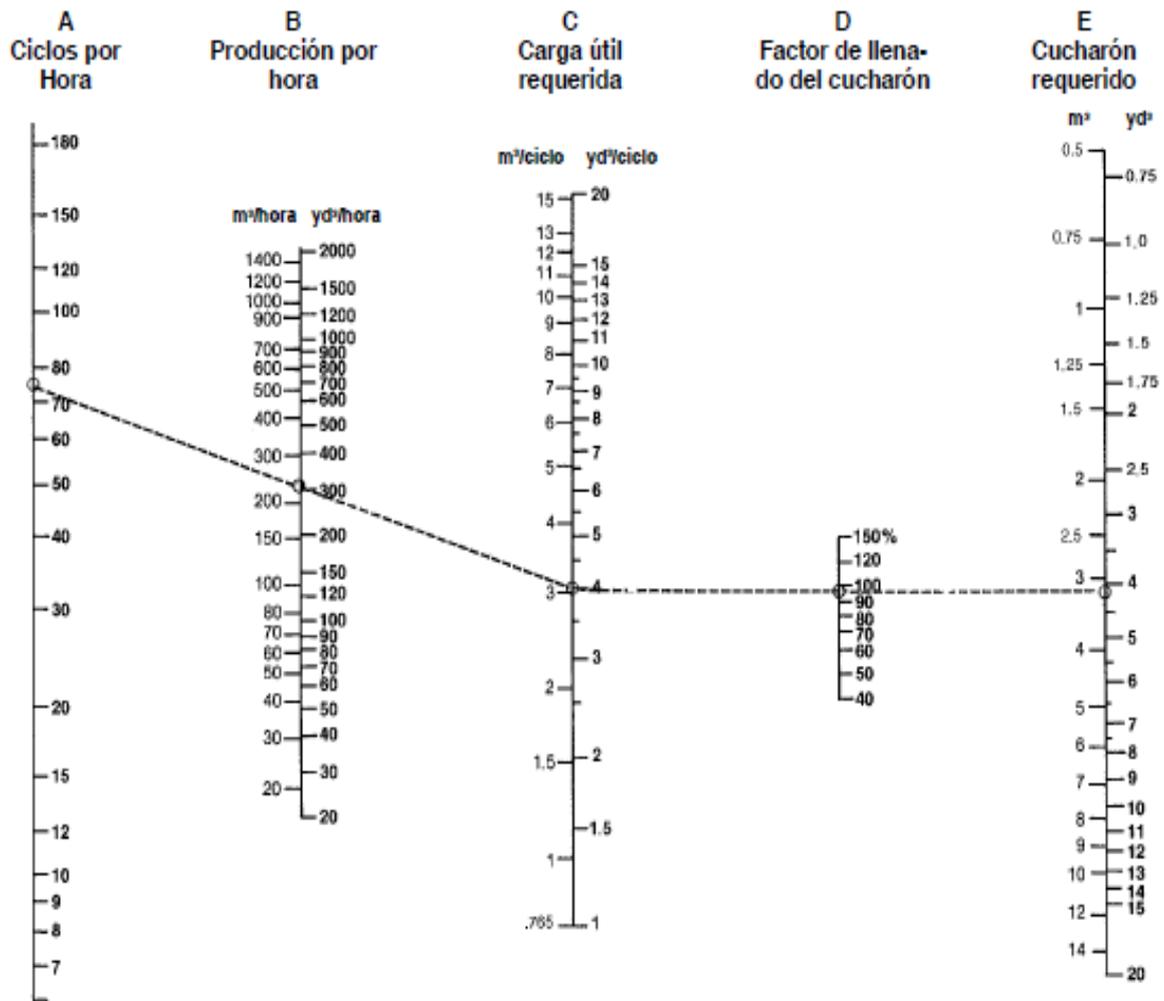
Fuente: Ibañez, Walter. 2012. Costos y tiempos en carreteras.

Según el manual de Rendimientos de Catt. Pag. 12-107. 2010. Presenta los siguientes ciclos para cada tipo de cargador

Promedios de los ciclos del Cargador para carguío de camiones	
914G-962H	0.45-0.50 min.
966H-980H	0.50-0.55 min.
988H-990H	0.55-0.60 min.
922K-994F	0.60-0.70 min.

Diagrama 02 (para calcular la carga útil y el tamaño del cucharón)

1. Marque en la escala B el punto correspondiente a la producción requerida por hora de 230 m³/hora (300 yd³/h).
2. Marque en la escala A el número de ciclos por hora requeridos (60 ÷ 0,6 = 100 x 0,75 = 75 ciclos/hora).
3. Desde A, trace una línea que pase por B y llegue a C. Verá que la carga útil requerida es 3 m³/ciclo (4yd³/ciclo).
4. Marque en la escala D el factor de llenado del cucharón (0,95).
5. Desde C, trace una línea que cruce la escala D y llegue a E; encontrará que se requiere un cucharón de 3 m³ (4 yd³).
6. Transfiera a la gráfica en la página siguiente los ciclos por hora de la escala A y la carga útil requerida de la escala C.



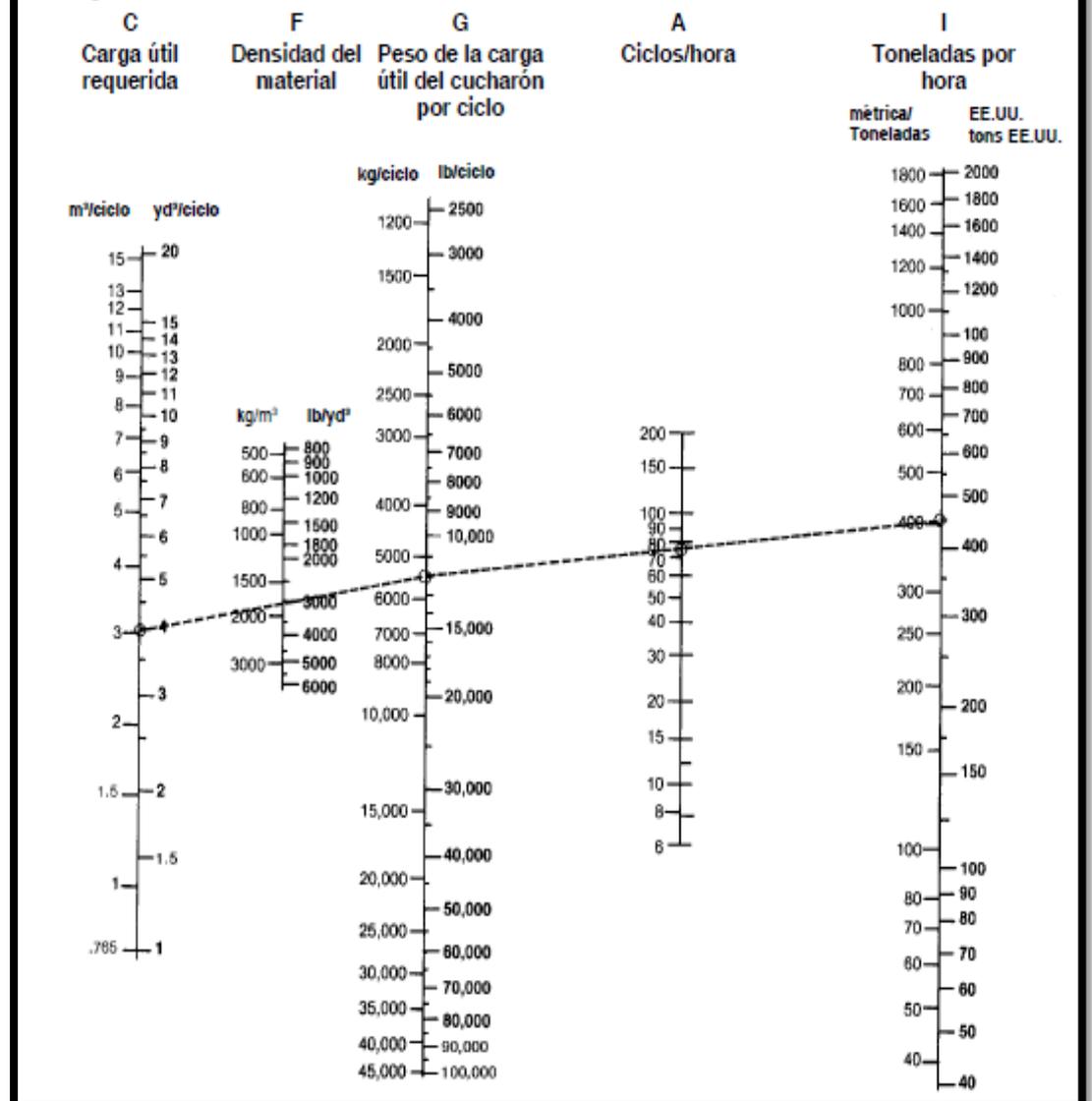
Fuente: Rendimiento de maquinaria Catt. 2010. pag. 12-110.

Diagrama 03 (para calcular la producción de los cargadores frontales)

7. Marque la densidad del material (1780 kg/m³) (3000lb/yd³) en la escala F.
8. Desde la escala C, trace una línea que pase por F y llegue a G para hallar la carga útil por ciclo (5300 kg) (11.500 lb).
9. Compare la cantidad de 5300 kg (11.500 lb) en la escala G, con la carga de operación recomendada para esa máquina que aparece en las páginas que siguen sobre selección del cucharón.

La capacidad de operación del 950H provisto de cucharón de 3.1 m³ (4 yd³) depende de la densidad del material y de la capacidad del cucharón (vea las páginas de selección de cucharones a continuación).

10. Para hallar el tonelaje por hora, trace desde la escala G una línea recta que cruce la escala A, y se prolongue hasta la escala I, para obtener el punto correspondiente a 400 tons métricas (450 tons EE.UU.).



Fuente: Rendimiento de maquinaria Catt, 2010. pag. 12-111.

Tabla 04 (para calcular la productividad del cargador frontal según la altitud)

RENDIMIENTO STANDARD DE CARGADOR FRONTAL								
Modelo	Potencia HP	Tipo de Trabajo		Costa	Sierra			Selva
					Hasta 2300 m.	2300 a 3800 m.	Más de 3800 m.	
CAT. 930	100	Transporte de Material (m3/d)	Material suelto	760.00	700.00	620.00	550.00	600.00
			Roca suelta	680.00	610.00	550.00	480.00	520.00
			Roca fija	610.00	550.00	490.00	430.00	470.00
CAT. 950B	155	Transporte de Material (m3/d)	Material suelto	1,040.00	950.00	840.00	750.00	810.00
			Roca suelta	920.00	840.00	740.00	660.00	710.00
			Roca fija	820.00	750.00	690.00	610.00	640.00
CAT. 966D	200	Transporte de Material (m3/d)	Material suelto	1,290.00	1,180.00	1,050.00	930.00	1,000.00
			Roca suelta	1,110.00	1,010.00	900.00	800.00	860.00
			Roca fija	970.00	880.00	790.00	700.00	750.00

Fuente: Ibañez, Walter. 2012. Costos y tiempos en carreteras.

CALCULO DEL RENDIMIENTO MEDIANTE FORMULAS

Fórmula para el cálculo de la capacidad productiva (Vargas, Roberto. 2000.

Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras. Pag. 48-54).

:

$$R = 60 \text{ min} \times E \times Vc / Tc \quad (\text{Fórmula 03})$$

Dónde:

R: Rendimiento en m3/hora (m3 suelto).

E: Factor de eficiencia de 75-80 %.

Vc: Volumen movido por ciclo m3/ciclo.

Tc: Tiempo del ciclo en minutos o segundos.

La producción de un ciclo, está representada por el volumen del material en cada ciclo, por ejemplo en una excavadora o en un cargador frontal es la capacidad del cucharón, en un camión está dado por la capacidad de la tolva.

El número de ciclos por hora, es el tiempo requerido por una máquina para completar un ciclo de trabajo o su recíproco; el número de ciclos por unidad de tiempo puede obtenerse utilizando la velocidad y tiempos especificados en los manuales del equipo, al dividir las distancias por recorrer entre ellas y considerar los tiempos fijos.

2.0.2.8. PRODUCCION DE LOS CARGADORES FRONTALES Y EXCAVADORAS

En algunos casos intervienen el factor de llenado (para cargadores y excavadoras) y el factor de expansión.

$$R = \frac{60 \text{ min. } \times E \times Vc \times Fc}{Tc \times Fa} \quad (\text{Fórmula 04})$$

Dónde:

R: Rendimiento en m³/hora (m³ suelto).

E: Factor de eficiencia de 75-80 %.

Vc: Volumen movido por ciclo m³/ciclo.

Fc: Factor de llenado.

Tc: Tiempo del ciclo en minutos o segundos.

Fa: Factor de expansión.

La variable “E” es un factor de eficiencia del equipo y se obtiene de la combinación de 16 subfactores, algunos favorables (mayores que uno) y los más de ellos desfavorables (menores que uno).

$$E = t \times o \times a \times m \times e \times c \times g \times p \times r \times l \times u \times n \times d \times h \times z \times v$$

(Fórmula 05)

Dónde:

t: Eficiencia en tiempo.

o: Operación buena.

a: Administración buena.

m: Tipo de material (malo, medio y bueno).

e: Estado del material (banco o suelto).

c: Carga del cucharón (debajo, ras o encima).

g: Maniobra y alcance.

p: Pendiente del terreno.

r: Condiciones del camino.

l: Clima.

u: Uso.

n: Efecto de altitud.

d: Desperdicio.

h: Humedad.

z: Temperatura.

v: Polvo.

A continuación se detallan los subfactores de eficiencia y se consignan algunos de los valores normalmente aceptados. Cabe hacer mención que el factor de eficiencia es uno de los valores más importantes dentro de los rendimientos de la maquinaria.

Factor de eficiencia en tiempo “t”

Consiste en el tiempo efectivo de trabajo durante el día o en cada hora y se acostumbra manejarlo en la cantidad de minutos efectivos cronometrados por cada hora.

Factor de operación “o”

Consiste en la habilidad, experiencia y responsabilidad de los operadores, quienes constituyen un factor medular en los rendimientos horarios de la máquina. Comúnmente se asigna un valor de 0.80 a aquellos operadores con amplia experiencia y probada capacidad.

Factor de administración de obra “a”

La adecuada planeación, dirección, operación y control de la obra redundan necesariamente en los volúmenes obtenidos. Algunos aspectos que tienen que ver con la administración son: Suministro oportuno y suficiente de combustible, programación del mantenimiento de las máquinas, relevo de los operadores, auxilio mecánico.

Factor de tipo de material “m”

El factor generalmente asignado ($m=1.00$) se refiere a material fácil de atacar, que corresponde a material clasificado (tierra no compactada, arena, grava).

Algunos le llaman facilidad de carga; para el material medio puede utilizarse un factor de 0.90, tierra compactada, arcilla seca y suelos con menos de 25% de contenido rocoso.

La clasificación del material medio difícil, corresponde a suelos duros con contenidos de roca hasta 50%, puede usarse como factor cercano a un 80%.

El material difícil de atacar es la roca, se considera un factor de 0.70.

Por último, los materiales más difíciles son las rocas areniscas, en cuyo caso el factor aplicable es de 60%.

Factor de estado de material “e”

Este factor se refiere a las condiciones del material y se maneja en estados; en banco, suelto y compactado.

La condición estándar que se maneja como 100% es para el material suelto. A continuación se presenta una relación de estos factores para varios tipos de material.

Tabla 05 (Factor de eficiencia por el estado del material)

Material	Banco	Compacto
Arena	0.90	0.86
Arcilla Arenosa	0.82	0.72
Arcilla	0.70	0.63
Suelo con grava	0.85	0.91
Rocas suaves	0.61	0.74
Roca dura	0.59	0.77

Fuente: Vargas, Roberto. 2000. Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras. Pag. 51.

Factor de carga “c”

Corresponde al denominado factor de llenado. El factor denominado estándar de 1.00 se maneja usualmente para la carga abultada y es aplicable a materiales apilados, previamente cortados por otro equipo.

Un valor promedio oscila entre el 85 al 55% para suelos con grava, arena, chancados, finos y arcillas secas.

Se utilizan factores bajos de 55 a 40%, en caso de rocas partidas y otros materiales que por diversos motivos no pueden ser cuchareados con facilidad.

Factor de maniobra y alcance “g”

En este factor se toma en cuenta el giro del equipo para depositar el material producto de la excavación.

En este caso se aplica para la excavadora el porcentaje de alcance requerido respecto al alcance máximo de los brazos o plumas.

Factor por pendiente de terreno “p”

Este factor es aplicable cuando se calcula la producción de cargadores frontales y camiones que afecta de manera sustancial la pendiente de terreno.

Tabla 06 (Factor de eficiencia por la pendiente de terreno)

Pendiente del terreno %	Factor “p”
De 10 a 20 (bajada)	Hasta 1.25
De 0 a 10 (bajada)	Hasta 1.10
De 0 a 10	0.90
De 10 a 20	0.75

Fuente: Vargas, Roberto. 2000. Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras. Pag. 52.

Factor de camino “r”

Para el caso de camiones, se combina el efecto de pendiente de terreno con el de resistencia al rodamiento.

Tabla 07 (Factor de eficiencia por el estado del camino)

Condiciones del camino	Factor “r”
Plano y firme	0.98
Mal conservado pero firme	0.95
De arena y grava suelta	0.90
Sin conservación y lodoso	0.83

Fuente: Vargas, Roberto. 2000. Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras. Pag. 52.

Factor de clima - lluvia “l”

Considerando básicamente los días de lluvia y sus efectos secundarios como el anegamiento del terreno, el cociente de los días como buen tiempo entre los hábiles proporciona el factor de clima.

Factor de uso “u”

Se considera como un factor más de eficiencia, considerando los tiempos muertos por reparaciones y falta de trabajo.

Factor de altitud sobre el nivel del mar “n”

En este caso se presenta una reducción casi proporcional de la eficiencia de un motor al incrementarse la altura sobre el nivel del mar, puesto que disminuye la presión atmosférica. Los motores turbo cargados conservan su potencia.

Se recomienda reducir 1% por cada 100 metros adicionales de altura sobre el nivel del mar, a partir de los 100 metros.

Factor de desperdicio “d”

En toda operación en donde se mide el material movido, se tendrá un desperdicio en su manejo, se recomienda usar un factor entre 1.04 y 1.08.

Factor de humedad “h”

Se establece un factor de humedad, en proporción al rendimiento de la maquina vs la temperatura del ambiente, a menor humedad mejor rendimiento de la máquina y viceversa, considerándose factores de 1.03 para el 50% de humedad, factor de humedad de 1.00 para el 60% de humedad y para un sitio extremadamente húmedo 100% el factor “h” es de 0.98.

Factor de eficacia: Relación entre la productividad de utilización de la maquinaria por hora obtenida en campo y la productividad teórica horaria (Yépez, Víctor. 2011. Producción de equipos. Pag. 12).

$$F_e = P_u / P_t \quad (\text{Fórmula 5A})$$

2.0.2.9.- Estudio del trabajo

Son ciertas técnicas y Métodos para lograr la Medición del Trabajo en todos sus contextos, tanto de personas como de máquinas, que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras (Prada, Lorena. 2003. Métodos y Diseños del Trabajo-Un Estudio Sistemático de la Producción. Pag. 13).

Estudio de Tiempos

Permite medir el trabajo dentro de un proceso y por ende nos permitirá establecer el tiempo que se debe asignar a cada fase dentro del proceso, para ello debemos recordar que un proceso está compuesto por operaciones (García, Roberto. 1998. Estudio del Trabajo. Pag. 14).

El procedimiento consiste en lo siguiente:

- Descomponer las fases del proceso.
- Medir el tiempo de cada fase "n" veces.
- Medir el tiempo medio de cada fase.
- Sumar los tiempos medios de cada fase, que nos permita saber el tiempo total del ciclo de trabajo.

2.0.2.10.- DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, se basa en el principio de Wilfredo Pareto que dice: El ochenta por ciento de los problemas se puede solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que lo originan.

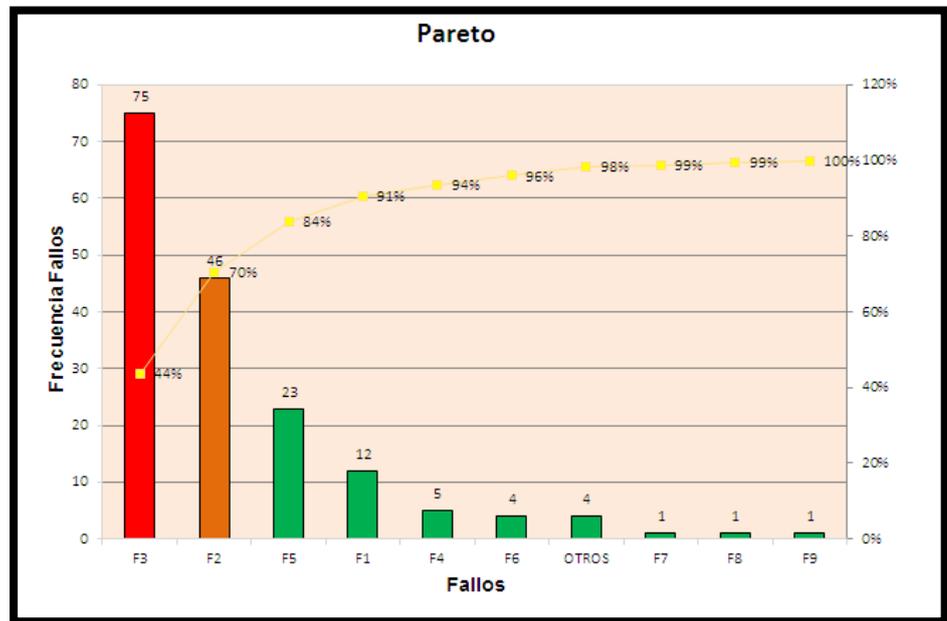
En otras palabras un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, o lo que es lo mismo: En el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales (Arias, Edwin. 2012. Estadística II-Diagrama de Pareto. Pag. 03).

Este diagrama es empleado para conocer los siguientes factores:

- Conocer cuál es el factor o factores más importantes en un problema.

- Determinar la causa raíz de un problema.
- Decidir el objetivo y los elementos que se deben mejorar.

Diagrama 04 (Diagrama de Pareto)



Fuente: <http://www.pdcahome.com/tutorial-herramienta-disminucion-de-la-muda/>

2.0.2.11.- DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA EFECTO)

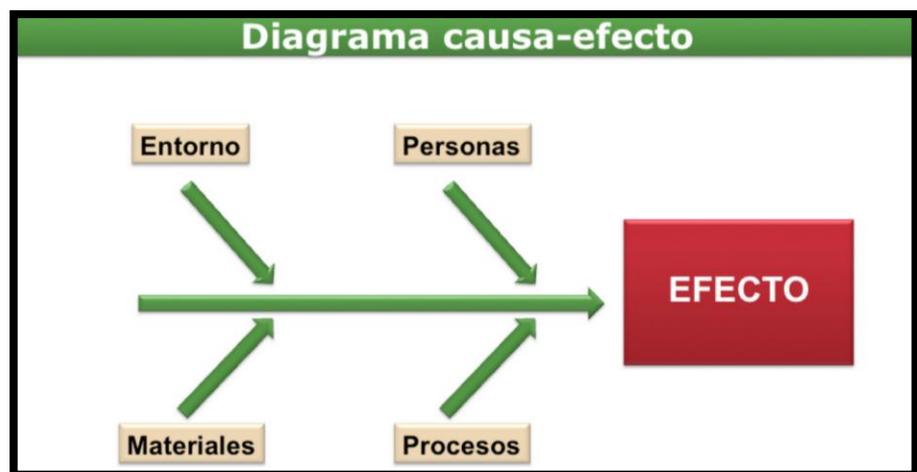
El diagrama de Ishikawa conocido como el diagrama de causa efecto o diagrama de la espina de pescado, es desarrollado para facilitar el análisis de problemas mediante la representación gráfica de la relación entre un efecto y todas sus causas (Lezama, Cruz. 2009. Control de la Gestión Empresarial. Pag. 04).

El objetivo es poner de manifiesto la relación entre un efecto y las causas que lo producen, de manera que queden expuestas visualmente todas las causas que contribuyen a un efecto hasta el nivel que se desee, en la mayoría de los casos la intención es llegar hasta la causa raíz.

Entre las aplicaciones mencionamos a las siguientes:

- Identificar las causas verdaderas, y no solamente sus síntomas, de una determinada situación y agruparlas por categorías.
- Resumir todas las relaciones entre las causas y efectos de un proceso.
- Promover la mejora de los procesos.
- Consolidar aquellas ideas de los miembros del equipo sobre determinadas actividades relacionadas con la calidad.
- Favorecer el pensamiento de los miembros del equipo, lo que conlleva a una mayor aportación de ideas.
- Obtener una visión global y estructurada de una determinada circunstancia, al identificar un conjunto de factores básicos.

Diagrama 05 (Diagrama de Ishikawa)



Fuente: <http://leonciomoreno.blogspot.com/2010/05/diagrama-de-ishikawa-otro-uso.html>

2.0.2.12.- PARAMETROS ESTADÍSTICOS

Si la dispersión presenta incertidumbre, entonces existen muchos parámetros de importancia en el análisis de la variabilidad de las observaciones (Murray R. Spiegel, 1997. Estadística. pag. 60, 63). Estos incluyen:

1. Medidas de tendencias centrales, lo cual contienen:

- a. **El promedio aritmético** Igual a la suma de valores entre el número de ellos.
- b. **La mediana** Que es el valor que se encuentra en el medio de todos los valores ordenados en forma ascendente o descendente.
- c. **La moda** Que es el valor que aparece con más frecuencia.

2. Medidas de dispersión, lo cual incluye:

- a. **El rango** Que es igual a la diferencia entre el máximo valor y el mínimo valor.
- b. **La varianza** Que es la cantidad matemáticamente determinada cuyo valor depende de la forma de la frecuencia de distribución de los datos.
- c. **La desviación estándar** Que es la raíz cuadrada de la varianza.
(Murray R. Spiegel. 1997. Estadística. pag. 91, 93).

2.0.3.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Gestión de operaciones: Se define como el proceso de diseñar y mantener un ambiente en el que las personas trabajando en grupo alcance con eficiencia metas trazadas.

En ingeniería la gestión de operaciones se encarga de realizar las estimaciones de cuánto costará determinado proyecto, el tiempo que tardará en realizarse una obra, de tramitar los permisos correspondientes al momento de iniciar un proyecto, de elaborar contratos con el propietario, de realizar inspecciones para corroborar que todo se haga de acuerdo a los planos y especificaciones, de realizar el calendario de actividades, es decir realizar la gestión del proyecto (Castillo, Carolina y Valenzuela, Fernando. 2011. Tesis La actividad de construcción en el cantón cañar: Estudio de factibilidad para la creación de una compañía constructora de obras civiles. pag. 15).

Productividad: Se define como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados, en movimiento de tierras viene dado por la cantidad de material excavado, cantidad de material transportado, longitud de vías construido.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus especificaciones técnicas dadas por el fabricante, no así el recurso humano o los trabajadores en donde deben considerarse algunos factores que influyen en la productividad (Gutierrez, Vania y Pereira, Renan. 2006. Maquinaria y Equipo de Construcción. pag. 06).

Movimiento de tierras: Viene a ser el conjunto de trabajos a realizarse en un terreno para la ejecución de una obra, dicho conjunto de trabajos puede realizarse en forma manual o en forma mecánica (Cherné, Juan y Gonzalez, Andrés. 2012. Construcciones Industriales. pag. 07).

Productividad de la maquinaria: La producción se mide multiplicando la carga por ciclo por el número de ciclos por hora (Cherné, Juan y Gonzalez, Andrés. 2012. Construcciones Industriales. pag. 32).

$$Producción = Carga/ciclo \times ciclos/hora$$

Material en banco: Es el material como se encuentra en banco.

Material suelto: Viene a ser el material que se ha alterado, y se ha expandido como resultado del movimiento.

Material compactado: Material que se ha compactado y que ha aumentado su densidad como resultado de la compactación.

CAPITULO III

3.0.- HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.0.1.- HIPÓTESIS GENERAL

La aplicación de los principios de gestión de operaciones en el movimiento de tierras del proyecto minero Michiquillay, influye en su eficiencia y productividad.

3.0.2.- HIPÓTESIS SECUNDARIA

1.- La aplicación de los principios de planificación en el movimiento de tierras del proyecto minero Michiquillay, influye en su eficiencia y productividad.

2.- La aplicación de los principios de control en el movimiento de tierras del proyecto minero Michiquillay, influye en su eficiencia y productividad.

3.- La aplicación de los principios de evaluación en el movimiento de tierras del proyecto minero Michiquillay, influye en su eficiencia y productividad.

3.0.3.- VARIABLE INDEPENDIENTE: La gestión de operaciones.

VARIABLE DEPENDIENTE: Eficiencia y productividad en el movimiento de tierras del proyecto minero Michiquillay.

3.1.- OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1- OBJETIVO GENERAL

Analizar la influencia de la gestión de operaciones en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

3.1.2.- OBJETIVOS SECUNDARIOS

1.- Analizar la influencia de la planificación en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

2.- Analizar la influencia del control en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

3.- Analizar la influencia de la evaluación en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

3.2.- DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

3.2.1.- DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES

HIPOTESIS	CONCEPTOS Y CATEGORIAS	VARIABLES	SUB DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM	FUENTE DEL DATO
Si se aplica principios de gestión de operaciones, el movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay será más eficiente y productivo.	GESTIÓN DE OPERACIONES Dirección y Control de los Procesos mediante los cuales los insumos se transforman en bienes o servicios terminados	INDEPENDIENTE Gestión de operaciones	Gestión de la planificación	Programación Gantt	Planificación	Documental
			Gestión del control	Curva S	Control	Documental
			Gestión de la evaluación	Reprogramación de actividades	Evaluación	Documental
	PRODUCCIÓN DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS Relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados	DEPENDIENTE Eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay	Productividad	Ciclos por hora	Rendimiento	Observación directa
				Productividad por hora	Rendimiento	Observación directa
				Producción	Rendimiento	Observación directa
			Eficiencia	Productividad utilizada	Rendimiento	Observación directa
				Productividad teórica	Rendimiento	Observación directa
				Eficacia	Rendimiento	Observación directa

3.2.1.1.- HIPÓTESIS NULA

Ho: La Gestión de operaciones no influye significativamente en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

3.2.1.2.- HIPOTESIS ALTERNATIVA

H1: La Gestión de operaciones influye significativamente en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

3.2.2.- UNIDAD DE ANÁLISIS, UNIVERSO Y MUESTRA

Para el presente estudio se presenta como unidad de análisis la gestión del jefe de operaciones, supervisores de campo, capataz general, operadores de maquinaria, controladores, peones.

UNIVERSO

25 personas en total:

09 operadores de maquinaria pesada.

09 ayudantes de campo.

03 supervisores de campo.

01 capataz.

03 controladores vigías.

MUESTRA

Dada la naturaleza de la población en el presente estudio se trabaja con la población en toda su cobertura.

25 personas.

3.2.3.- TIPO Y DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

TIPO

El diseño aplicado corresponde al tipo descriptivo el cual propone conocer grupos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios sistemáticos que permitan poner de manifiesto su estructura o comportamiento.

No se ocupa de la verificación de hipótesis, sino de la descripción de hechos a partir de un criterio teórico.

DESCRIPCIÓN

Se describe como investigación descriptiva aplicando el incentivo al menos en un punto a lo largo del tiempo.

Se utiliza un grupo único el cual sirve a la vez como grupo control, el cual es evaluado antes y después del incentivo (eficiencia y productividad). Se aplica a un grupo de 25 personas que participan directamente en las operaciones de movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay.

DISEÑO DE CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

G1 ———— O1 ———— X ———— O2

Dónde:

G1: Grupo de estudio

O1: Observación sin incentivo (eficiencia y productividad)

O2: Observación con incentivo (eficiencia y productividad)

3.3.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÉCNICAS

Observación directa: ficha registro de ciclos.

INSTRUMENTOS

Guía de entrevistas, reporte de supervisores, partes diarios y fotografías.

3.4.- TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO

Una vez registrados los datos, estos son consistenciados en forma manual, luego se codifican y se forma una base de datos utilizando paquetes de software estadístico IBM SPSS statistics 21 y Excel. El proceso culmina con la organización de datos en tablas, diagramas e indicadores estadísticos tales como promedio, rango y desviación estándar.

ANÁLISIS DE DATOS

Se realizarán en las siguientes fases:

1° FASE DESCRIPTIVA

Los resultados obtenidos en el procesamiento se describen, se consistencian estadísticamente, todo esto encaminado a obtener los objetivos formulados.

2° FASE ANALÍTICA

Se utiliza pruebas estadísticas como T student, promedios, desviación estándar para validar los datos.

3.5.- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTIFICA

El procedimiento seguido está basado en someter a la hipótesis nula (La Gestión de operaciones no influye significativamente en la eficacia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay) a la prueba de la hipótesis del segundo proyecto en donde se mejoró la eficiencia y productividad, para aceptarla o rechazarla, para lo cual se utiliza la distribución probabilística t student, luego procedemos a encontrar el grado de significancia de $\alpha = 10\%$, para un C = 90% de confianza, de la tabla 15 (t student), de donde $t_{90} = 1.94$.

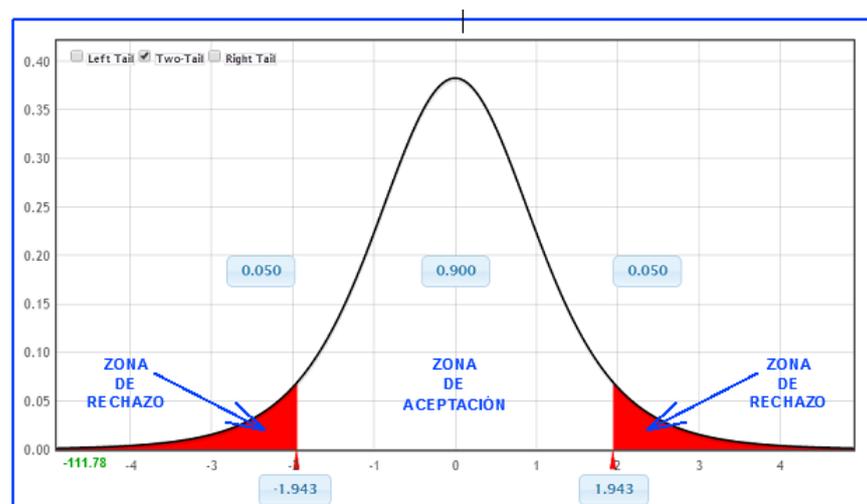
Estadístico t student:
$$t = \frac{(X-\mu)}{(\sigma/\sqrt{N})}$$

De la tabla:

$\bar{X} = 25.22$ (Media muestral), $\mu = 32.43$ (Media poblacional, tiempo teórico)

$\sigma = 0.158$ (Desviación estándar muestral), $N = 6$ (Número de datos)

Reemplazando datos $t = \frac{(25.22-32.43)}{(0.158/\sqrt{6})} = -111.78 < t_{90} = -1.94$



De la gráfica t student se observa que el valor se encuentra dentro de la región de rechazo, por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa.

CAPITULO IV

4.0.- SITUACION ACTUAL DEL PROYECTO

4.0.1.- Ubicación del Proyecto

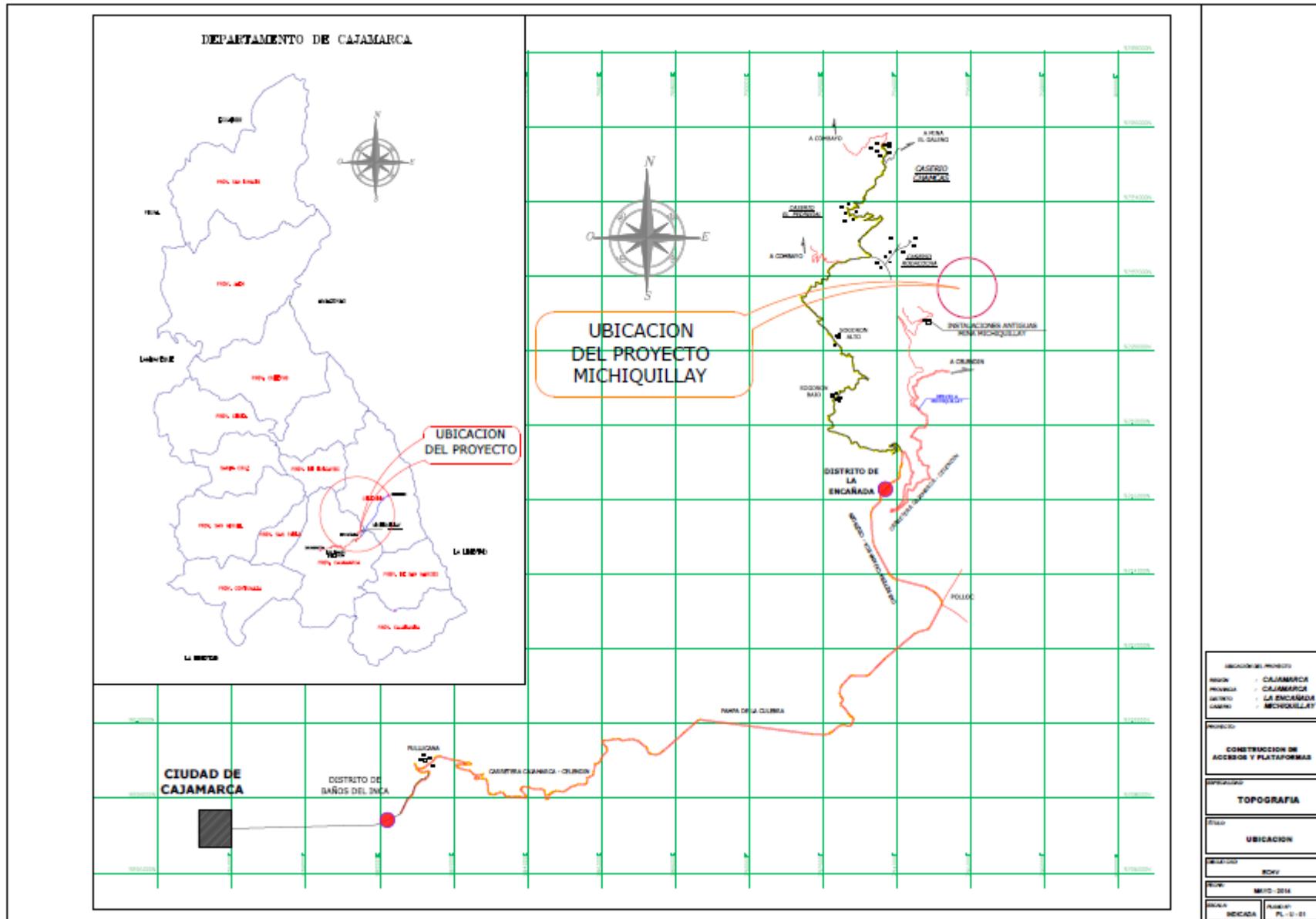
El área del proyecto Michiquillay se localiza en el distrito de La Encañada, provincia y región de Cajamarca. a unos 900 km al noreste de la ciudad de Lima y a 45 km de la ciudad de Cajamarca, a una altitud que varía entre los 3,275 msnm y 4,000 msnm.

Se encuentra comprendida entre las Coordenadas UTM:

9 204 000 N – 784 000 E y 9 224 000 N – 800 000 E.

Correspondiéndole para el centro del área, las coordenadas 9 222 000 N y 796 000 E.

El acceso desde Cajamarca es por una vía asfaltada de 27 Km hasta el distrito de La Encañada, continuando luego 8 km hacia Celendín donde se toma el desvío al Caserío de Michiquillay por una trocha hasta el lugar del proyecto (Ver plano: PL-U-01).



4.0.2.- Datos del proyecto

El volumen del decapado es de 7,401.31 m³, material que es eliminado hacia el botadero (Anexo datos Movimiento de tierras).

El volumen de material que se considera necesario excavar en la construcción de plataformas y accesos es de 68,873.75 m³.

El volumen de material de afirmado que se extrae de la cantera para la construcción de rellenos, piso de plataformas y la capa de rodadura de los accesos es de 3,669.00 m³.

La cantera de afirmado es explotada a cielo abierto y se desarrolla siguiendo un esquema de trabajo por bancos en la forma tradicional. Los bancos tienen una altura de 7 m. de altura y 10 m. de ancho.

Los materiales principales a mover son el desmonte producto del decapado superficial, el corte de la construcción de plataformas y el material de cantera utilizado en el afirmado de las vías y el piso de plataformas.

En la construcción de plataformas se emplea las excavadoras, tanto para el decapado del material orgánico como para el corte de la plataforma.

Para la explotación de la cantera se hace uso del tractor de orugas, con el apoyo del cargador frontal para el carguío de los volquetes.

4.0.3.- Presupuesto, Diagramas de Pareto y Circular

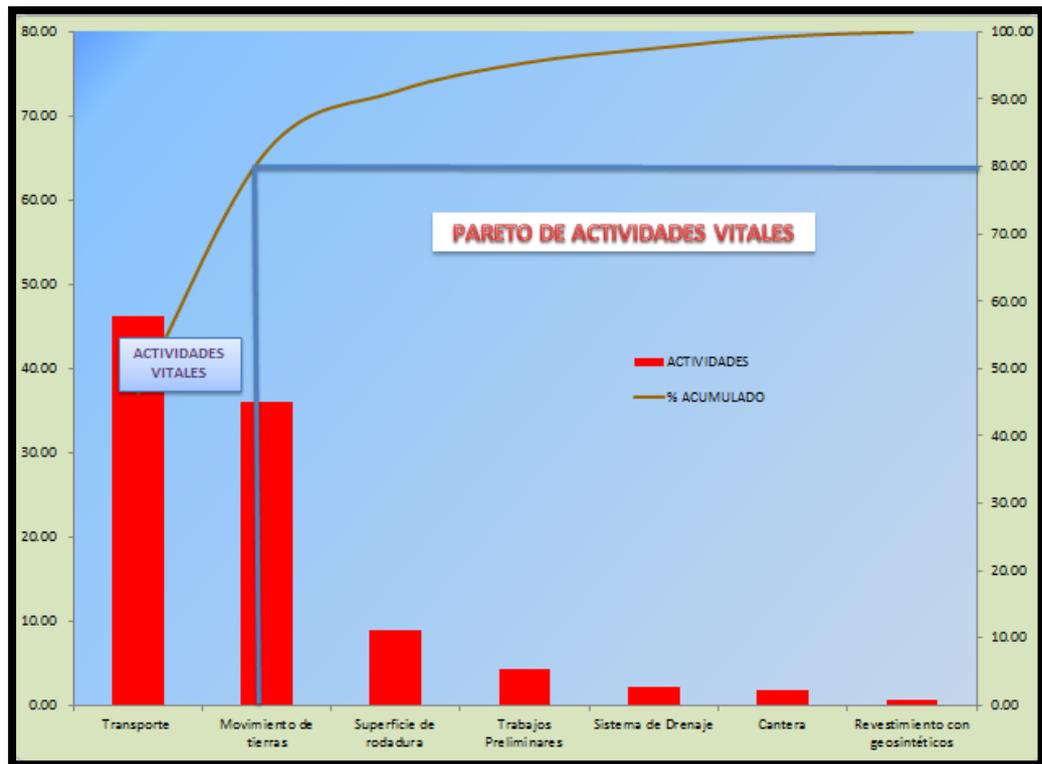
El presupuesto del proyecto y las partidas se presentan en la tabla 08.

Se elaboran 2 diagramas para observar cuales son las partidas de mayor incidencia, el diagrama 02 de Pareto y el diagrama 03 circular.

**TABLA 08: PRESUPUESTO ESTIMADO
CONSTRUCCION DE ACCESOS Y PLATAFORMAS PRE FACTIBILIDAD**

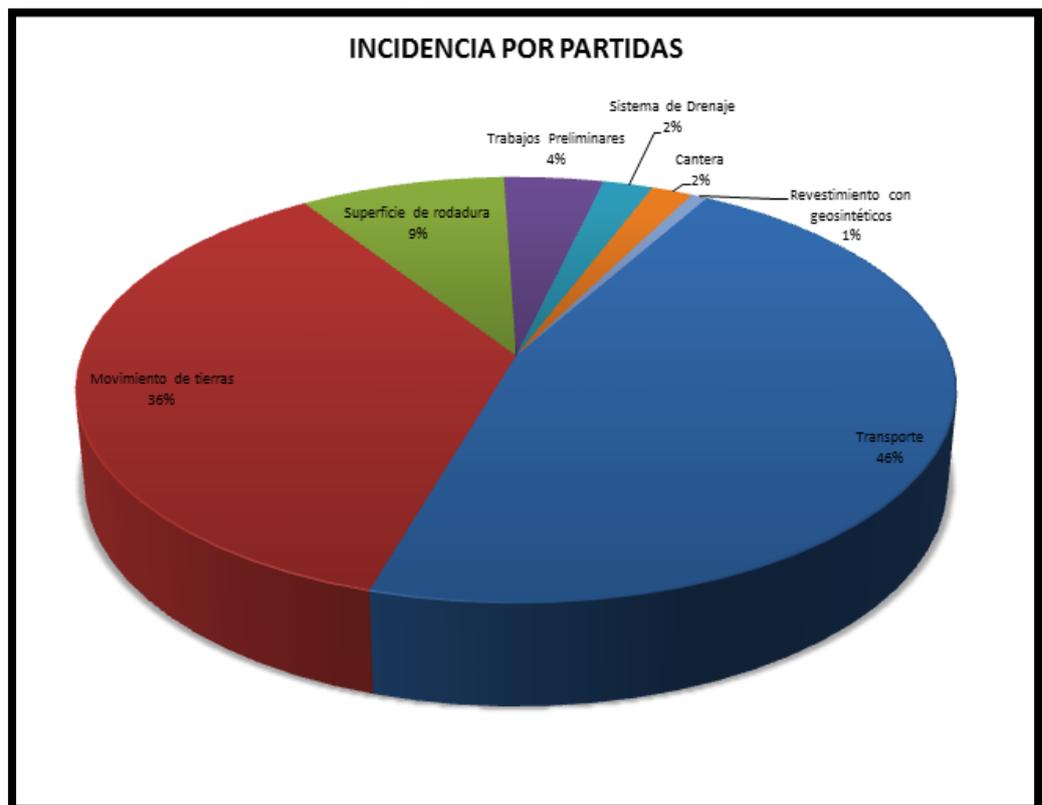
ITEM	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UND	METRADO	P.U.	P. PARCIAL
01.00.00	Trabajos Preliminares				\$ 26,294.87
01.00.01	Movilización y desmovilización	Glb	0.00	\$ -	\$ -
01.00.02	Trazo y replanteo	m2	24,671.00	\$ 0.41	\$ 10,115.11
01.00.03	Limpieza de terreno manual	m2	3,700.65	\$ 1.92	\$ 7,105.25
01.00.04	Mantenimiento de tránsito y seguridad vial	Glb	1.00	\$ 9,074.51	\$ 9,074.51
01.00.05	Rehabilitación de plataformas	mes	0.00	\$ -	\$ -
02.00.00	Movimiento de tierras				\$ 222,528.00
02.00.01	Excavación en material suelto	m3	55,595.56	\$ 2.76	\$ 153,443.75
02.00.02	Excavación de roca suelta	m3	0.00	\$ 4.43	\$ -
02.00.03	Conformación de botaderos	m3	55,389.58	\$ 0.83	\$ 45,973.35
02.00.04	Relleno, conformación y compactación de material suelto	m3	969.00	\$ 6.77	\$ 6,560.13
02.00.05	Conformación de bermas en la vía h=0.70m X a=1.00m	ml	588.50	\$ 4.16	\$ 2,448.16
02.00.06	Conformación de bermas en pozas de sedimentación h=0.30m X a=0.50m	ml	567.00	\$ 1.92	\$ 1,088.64
02.00.07	Stripping de top soil con excavadora	m3	6,167.76	\$ 2.11	\$ 13,013.97
03.00.00	Transporte				\$ 285,587.88
03.00.01	Carguio y transporte de material suelto hasta 1Km	m3-Km	69,252.07	\$ 2.04	\$ 141,274.22
03.00.02	Transporte de material suelto D>1Km	m3-Km	190,443.19	\$ 0.64	\$ 121,883.64
03.00.03	Carguio y transporte de roca suelta hasta 1Km	m3-Km	0.00	\$ 2.33	\$ -
03.00.04	Transporte de roca suelta D>1Km	m3-Km	0.00	\$ 0.71	\$ -
03.00.05	Carguio y transporte de material de préstamo hasta 1Km	m3-Km	6,119.39	\$ 2.04	\$ 12,483.56
03.00.06	Transporte de material de préstamo D>1Km	m3-Km	15,788.03	\$ 0.63	\$ 9,946.46
04.00.00	Superficie de rodadura				\$ 54,315.00
04.00.01	Lastrado e=0.20m de la vía	m3	3,669.00	\$ 9.00	\$ 33,021.00
04.00.02	Escarificado, perfilado y compactación de la vía e=0.15m	m3	3,150.00	\$ 6.76	\$ 21,294.00
05.00.00	Revestimiento con geosintéticos				\$ 4,207.15
05.00.01	Colocación de geotextil	m2	1,669.50	\$ 1.31	\$ 2,187.05
05.00.02	Colocación de geomembrana	m2	1,669.50	\$ 1.21	\$ 2,020.10
06.00.00	Sistema de Drenaje				\$ 13,246.02
06.01.00	Alcantarillas				\$ -
06.01.01	Colocación de alcantarillas HDPE d=60"	und	0.00	\$ 914.26	\$ -
06.01.02	Colocación de alcantarillas HDPE d=48"	und	0.00	\$ 466.06	\$ -
06.01.03	Colocación de alcantarillas HDPE d=36"	und	0.00	\$ 237.59	\$ -
06.01.04	Colocación de alcantarillas HDPE d=24"	und	0.00	\$ 178.19	\$ -
06.02.00	Cunetas				\$ 10,303.62
06.02.01	Cunetas longitudinales	ml	6,207.00	\$ 1.21	\$ 7,510.47
06.02.02	Limpieza de cunetas	ml	3,103.50	\$ 0.90	\$ 2,793.15
06.03.00	Zanjas de coronación				\$ 2,942.40
06.03.01	Zanjas de coronación	ml	1,226.00	\$ 2.40	\$ 2,942.40
07.00.00	Cantera				\$ 10,892.51
07.00.01	Desarrollo de cantera	m3	6,119.39	\$ 1.78	\$ 10,892.51
COSTO DIRECTO ESTIMADO US\$					\$ 617,071.43
GASTOS GENERALES (20%)					\$ 123,414.29
UTILIDAD (10%)					\$ 61,707.14
IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (18%)					\$ 144,394.71
MONTO TOTAL ESTIMADO INCL IGV					\$ 946,587.57

Diagrama 06 (Pareto de Actividades)



Fuente: Propia.

Diagrama 07 (Circular)



Fuente: Propia.

De los diagramas 06 y 07 se aprecia que las partidas de movimiento de tierras y transporte son las que ocasionan mayor costo alcanzando juntos un total de US \$ 508,115.88 (Dólares americanos) correspondiéndole un 82.34 % del total del presupuesto. Por lo que en la etapa de ejecución a cargo del área de operaciones se efectúa el seguimiento y control de los ciclos de trabajo del cargador frontal, camiones y la excavadora al ser estos equipos los que más influencia tienen en el costo del proyecto, a continuación presentamos una metodología para el control y seguimiento de la maquinaria que se utiliza en el proyecto de movimiento de tierras, con el fin de mejorar la productividad.

4.0.4.- Fases de la Obra

Para un mejor control, la excavación se divide en dos fases: carguío y transporte.

4.0.4.1.- Carguío

En el carguío se cuenta con los siguientes equipos:

Cargador Frontal Caterpillar 950H

Motor

Marca y modelo: Caterpillar C7

Numero de cilindros: 6

Potencia al volante HP (SAE): 197 HP

Clasificación de RPM del motor: 1800

Calibre: 110 mm

Carrera: 127 mm

Cilindrada: 7.2 L

Transmisión

Velocidades: 4 marchas de avance y 4 de retroceso

Neumáticos

23.5R25 VSW BS L2 radiales

Frenos de servicio

Funcionamiento: Sistema hidráulico

Tipo: Freno de disco con caliper

Capacidad de la cuchara

Capacidad colmada: 3.5 m³

Capacidad a ras: 3.1 m³

Ancho: 4.824 m

Carga límite de equilibrio estático: 10.915 t

Dimensiones Principales

Longitud total: 8.235 m

Altura hasta el tubo de escape: 3.278 m

Altura hasta el capo del motor: 2.448 m

Altura al pasador del cucharón en posición de acarreo: 4.182 m

Profundidad máxima de excavación: 89 mm

Altura total máxima: 4.490 m

Ancho del lampón: 2.994 m

Excavadora Caterpillar 325 D

Motor

Marca y modelo: Catt C7

Numero de cilindros: 6

Potencia al volante HP (SAE): 204 HP

Clasificación de RPM del motor: 1800

Cilindrada: 7.2 litros

Transmisión

Velocidades: 1 velocidad de avance y 1 de retroceso

Cadenas

Medida: 80cm

Frenos de servicio

Funcionamiento: Sistema hidráulico

Tipo: Solo freno de parqueo

Capacidad de la cuchara

Capacidad colmada: 1.21 m³

Capacidad a ras: 1.1 m³

Ancho: 0.914 m

Dimensiones Principales

Longitud total: 11.153 m

Altura hasta el techo de la cabina: 3.04 m

Altura hasta el capo del motor: 4.375 m

Profundidad máxima de excavación: 7.833 m

Ancho incluyendo cadenas: 3.390 m

Otros Datos

La excavadora tiene el siguiente equipamiento:

Sistema de refrigeración independiente

Sistema hidráulico de 3 circuitos

Sistema de mando de las bombas PMS

Board Control System (BCS)

Sistema de control de par en el circuito giratorio

Sistema central de lubricación automática

1. Definición del equipo y del frente a trabajar Para definir el frente desde el cual se va a cargar primero tenemos que diferenciar el tipo de material que se va a acarrear, si es el caso de transportar desmonte, éste se eliminará directamente en los botaderos sin mayor evaluación, pero si es el caso de transportar material de afirmado hacia los diferentes puntos de la carretera y plataformas esto se efectuará previa evaluación del material.

Los camiones marca Volvo FM 6x4 de 15 m³ de capacidad trabajan en el transporte de desmonte, material suelto producto del corte en la construcción de plataformas y en el traslado de material de afirmado desde la cantera hacia diferentes puntos de la carretera y plataformas, siendo cargados por la excavadora Caterpillar 325D y el cargador frontal Caterpillar 950H.

2. Colocación del cargador frontal en el sector de trabajo El cargador frontal se ubica en el sector de trabajo de la cantera y procede a limpiar el patio de carguío, en algunos casos se puede encontrar con rocas en la vía las cuales podrían obstruir el paso de los camiones, dañar los neumáticos de los mismos, o en el peor de los casos ocasionar algún accidente. Cabe resaltar que en algunos casos la zona de carga es estrecha y esto obliga a

que haya un mayor control de bermas de seguridad que delimitan hasta donde se puede acercar o por donde pueden circular las maquinas sin problema de desbarrancarse.

3. Desplazamientos del cargador frontal El cargador frontal realiza varios movimientos que conllevan a cargar el camión con diversos materiales, las principales acciones son las siguientes:

Carguío del lampón.- El cargador frontal empuja su lampón contra el material acumulado.

Luego Levanta su cuchara hasta llenarla por completo, en el caso de que esto no sucediera el cargador vuelve a arremeter contra el material apilado cuantas veces sea necesario.

Retroceso.- El cargador frontal retrocede en dos casos (en una operación normal), el primero es para tener una mejor visibilidad y cargar mejor su cuchara, o para levantar alguna roca luego soltarla desde lo alto provocando su quiebre en rocas de menor tamaño y al vaciar su cuchara dentro de la tolva del camión de acarreo.

Giro.- El giro es un movimiento ligado a la posición del camión, el cargador gira para colocarse de 45° a 90° ahora con respecto al camión y descargar todo el material que lleva en el cucharón.

En algunos casos el cargador gira para coger el material que se puede encontrar a los costados, esto generalmente cuando no llena la cuchara en el primer intento.

Descarga.- El cargador frontal descarga todo el material en la tolva del camión de acarreo, generalmente lo hace de manera mucho más rápida en las primeras descargas y conforme avanza el carguío disminuye la velocidad de descarga, ya que se tiene que acomodar el material dentro de la tolva de la mejor manera, también para evitar dejar alguna roca al filo de la tolva la cual pueda originar algún accidente y obstruya la vía.

4.0.4.2.- Transporte

El Transporte se realiza con camiones volquetes del tipo:

Camión Volquete rígido modelo FM 6x4 de 15 m³ de capacidad de acarreo, la descripción de cada equipo se detalla a continuación:

Camión Volquete Volvo FM 6x4

Motor

Modelo: D13A440

Numero de cilindros: 6

Potencia: 480 hp

Velocidad máxima: 75 Km/h

Transmisión

Velocidades: 12

Neumáticos

Medida: 12.00-R24

Frenos de servicio

Funcionamiento: Circuito doble de freno a aire, freno de estacionamiento por Resortes acumulados, freno a tambor.

Tipo: Freno de tambor Z-CAM

Eje delantero: 2235 cm²

1° Eje tracción: 2579 cm²

2° Eje tracción: 2579 cm²

Dirección

Modelo/Tipo: Hidráulica con relación progresiva

Capacidad de aceite: 4.5 lt.

Capacidad de la tolva de acarreo

Carga útil: 12 m³

Capacidad al ras: 15 m³

Distribución de las cargas (peso muerto +carga)

Eje delantero 21.5 %

Eje trasero 78.5 %

Dimensiones Principales

Altura hasta el borde del protector de rocas de la cabina: 2.863 m

Distancia entre ejes: 4.85 m

Longitud total: 6.955 m

Radio de giro: 7.95 m

Ancho de operación: 2.530 m

1. Llegada y ubicación en la zona de carguío.- El camión de acarreo se ubica en la zona donde va a ser cargado, procede a bordear al cargador frontal y luego en reversa se ubica paralela, diagonal o a 90° respecto al material apilado, muy cerca en donde ya está ubicado el cargador frontal, siempre se

estaciona el camión en reversa con la cabina del chofer mirando hacia la vía, listo para salir cargado.

2. El camión cargado.- Una vez que se llenó la tolva del camión éste se prepara para salir con destino a su punto de descarga, en este punto se verifica que no hayan rocas que puedan caer a la vía.

3. Movilización del camión.- el camión se desplaza con destino a su punto de descarga, cabe señalar que la velocidad máxima cargado es de 15 Km/h, en caso se cruce con camiones que vienen de regreso, uno de los dos tiene que bajar la velocidad hasta detenerse para que el otro pase, tiene prioridad el camión que viene cargado más aún si la vía tiene una pendiente negativa promedio de 8%.

4. Ubicación en la zona de descarga.- el camión ingresa a la zona de descarga y se ubica marcha atrás guiado por un puntero (persona que se encuentra parada en la zona de descarga la cual verifica que ésta se encuentre en buenas condiciones para vaciar el material).

Para descargar el material, deben hacerlo cuando el puntero indique después que los otros camiones hayan descargado y salido, en algunos casos tiene que ser por partes. Seguidamente el camión baja la tolva e inicia su camino de regreso a la zona de carguío.

4.1.- ANÁLISIS DE LAS OPERACIONES DE CARGUÍO Y TRANSPORTE

Siempre existen variaciones entre lo que se planifica y lo que sucede en realidad. Por ejemplo, consideremos un camión que es cargado por una excavadora, el ciclo del camión incluye las siguientes fases:

1. Carguío
2. Acarreo
3. Descarga
4. Retorno
5. Espera para carguío de la excavadora

Existen rangos de tiempo para cada una de estas fases, pero seguramente se necesita mejorar, y dependen de factores como la eficiencia del operador, clima, condiciones del equipo, y otros. El método que se utiliza para analizar los tiempos, es el de *tiempos promedios*, por el cual se obtienen ratios de producción por encima y por debajo del promedio.

Se debe determinar cuidadosamente los rangos de tiempo que se requerirán para mejorar cada elemento de la operación y perfeccionar el ciclo entero. A partir de este punto, la administración de la obra se esfuerza en disminuir el tiempo del ciclo con la eliminación o reducción máxima de las demoras.

4.2.- ESTUDIO DEL TRABAJO

Para poder mejorar la productividad de los equipos es necesaria la aplicación de técnicas, una de ellas es el estudio del trabajo, el cual es una herramienta para el logro de los siguientes objetivos:

- Aumento de la eficiencia de los métodos de trabajo y así aumentar la productividad.
- Obtener la máxima utilización de los equipos, el que ha requerido altas inversiones de capital.
- Mejorar la utilización de los materiales, reduciendo las pérdidas en obra y mejorando los métodos de despacho y manipulación de los mismos.

La realización de un estudio del trabajo incluye las siguientes etapas generales:

- ✓ Observación e identificación de los problemas.
- ✓ Registro del método y los antecedentes actuales.
- ✓ Análisis de los antecedentes actuales.
- ✓ Generación de alternativas de mejoramiento.
- ✓ Selección de la mejor alternativa.
- ✓ Desarrollo de un plan de acción e implementación del nuevo método
Seguimiento y control de lo planificado.

La técnica que se acomoda al análisis de la operación de equipos es la técnica de Medición del Trabajo, específicamente la herramienta de Estudio de Tiempo – Movimiento.

4.2.1.- Medición del Trabajo: Estudios de Tiempo - Movimiento

La medición del trabajo se define como la aplicación de técnicas que permiten establecer el tiempo necesario para ejecutar una operación. Los materiales básicos necesarios son un cronómetro y un elemento de registro. Estos estudios son realizados por un observador que utiliza un reloj o cronómetro y una libreta con formatos, en los cuales apunta elementos de tiempo apropiados que observa y considera importantes, estos formatos de campo suelen ser diferentes a los formatos de gabinete donde se procesa la información para llegar a conclusiones reales y poder así mejorar los tiempos de los ciclos.

El proceso de medición del trabajo con esta técnica contempla los siguientes pasos:

- 1. Descomposición de la operación a medir, en elementos:** Un elemento es una parte delimitada de la operación, que se selecciona para facilitar la observación, la medición y el análisis de la misma. Es muy importante que los elementos sean de fácil identificación, y de comienzo a fin claramente definidos, de modo que el observador pueda identificarlos sin problemas una y otra vez.
- 2. Toma de los tiempos:** Una vez delimitados y descritos los elementos, se puede empezar a cronometrar. El modo más recomendable de hacerlo es usando el procedimiento del cronometraje acumulativo, donde sólo se registra el momento en que termina cada elemento, y posteriormente se obtiene el tiempo de cada elemento por la diferencia entre los dos instantes de término de los dos elementos sucesivos.

Es decir:

$$D_i = IT_i + IT_{i-1} \quad (\text{Fórmula 06})$$

Dónde:

D_i = Duración de la fase i

IT_i = Instante de término de la fase i

IT_{i-1} = Instante de término de la fase $i-1$

Consideremos el ciclo de un camión; el camión es cargado, luego éste transporta el material hacia el lugar de descarga, se coloca en posición, descarga el material, y retorna a la zona de carguío por otra carga de material, en este lugar puede ocurrir que el camión tenga que esperar a ser servido por el cargador o la excavadora, si esto ocurre existe un tiempo de espera. Este ciclo comprende las etapas más importantes del ciclo de un camión, con lo cual dejamos en claro que el ciclo normal de un camión puede prescindir de una de estas fases, o en caso contrario se requeriría aumentar más de una de estas.

4.3.- DESCRIPCIÓN DE LAS FASES DE CADA EQUIPO EN ESTUDIO (Excavadora, Cargador Frontal y Camiones)

En esta parte se procederá a explicar y describir de manera detallada cada una de las fases o etapas del ciclo de cada uno de los equipos que serán estudiados, de manera que se tenga claro los tiempos fijos y los tiempos variables de cada uno de ellos.

Debemos tener en cuenta que el ciclo correspondiente a los camiones, es el ciclo completo de toda la operación, en general del movimiento de tierras, ya que incluye la operación de carguío que es realizada tanto por la excavadora como por el cargador frontal. Es necesario conocer el tiempo promedio del ciclo tanto de la excavadora como del cargador frontal, para poder así determinar en función de ciertas variables el número de camiones que se necesitan para mover cierta cantidad de material.

Para un mejor análisis se ha estudiado el ciclo de la excavadora y del cargador frontal, con el objetivo de obtener un resultado estadísticamente correcto y real.

4.3.1.- Excavadora

La excavadora que se utiliza es la Caterpillar 325D y tiene un cucharón con una capacidad de 1.35 m³. La excavadora es un equipo que permite que la operación del carguío de camiones se realice con mucha rapidez y eficiencia. La movilidad de la máquina, expresada principalmente por la capacidad de giro sobre su eje en la operación de excavación y carguío de camiones, permite que la pala necesite de un tiempo muy corto para poder llenar por completo la tolva de un camión.

El ciclo de la excavadora hidráulica ha sido dividido en:

1. Descarga
2. Maniobra de carguío
3. Carguío del cucharón

4. Maniobra de descarga

5. Espera por camión

La etapa de descarga comprende desde que la pala suelta el material en la tolva del camión hasta que el cucharón empiece a girar hacia la zona donde está cargando el material.

La maniobra de carguío es el giro que realiza la excavadora desde la tolva del camión hacia la zona donde está cargando el material. Este giro se inicia cuando el brazo de la excavadora comienza a girar hasta que el cucharón se coloca en posición de carguío y la excavadora se dispone a llenar su cucharón.

El carguío del cucharón es la fase que comprende el llenado del cucharón hasta el tope, para luego echar el material en la tolva. Esta etapa se inicia cuando el cucharón termina de girar y se coloca en posición para comenzar a cargar, y termina cuando el cucharón está lleno y el brazo de la pala comienza a girar con destino a la tolva.

La maniobra de descarga es el giro que realiza el brazo de la excavadora con el cucharón lleno de material para colocarse en la posición de descarga. Esta fase del ciclo se inicia cuando el cucharón ya está lleno y comienza a girar hasta que se coloca en la posición de descarga y se prepara a descargar.

La espera por camión es una fase del ciclo que consiste en la espera de la excavadora por la llegada de un volquete. Mientras realiza estas operaciones, la excavadora puede aprovechar en limpiar su zona de carguío de posibles

piedras grandes que dañen la maquinaria que ahí trabaja, o procede a acomodar el material que va a cargar.

Para poder ver mejor las fases del ciclo de la excavadora se muestran las siguientes fotos que describen el movimiento del equipo.

DESCARGA

Foto 01 (Descarga excavadora)



MANIOBRA DE CARGUIO

Foto 02 (Fase maniobra de carguío excavadora)



CARGUIO CUCHARON

Foto 03 (Fase maniobra de carguío del cucharón excavadora)



MANIOBRA DE DESCARGA

Foto 04 (Fase maniobra de descarga excavadora)



ESPERA POR CAMION

Foto 05 (Fase espera por camión excavadora)



4.3.2.- Cargador frontal

Los cargadores frontales utilizados en la obra son articulados, estos en comparación con los cargadores de una sola armazón muestran ventajas en la movilidad de sus operaciones. El modelo de cargador que se utiliza en obra es CATERPILLAR 950H y tiene un cucharón con una capacidad de 2.45 m³.

En este caso los cargadores frontales frecuentemente trabajan con el material acumulado en cantera. La operación de este cargador se diferencia de la excavadora debido a que el primero necesita retroceder y adelantar para poder realizar maniobras de giro y esto lo hace más lento en la realización de su trabajo.

El ciclo de los cargadores frontales ha sido dividido en:

1. Descarga
2. Maniobra de carguío
3. Carguío del cucharón
4. Maniobra de descarga
5. Espera por camión

Las fases del ciclo del cargador frontal son iguales a las del ciclo de la excavadora.

La fase de descarga es el vaciado completo del cucharón del cargador en la tolva del camión. Esta fase se inicia cuando el cucharón comienza a soltar el material y termina cuando el cargador se dispone a comenzar a retroceder para colocarse en posición de carguío.

La fase de maniobra de carguío es el retroceso del camión con el cucharón totalmente vacío y luego el adelanto hacia la zona donde está el material a cargar. Esta etapa se inicia cuando el cargador frontal comienza a retroceder y termina cuando el cargador se dispone a cargar su cucharón.

La fase de carguío del cucharón comprende el llenado del cucharón a su máxima capacidad. Esta fase se inicia cuando el cargador se dispone a comenzar el llenado de su cucharón y termina cuando va a iniciar el retroceso con el cucharón lleno para colocarse en posición de descarga.

La fase de maniobra de descarga implica el retroceso del cargador con el cucharón lleno y el adelanto hacia la tolva del camión. Esta fase se inicia cuando comienza el retroceso del cargador y termina cuando se coloca en posición de descarga.

Existe una fase de espera por otro camión, en este caso el cargador frontal espera con el cucharón lleno, o el cargador en esta fase aprovecha para limpiar su área y acomodar el material para cargar. Para poder ver mejor estas etapas del ciclo del cargador se muestran las siguientes fotos.

DESCARGA

Foto 06 (Fase descarga cargador frontal)



MANIOBRA DE CARGUIO

Foto 07 (Fase de maniobra de carguío cargador frontal)



CARGUIO

Foto 08 (Fase carguio cargador frontal)



MANIOBRA DE DESCARGA

Foto 09 (Fase maniobra de descarga cargador frontal)



ESPERA POR CAMION

Foto 10 (Fase espera por camión cargador frontal)



4.3.3.- Camiones

El ciclo de los camiones representa el ciclo completo de estudio por lo que es el más importante, en este ciclo se puede apreciar todas las fases de la operación de carguío y transporte. Existe 01 tipo de camiones que se utiliza en la cantera y en la construcción de plataformas Camión Volquete VOLVO FM 6x4, que son camiones que pueden llevar una carga efectiva de 12 m³.

Debido a diversos factores como mantenimiento, desperfectos imprevistos y otros; en muchos casos se tienen que alternar y se pueden combinar las flotas, esto se podrá observar en las mediciones tanto de la excavadora como del cargador.

El ciclo de acarreo del camión consiste en las siguientes fases:

1. Carguío
2. Acarreo
3. Espera para descargar
4. Descarga
5. Retorno
6. Espera para carguío

La fase de carguío consiste en el llenado completo de la tolva de los camiones. Esta fase se inicia cuando el camión realiza las maniobras para detenerse en la zona de carguío y termina cuando comienza a moverse para llevar el material a la zona de descarga, ya sea para esperar su turno de descarga o para la descarga en sí.

La fase de acarreo comienza una vez que el volquete ha sido llenado trasladándose hacia el punto de descarga.

La fase de espera para descargar consiste en la demora del camión mientras espera que otro realice la descarga. Esta fase se puede presentar o no, todo depende de cómo este distribuida la flota y si van a existir “cuellos de botella” en la zona de descarga.

La fase de descarga es el vaciado a la tolva del camión. Esta fase se inicia cuando el camión realiza los movimientos para colocarse en posición de descarga, y termina cuando el camión comienza a moverse con destino a la zona de carguío.

La fase de retorno es el recorrido del camión vacío desde la zona de descarga hasta la zona de carguío.

La fase de espera para carguío consiste en la demora del camión hasta que tanto el cargador o la excavadora llenen la tolva del otro camión.

CARGUIO

Foto 11 (Fase Carguío camión)



ACARREO

Foto 12 (Fase acarreo camión)



ESPERA PARA DESCARGAR

Foto 13 (Fase espera para descargar camión)



DESCARGA

Foto 14 Fase descarga camión



RETORNO

Foto 15 (Fase retorno camión)



ESPERA PARA CARGUIO

Foto 16 (Fase espera para carguío camión)



4.4.- ELABORACIÓN DE FORMATOS DE MEDICIÓN EN CAMPO Y GABINETE (Excavadora, Cargador Frontal y Camiones)

Para una mayor facilidad de toma de datos y análisis de los mismos, se ha elaborado dos tipos de formatos los cuales denominamos:

- Formatos de Campo
- Formatos de Gabinete

Formatos de campo Son los utilizados in situ y sirven para tomar los datos del estudio de tiempos de los equipos en observación.

Estos formatos han sido elaborados de tal manera que nos den la facilidad de emplearlos en cualquier lugar de trabajo, y que sean entendibles por cualquier persona que tenga conocimiento mínimo del tema.

Formatos de gabinete Son los formatos que se utilizan para procesar la información tomada en campo.

Estos formatos están diseñados en hojas de cálculo (Excel), de tal forma que nos permita vaciar la información de los formatos de campo y nos muestren resultados concretos de lo sucedido en campo.

A continuación se muestran los formatos tanto de campo como de gabinete de los equipos en estudio.

4.4.1.- formatos de campo

Tabla 09 (Formato de campo excavadora)

EXCAVADORA CATT 325D				
Fecha				
Fase				
Equipo				
Lugar de área de carguío				
Flota de camiones				
Hora de inicio de medición				
Hora de termino de medición				
Descarga	Maniobra de Carguío	Carguío de cucharon	Maniobra de descarga	Observ.

Fuente: Propia.

Ejemplo de llenado de datos.

Tabla 10 (Formato llenado de datos excavadora)

EXCAVADORA CATT 325D				
Fecha				
Fase				
Equipo				
Lugar de área de carguío				
Flota de camiones				
Hora de inicio de medición				
Hora de termino de medición				
Descarga	Maniobra de Carguío	Carguío de cucharon	Maniobra de descarga	Observ.
1' 22"	1' 26"	1' 31"	1' 46"	
1' 52"				
2' 45"	2' 52"	2' 58"	3' 11"	

CARGADORES

Tabla 11 (Formato de campo cargador frontal)

CARGADOR CATT 950H				
Fecha				
Fase				
Equipo				
Lugar de área de carguío				
Flota de camiones				
Hora de inicio de medición				
Hora de termino de medición				
Descarga	Maniobra de Carguío	Carguío de cucharon	Maniobra de descarga	Observ.

Fuente: Propia.

Ejemplo de llenado de datos.

Tabla 12 (Formato llenado datos cargador frontal)

CARGADOR CATT 950H				
Fecha				
Fase				
Equipo				
Lugar de área de carguío				
Flota de camiones				
Hora de inicio de medición				
Hora de termino de medición				
Descarga	Maniobra de Carguío	Carguío de cucharon	Maniobra de descarga	Observ.
31' 05"	31' 15"	31' 26"	31' 34"	
31' 46"				
33' 07"	34' 12"	34' 21"	34' 37"	

La diferencia de tiempo entre el inicio de la descarga del último cucharón del primer camión y el comienzo de la descarga del primer cucharón del segundo camión es el tiempo que corresponde a la fase Espera por Camión.

CAMIONES

Tabla 13 (Formato de campo camión)

CAMION VOLVO FM 6x4							
Fecha							
Fase							
Equipo							
Lugar de área de carguío							
Lugar de área de descarga							
Material							
Cargador							
Longitud aproximada							
Hora de inicio de medición							
Hora de termino de medición							
Comienzo	Carguío	Acarreo	Espera para descargar	Descarga	Retorno	Espera para Carguío	Observ.

Fuente: Propia.

El procedimiento para llenar este formato es el siguiente:

- En la columna “Comienzo” se colocan los minutos y segundos en los cuales se inicia la fase de Carguío, esta columna sólo se llena una vez al comienzo de la medición.
- Luego en la columna de “Carguío” se colocan los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Carguío o comienza la fase de Acarreo.
- Luego en la columna de “Acarreo” se colocan los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Acarreo o comienza cualquiera de las dos fases siguientes: Espera para Descargar o Descarga.
- En el caso exista algún tipo de espera, en la columna de “Espera para Descargar” se colocarán los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Espera para Descargar o cuando empieza la fase de Descarga.
- En el caso que no exista ningún tipo de espera, en la columna de “Descarga” se colocarán los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Descarga o comienza la fase de Retorno.
- Luego en la columna de “Retorno” se colocan los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Retorno o comienza cualquiera de las dos fases siguientes: Espera para Carguío o Carguío.
- En el caso exista algún tipo de espera, en la columna de “Espera para Carguío” se colocarán los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Espera para Carguío o cuando empieza la fase de Carguío.
- En el caso que no exista ningún tipo de espera, en la columna de “Carguío” se colocarán los minutos y segundos en los cuales termina la fase de Carguío o comienza la fase de Acarreo, y así sucesivamente se va llenando la tabla.

Ejemplo de llenado de datos.

Tabla 14 (Formato llenado de datos camión)

CAMION VOLVO FM 6x4							
Fecha							
Fase							
Equipo							
Lugar de área de carguío							
Lugar de área de descarga							
Material							
Cargador							
Longitud aproximada							
Hora de inicio de medición							
Hora de termino de medición							
Comienzo	Carguío	Acarreo	Espera para descargar	Descarga	Retorno	Espera para Carguío	Observ.
57'12"	1' 06"	5' 24"	5' 49"	7' 39"	9' 45"	-	
	11' 29"	14' 54"	5' 13"	16' 29"	18' 42"	-	

4.4.2.- Formatos de gabinete

Este tipo de formatos nos permiten obtener la duración de cada una de las fases del ciclo medido para cada uno de los equipos en estudio. Los valores de tiempo se ingresan en minutos (máximo de 2 decimales), en los espacios correspondientes extraídos mediante fórmulas, los valores a obtener son: el tiempo promedio de cada fase, el tiempo de cada fase mayor y menor, el tiempo total de cada ciclo, el tiempo promedio del ciclo, y el tiempo del ciclo mayor y menor que serán utilizados para probar estadísticamente los datos tomados en campo.

Para los tres tipos de equipos en estudio, solo será necesario convertir los datos de campo que están en minutos y segundos a minutos con un máximo de dos decimales.

4.5.- DURACIÓN DEL ESTUDIO DE TIEMPO - MOVIMIENTO

Una observación nos puede dar un valor, pero es improbable que nos proporcione una estimación real del tiempo promedio de la operación medida a lo largo de todo el proyecto, debido a esto, es necesaria la toma de datos a diversas horas del día, ya que pueden presentarse variaciones en los tiempos.

4.6.- MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE OBSERVACIONES

La estadística requiere de la aplicación de la teoría de la probabilidad para analizar los datos que se obtienen de las muestras. Existen dos tipos de dispersión de datos, sistemático y al azar. La estadística es utilizada solamente en el análisis de los datos al azar.

Utilizando la Estadística se determina el número de observaciones que se requieren para obtener resultados que tengan una cierta precisión. Asumiendo una distribución normal, uno puede seguir este procedimiento.

Especificar el intervalo de tolerancia I , que es un intervalo de tiempo, que está conformado de acuerdo a la precisión que se desee.

Especificar el coeficiente de confianza C , el cual indica la probabilidad de los resultados, de acuerdo con la precisión deseada.

Observación de M ciclos de la operación a ser estudiada.

Calculo de la desviación estándar simple s :

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2 / M}{M-1}} \quad (\text{Formula 07, Murray R. Spiegel.}$$

1995. pag. 93)

Asumiendo que se desea obtener el tiempo del ciclo promedio con un 90% de probabilidad en un determinado intervalo de tolerancia I Se procede a calcular el intervalo de confianza I_M dentro de una cantidad M de observaciones simples, utilizando la ecuación:

$$I_M = 2t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) \quad (\text{Formula 08, Murray R. Spiegel.}$$

1995. pag. 253)

Donde $t_{0.90}$ es el valor obtenido de la distribución t de Student, que se muestra en la siguiente tabla que está diseñada para un $C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad.

Tabla t de Student ($C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad)

Tabla 15 (Tabla T Student)

M	T	M	T
5	2.13	18	1.75
6	2.02	19	1.74
7	1.94	20	1.73
8	1.90	21	1.73
9	1.86	22	1.72
10	1.83	23	1.72
11	1.81	24	1.71
12	1.80	25	1.71
13	1.78	26	1.71
14	1.77	27	1.71
15	1.76	28	1.70
16	1.76	29	1.70
17	1.75	30	1.70
		Más de 30	1.65

Fuente: Murray R. Spiegel, Estadística. pag. 537

A continuación se presentan un conjunto de tablas elaboradas en gabinete producto de los datos obtenidos en campo desde el 01 de octubre del 2012 al 31 de enero del 2013 (Anexo datos de campo), los cuales se muestran en las diferentes tablas para el respectivo tratamiento estadístico.

Los siguientes datos fueron obtenidos de la excavadora el día 04 de octubre, contenidos en la tabla 16 A (Anexo datos de campo):

Tabla 16 (Datos de gabinete excavadora)

Observación	Carguío (min)	Giro (min)	Descarga (min)	Retorno (min)	Ciclo (min)
1	0.12	0.09	0.07	0.08	0.36
2	0.08	0.11	0.06	0.08	0.33
3	0.13	0.08	0.08	0.07	0.36
4	0.11	0.10	0.08	0.07	0.36
5	0.10	0.08	0.06	0.09	0.33
6	0.14	0.08	0.07	0.10	0.39
7	0.11	0.13	0.07	0.09	0.40
8	0.13	0.07	0.06	0.13	0.39
9	0.12	0.09	0.07	0.08	0.36
10	0.14	0.09	0.08	0.11	0.42
TOTAL	1.18	0.92	0.70	0.90	3.70
PROMEDIO	0.12	0.09	0.07	0.09	0.37

Fuente: propia

Por lo tanto, si consideramos estas 10 observaciones, es decir, $M = 10$, entonces $t_{0.90} = 1.83$ (tabla 15). Sustituyendo estos valores en la fórmula 08 tenemos:

$$I_M = 2 \times 1.83 \left(\frac{S}{\sqrt{10}} \right) = 1.16 S$$

Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente.

En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones.

De acuerdo a esto el número total de observaciones es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} \quad (\text{Formula 09, despejando N de la fórmula 08})$$

Si utilizamos el valor de $t = 1.83$ (Tabla 15) tenemos:

$$N = \frac{4 (1.83)^2 S^2}{I^2} = \frac{13.14 S^2}{I^2}$$

Luego mediante la utilización de las fórmulas anteriores y los datos del ejemplo tenemos que las 10 observaciones ya están hechas, y se considera que el tiempo promedio del ciclo de la excavadora con una probabilidad del 90% tiene una variación de ± 0.02 minutos respecto al valor real. Para esta condición el intervalo I será de $2 \times 0.02 = 0.04$ minutos.

Luego calculamos la desviación estándar, entonces:

$$\Sigma T^2 = T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_{10}^2$$

$$\Sigma T^2 = 0.36^2 + 0.33^2 + \dots + 0.42^2$$

$$\Sigma T^2 = 1.3768$$

$$\Sigma T = 0.36 + 0.33 + \dots + 0.42 = 3.70$$

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma T^2 - (\Sigma T)^2/M}{M-1}} \quad (\text{Formula 07})$$

$$S = \sqrt{\frac{1.3768 - (3.70)^2/10}{10-1}} = 0.029$$

Entonces: $I_M = 1.16 \text{ s} = 1.16 \times 0.029 = 0.034$

Como el valor de I_M es menor al permisible $I = 0.040$, entonces no se requieren más observaciones que las ya realizadas. Este método en muchos casos requiere bastante tiempo, por lo que se aplica un método alternativo basado en la aplicación de la siguiente ecuación:

$$S = \frac{R}{d} \quad (\text{Formula 10, Castillo, Osvaldo. 2009. pag. 71})$$

Donde, “R” es la diferencia entre el valor máximo y mínimo del tiempo del ciclo, y “d” es el factor de conversión que depende de M y se obtiene de la tabla 17. Esta ecuación se puede introducir en la fórmula 09 del número de observaciones y resulta:

$$N = \frac{4 t^2 R^2}{I^2 d^2}$$

Entonces si utilizamos esta fórmula tenemos:

$$R = 0.42 - 0.33 = 0.09$$

$$N = \frac{(4 \times 1.83^2 \times 0.09^2)}{0.04^2 \times 3.078^2}$$

$$N = 7.16 \text{ ó } 8$$

El valor de “d” correspondiente al valor de $M = 10$ se encuentra en la tabla mencionada anteriormente y que se muestra a continuación:

Tabla: Valores de “d” para diferentes valores de M.

Tabla 17 (Factor de conversión d)

M	D	M	D
5	2.326	18	3.640
6	2.534	19	3.689
7	2.704	20	3.735
8	2.847	21	3.778
9	2.970	22	3.818
10	3.078	23	3.856
11	3.173	24	3.891
12	3.258	25	3.925
13	3.336	26	3.956
14	3.407	27	3.985
15	3.472	28	4.012
16	3.532	29	4.038
17	3.588	30	4.053

Tabla ISO 8258(Castillo, Osvaldo. 2009. pag. 72)

4.6.1.- Determinación del Número de Observaciones para los Equipos

(Excavadora, Cargador Frontal, Camión)

En este punto se analizará cuántas observaciones se necesitan y cuál es el valor máximo de R (diferencia entre el tiempo T del ciclo mayor y el tiempo de ciclo menor), utilizando el método alterno.

Los siguientes datos fueron tomados de la excavadora el día 11 de octubre, contenidos en la tabla 18 A (Anexo datos de campo).

EXCAVADORA CATT 325D

Tabla 18 (Datos excavadora para el número de observaciones)

Toma	Fecha	Material	Tiempo promedio				Tiempo del ciclo (min)
			Descarga (min)	Maniobra de carguío (min)	Carguío cucharon (min)	Maniobra de descarga (min)	
1	11 -10	Decapado	0.06	0.10	0.14	0.06	0.36
2	11 -10	Decapado	0.06	0.05	0.19	0.08	0.38
3	11 -10	Decapado	0.04	0.03	0.24	0.05	0.36
4	11 -10	Decapado	0.07	0.05	0.16	0.09	0.37
5	11 -10	Decapado	0.07	0.06	0.15	0.08	0.36
6	11 -10	Decapado	0.06	0.06	0.17	0.07	0.36
7	11 -10	Decapado	0.08	0.07	0.17	0.07	0.39
8	11 -10	Decapado	0.05	0.06	0.21	0.06	0.38
9	11 -10	Decapado	0.07	0.05	0.18	0.08	0.38
10	11 -10	Decapado	0.07	0.06	0.21	0.07	0.41
11	11 -10	Decapado	0.06	0.07	0.14	0.07	0.34
12	11 -10	Decapado	0.07	0.08	0.17	0.08	0.40
13	11 -10	Decapado	0.09	0.06	0.14	0.09	0.38
14	11 -10	Decapado	0.08	0.08	0.12	0.09	0.37
15	11 -10	Decapado	0.08	0.05	0.18	0.08	0.39
16	11 -10	Decapado	0.09	0.07	0.12	0.08	0.36
17	11 -10	Decapado	0.09	0.08	0.14	0.08	0.39
18	11 -10	Decapado	0.09	0.06	0.14	0.08	0.37
19	11 -10	Decapado	0.09	0.04	0.19	0.08	0.40
20	11 -10	Decapado	0.08	0.07	0.17	0.09	0.41
21	11 -10	Decapado	0.07	0.06	0.22	0.07	0.42
22	11 -10	Decapado	0.08	0.04	0.21	0.06	0.39
23	11 -10	Decapado	0.06	0.04	0.22	0.07	0.39
Tiempo promedio			0.07	0.06	0.17	0.08	0.38
Tiempo máximo			0.09	0.10	0.24	0.09	0.42
Tiempo mínimo			0.04	0.03	0.12	0.05	0.34

Fuente: Propia

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Especificación del intervalo de tolerancia I, en este caso $I = 0.04$ minutos.

- b. Especificación del coeficiente de confianza C, el cual indica la probabilidad de los resultados de acuerdo a la precisión deseada; en este caso $C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad.
- c. Se especifica que la observación será de M ciclos de operación. En este caso, este valor será fijado como $M = 23$ ciclos.
- d. Utilizando la tabla t de Student se halla el valor correspondiente de t para $M = 23$. En este caso $t = 1.72$.
- e. Luego como se va a emplear el método alterno, es necesario conocer el valor de “d”, que de acuerdo con la tabla 17 para un número de 23 observaciones, el “d” correspondiente es de 3.856.
- f. Luego se fijan valores de R con el fin de encontrar la diferencia máxima entre el tiempo menor y el tiempo mayor de las observaciones, que permita que el número de observaciones sea el propuesto, es decir, $M = 10$

En este caso:

$R = 0.08$ minutos

Utilizando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{4 t^2 R^2}{I^2 d^2}$$

Luego se calcula N (número de ciclos de la observación), introduciendo los siguientes valores:

$$t = 1.72$$

$$R = 0.08 \text{ minuto}$$

$$I = 0.04 \text{ minutos}$$

$$d = 3.856$$

Luego: $N = 3.18$ redondeado $N = 4$, con lo cual se demuestra que para un R máximo de 0.08 minutos es necesario solamente tener 4 ciclos en la observación para que la observación sea estadísticamente correcta.

Los siguientes datos fueron tomados del cargador frontal el día 24 de octubre, contenidos en la tabla 19 A (Anexo datos de campo).

CARGADOR FRONTAL

Tabla 19 (Datos cargador frontal para el número de observaciones)

Toma	Fecha	Material	Tiempo promedio				Tiempo del ciclo (min)
			Descarga (min)	Maniobra de carguío (min)	Carguío cucharón (min)	Maniobra de descarga (min)	
1	24 -10	Afirmado	0.07	0.16	0.23	0.24	0.70
2	24 -10	Afirmado	0.11	0.13	0.21	0.24	0.69
3	24 -10	Afirmado	0.07	0.14	0.24	0.21	0.66
4	24 -10	Afirmado	0.11	0.14	0.25	0.19	0.69
5	24 -10	Afirmado	0.09	0.13	0.22	0.24	0.68
6	24 -10	Afirmado	0.09	0.13	0.24	0.22	0.68
7	24 -10	Afirmado	0.10	0.15	0.24	0.19	0.68
8	24 -10	Afirmado	0.10	0.14	0.27	0.20	0.71
9	24 -10	Afirmado	0.11	0.14	0.24	0.19	0.68
10	24 -10	Afirmado	0.11	0.14	0.27	0.18	0.70
11	24 -10	Afirmado	0.09	0.15	0.24	0.20	0.68
12	24 -10	Afirmado	0.09	0.17	0.22	0.21	0.69
13	24 -10	Afirmado	0.08	0.12	0.28	0.19	0.67
14	24 -10	Afirmado	0.09	0.16	0.20	0.22	0.67
15	24 -10	Afirmado	0.10	0.17	0.22	0.21	0.70
16	24 -10	Afirmado	0.08	0.20	0.21	0.19	0.68
17	24 -10	Afirmado	0.10	0.17	0.21	0.22	0.70
18	24 -10	Afirmado	0.10	0.16	0.21	0.23	0.70
19	24 -10	Afirmado	0.11	0.22	0.14	0.22	0.69
20	24 -10	Afirmado	0.09	0.21	0.16	0.24	0.70
21	24 -10	Afirmado	0.08	0.17	0.23	0.19	0.67
Tiempo promedio			0.09	0.16	0.23	0.21	0.69
Tiempo máximo			0.11	0.22	0.28	0.24	0.71
Tiempo mínimo			0.07	0.12	0.14	0.18	0.66

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Especificación del intervalo de tolerancia I, en este caso $I = 0.04$ minutos.
- b. Especificación del coeficiente de confianza C, Para esto se utilizará la tabla t de Student para $C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad.
- c. Se especifica que la observación será de M ciclos de operación. En este caso este valor será fijado como $M = 21$ ciclos.
- d. Utilizando la tabla t de Student se halla el valor correspondiente de t para $M = 21$. En este caso es $t = 1.73$.
- e. Luego como se va a emplear el método alterno, es necesario conocer el valor de “d”, el cual es de 3.778.
- f. Luego se fijan valores de R con el fin de encontrar la diferencia máxima entre el tiempo menor y el tiempo mayor de las observaciones, que permita que el número de observaciones sea el propuesto, es decir, $M = 21$. En este caso:
 $R = 0.05$ minutos
- g. Utilizando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{4 t^2 R^2}{I^2 d^2}$$

Luego se calcula N (número de ciclos de la observación),

introduciendo los siguientes valores:

$$t = 1.73$$

$$R = 0.05 \text{ minutos}$$

$$I = 0.40 \text{ minutos}$$

$$d = 3.778$$

Luego: $N = 1.31$, redondeado $N = 2$, con lo cual se demuestra que para un R máximo de 0.05 minutos es necesario solamente tener 2 ciclos en la observación para que la observación sea estadísticamente correcta.

Los siguientes datos fueron tomados del camión el día 12 de noviembre, contenidos en la tabla 20 A (Anexo datos de campo).

CAMIONES

Tabla 20 (Datos camiones para el número de observaciones)

Fecha	Carguío (min)	Acarreo (min)	Espera Descarga (min)	Descarga (min)	Retorno (min)	Espera Carguío (min)	Total Ciclo (min)
12-11	5.90	3.20	0.14	2.10	2.80	0.06	14.20
12-11	5.94	3.10	0.13	2.20	2.90	0.12	14.39
12-11	5.97	3.15	0.15	2.05	3.04	0.13	14.49
12-11	5.92	2.95	0.07	1.98	2.98	0.14	14.04
12-11	5.93	3.22	0.15	2.30	3.05	0.19	14.84
12-11	5.91	2.97	0.19	2.13	3.04	0.14	14.38
12-11	5.89	3.13	0.13	2.05	3.03	0.13	14.36
12-11	5.95	3.23	0.15	2.14	3.12	0.17	14.76
12-11	5.59	3.12	0.17	2.04	3.04	0.20	14.16
12-11	5.88	3.17	0.13	2.06	3.09	0.17	14.50
12-11	5.35	3.19	0.16	2.04	3.04	0.21	13.99
12-11	5.82	3.15	0.09	2.13	3.21	0.04	14.44
Promedio	5.84	3.13	0.14	2.10	3.03	0.14	14.38
Máximo	5.97	3.23	0.19	2.30	3.21	0.21	14.84
Mínimo	5.35	2.95	0.07	1.98	2.80	0.04	13.99

Fuente: Propia

Los pasos a seguir son los siguientes:

- a. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.40$ minutos.
- b. Especificación del coeficiente de confianza C . Para esto se utilizará la tabla t de Student para $C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad.

Se especifica que la observación será de M ciclos de operación. En este caso este valor será fijado como $M = 12$ ciclos.

- c. Utilizando la tabla t de Student se halla el valor correspondiente de t para $M = 12$, en este caso $t = 1.80$.
- d. Luego como se va a emplear el método alterno, es necesario conocer el valor de “d”, el cual es de 3.258.
- e. Después se fijan valores de R con el fin de encontrar la diferencia máxima entre el tiempo menor y el tiempo mayor de las observaciones, que permita que el número de observaciones sea el propuesto, es decir, $M = 12$, en este caso:
 $R = 0.85$ minutos
- f. Utilizando la siguiente fórmula:

$$N = \frac{4 t^2 R^2}{I^2 d^2}$$

Luego se calcula N (número de ciclos de la observación), introduciendo los siguientes valores:

$$t = 1.80$$

$$R = 0.85 \text{ minutos}$$

$$I = 0.40 \text{ minutos}$$

$$d = 3.258$$

Luego: $N = 5.51$, redondeando $N = 6$, con lo cual se demuestra que para un R máximo de 0.85 minutos es necesario solamente tener 6 ciclos en la observación para que la observación sea estadísticamente correcta.

4.7.- MEDICIÓN DE PRODUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO

Para determinar la producción de los camiones ejecutando trabajos de movimiento de tierras unido a la excavadora o al cargador frontal, es necesario conocer el tiempo promedio del ciclo de cada uno de estos equipos de carguío.

Con la ayuda de los formatos de campo y gabinete se procede al análisis respectivo, determinando los tiempos promedios de los ciclos de cada equipo.

Luego se mide los tiempos de cada fase del ciclo de los equipos, teniendo en cuenta todos los aspectos positivos y negativos que afectan el rendimiento de los equipos.

En seguida, esta información es procesada en los formatos de gabinete, los cuales nos ayudan a ordenar la información y nos muestran resultados concretos como tiempos promedio de cada fase del ciclo y el tiempo promedio del ciclo en cada observación realizada para diferentes días y horas.

Una vez analizada la información en los formatos de gabinete se procede a realizar un resumen de todas las observaciones hechas y a verificar la información mediante procedimientos estadísticos, los mismos que se utilizaron para determinar el número de ciclos necesarios por cada observación de los equipos.

Esto nos permite conocer de manera real los tiempos promedios de cada fase del ciclo de cada equipo, así como el tiempo promedio del ciclo en general.

Excavadora

Los datos de campo obtenidos se muestran en el anexo formatos de campo de la Excavadora (tabla 18A), cada toma consta de 23 observaciones que han sido analizadas estadísticamente.

Para poder tomar estos valores y poder utilizarlos como referencia en el cálculo del ciclo completo de la operación, es necesario analizar si tienen el valor estadístico suficiente. Para realizar esta operación se procede a analizar cada fase del ciclo y el ciclo completo de la excavadora de la misma manera que se analiza cada toma de datos. En estos casos no utilizaremos los parámetros del método estadístico alterno, debido a que ya tenemos los datos tomados y solo se analizará de manera normal si los valores cumplen o no estadísticamente.

La información a procesar corresponde a la tabla 18 de la excavadora:

Primera Fase: DESCARGA

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.02$ minutos (1.20 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C . Para esto se utilizará la tabla t de Student para $C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad.

En este caso el número de observaciones es igual a $M = 23$, por lo tanto el valor de $t = 1.72$.

3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/M}{M - 1}} = 0.014$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.72 \times \left(\frac{0.014}{\sqrt{23}} \right) = 0.01$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones es suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.72^2 \times 0.014^2}{0.02^2} = 5.63 \approx 6.00$$

De acuerdo a estos cálculos es necesario 06 tomas de datos y como se puede apreciar tenemos 23 tomas, por lo tanto el Tiempo Promedio de Descarga es 0.07 minutos.

Segunda Fase: MANIOBRA DE CARGUÍO

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I, en este caso $I = 0.02$ minutos (1.20 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C, en este caso $C = 0.90$.
En este caso el número de observaciones es igual a $M = 23$, por lo tanto el valor de $t = 1.72$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma T^2 - (\Sigma T)^2/M}{M - 1}} = 0.016$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.72 \times \left(\frac{0.016}{\sqrt{23}} \right) = 0.01$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = N = \frac{4 \times 1.72^2 \times 0.016^2}{0.02^2} = 7.66 \approx 8.00$$

Sólo es necesario 8 tomas y por lo tanto el Tiempo Promedio de Maniobra de Carguío es 0.06 minutos.

Tercera Fase: CARGUÍO CUCHARÓN

El procedimiento es el siguiente:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I, en este caso I = 0.06 minutos (3.60 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C, en este caso C = 0.90. En este caso el número de observaciones es igual a M = 23, por lo tanto el valor de t = 1.72.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2 / M}{M - 1}} = 0.034$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.72 \times \left(\frac{0.034}{\sqrt{23}} \right) = 0.024$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente.

En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = N = \frac{4 \times 1.72^2 \times 0.034^2}{0.06^2} = 3.80 \approx 4.00$$

6. Sólo es necesario 04 tomas y por lo tanto el Tiempo Promedio de Carguío de Cucharón es 0.17 minutos.

Cuarta Fase: MANIOBRA DE DESCARGA

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.02$ minutos (1.20 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C , en este caso $C = 0.90$. En este caso el número de observaciones es igual a $M = 23$, por lo tanto el valor de $t = 1.72$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2 / M}{M - 1}} = 0.011$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro IM utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.72 \times \left(\frac{0.011}{\sqrt{23}} \right) = 0.008$$

Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.72^2 \times 0.011^2}{0.02^2} = 3.46 \approx 4.00$$

Sólo es necesario 4 tomas por lo tanto el Tiempo Promedio de maniobra de descarga es 0.08 minutos.

CICLO COMPLETO

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.040$ minutos (2.40 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C , en este caso $C = 0.90$. En este caso el número de observaciones es igual a $M = 23$, por lo tanto el valor de $t = 1.72$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma T^2 - (\Sigma T)^2/M}{M - 1}} = 0.020$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.72 \times \left(\frac{0.020}{\sqrt{23}} \right) = 0.014$$

6. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.72^2 \times 0.020^2}{0.04^2} = 2.89 \approx 3.00$$

Como se puede ver sólo es necesario 3 tomas y por lo tanto el Tiempo Promedio del Ciclo Completo es 0.38 minutos.

La información a procesar corresponde al cuadro 19 del cargador frontal.

A diferencia de la excavadora la cual ejecuta trabajos de excavación en la construcción de plataformas, el cargador frontal trabaja en cantera realizando carguío de material.

Primera Fase: DESCARGA

El procedimiento es el siguiente:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I, en este caso $I = 0.010$ minutos (0.60 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C. Para esto se utilizará la tabla t de Student para $C = 0.90$ y $m-1$ grados de libertad. En este caso el número de observaciones es igual a $M = 21$, por lo tanto el valor de $t = 1.73$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/M}{M - 1}} = 0.013$$

4. Luego se procede a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.73 \times \left(\frac{0.013}{\sqrt{21}} \right) = 0.010$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de

observaciones es suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.73^2 \times 0.013^2}{0.020^2} = 4.93 \approx 5.00$$

De acuerdo a estos cálculos solo es necesario 5 tomas y como se puede apreciar tenemos 21 tomas, por lo tanto el Tiempo Promedio de Descarga es 0.09 minutos.

Segunda Fase: MANIOBRA DE CARGUÍO

El procedimiento es el siguiente:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I, en este caso $I = 0.04$ minutos (2.4 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C, en este caso $C = 0.90$.
En este caso el número de observaciones es igual a $M = 21$, por lo tanto el valor de $t = 1.73$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2 / M}{M - 1}} = 0.026$$

4. Luego se procede a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.73 \times \left(\frac{0.026}{\sqrt{21}} \right) = 0.020$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.73^2 \times 0.026^2}{0.04^2} = 5.40 \approx 6.00$$

De acuerdo a estos cálculos solo es necesario 6 tomas, por lo tanto el Tiempo Promedio de Maniobra de Carguío es 0.16 minutos.

Tercera Fase: CARGUÍO CUCHARÓN

El procedimiento es el siguiente:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.06$ minutos (3.60 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C , en este caso $C = 0.90$.
En este caso el número de observaciones es igual a $M = 21$, por lo tanto el valor de $t = 1.73$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2 / M}{M-1}} = 0.033$$

4. Luego se procede a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.73 \times \left(\frac{0.033}{\sqrt{21}} \right) = 0.025$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.73^2 \times 0.033^2}{0.06^2} = 3.65 \approx 4.00$$

De acuerdo a estos cálculos sólo es necesario 4 tomas, por lo tanto el Tiempo Promedio de Carguío de Cucharón es 0.23 minutos.

Cuarta Fase: MANIOBRA DE DESCARGA

El procedimiento es el siguiente:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.04$ minutos (1.20 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C , en este caso $C = 0.90$. El número de observaciones es igual a $M = 21$, por lo tanto el valor de $t = 1.73$.
3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/M}{M - 1}} = 0.020$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro I_M utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.73 \times \left(\frac{0.020}{\sqrt{21}} \right) = 0.015$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.73^2 \times 0.020^2}{0.04^2} = 2.95 \approx 3.00$$

De acuerdo a estos cálculos sólo es necesario 3 tomas, por lo tanto el Tiempo Promedio de Maniobra de Descarga es 0.21 minutos.

CICLO COMPLETO

El procedimiento es el siguiente:

1. Especificación del intervalo de tolerancia I , en este caso $I = 0.020$ minutos (1.20 segundos).
2. Especificación del coeficiente de confianza C , en este caso $C = 0.90$.
El número de observaciones es igual a $M = 21$, por lo tanto el valor de $t = 1.73$.

3. Luego se procede a calcular la desviación estándar de los valores en estudio utilizando la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum T^2 - (\sum T)^2/M}{M - 1}} = 0.013$$

4. Luego se procederá a calcular el parámetro IM utilizando la siguiente fórmula:

$$I_M = 2 t_{0.90} \left(\frac{S}{\sqrt{M}} \right) = 2 \times 1.73 \times \left(\frac{0.064}{\sqrt{21}} \right) = 0.010$$

5. Teniendo en cuenta conceptos de probabilidad, si I_M es igual o menor que el valor de I propuesto entonces el número de observaciones es suficiente. En cambio si el I_M es mayor que el valor de I propuesto entonces se requerirán más observaciones. En este caso el valor de I_M es menor que el valor de I propuesto, por lo tanto el número de observaciones suficiente para que el tiempo promedio hallado tenga valor estadístico es:

$$N = \frac{4 t^2 S^2}{I^2} = \frac{4 \times 1.73^2 \times 0.013^2}{0.020^2} = 5.19 \approx 6.00$$

De acuerdo a estos cálculos sólo es necesario 6 tomas y como se puede apreciar tenemos 21 tomas, por lo tanto el Tiempo Promedio del Ciclo Completo es 0.69 minutos.

4.8.- MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO DEL CICLO DE LA OPERACIÓN

En esta parte del estudio se considera dos casos en donde se observa actividades de carguío y acarreo, con las mismas características, de manera que primero se estudia uno, en el cual se detecta una serie de errores que ocasionan demoras, los mismos que van a ser eliminados total o parcialmente antes de la medición del segundo caso, y así observar la mejora de la producción en base a la medición de los tiempos del ciclo.

De acuerdo a lo establecido en el planeamiento de un proyecto, los datos de los proyectos a medir y analizar son los siguientes:

ZONA: PLATAFORMA 36 (Anexo Tabla movimiento de tierras)

Volumen de material: 1,192.50 m³.

Tipo: material suelto.

Flota: 3 Camiones Volvo FM 6x4 de 12 m³.

1 cargador CAT Modelo 950H.

Distancia al botadero: 2,690.00 m.

Condiciones de las vías: Regular.

Rendimientos por camión: 12 m³ por viaje de cada camión

0.54 horas por viaje (34.43 minutos / ciclo) anexo tabla del tiempo histórico.

1.85 viaje por hora.

Cálculo del rendimiento de flota:

$3 \text{ camiones} \times 1.85 \text{ viajes por hora} \times 12 \text{ m}^3 \text{ por viaje} = 66.60 \text{ m}^3 / \text{h}$

Número de turnos: 1 turnos de 7 horas efectivas cada uno (30´ refrigerio y 30´ llenado de combustible)

Horario: Mañana: turno de 8:00 am a 1:00 pm

Tarde: turno de 2:00 pm a 5:00 pm

Mantenimientos programados y llenado de combustible: a partir de las 11a.m. en adelante.

Con estos datos se calcula el número de horas que toma eliminar ese volumen de material:

$$1,192.50 \text{ m}^3 / 66.60 \text{ m}^3/\text{h} = 17.91 \text{ horas}$$

$$\text{Luego se calculan los días: } 17.91 \text{ h} / (7 \text{ h} / \text{Día}) = 2.56 \approx 3 \text{ días}$$

Entonces se planea terminar el proyecto en 3 días de trabajo con dicha flota. Este es un planeamiento simple de un proyecto, esto implica una programación, la cual durará 3 días y requerirá de los recursos necesarios.

Los datos para el primer proyecto comenzaron a tomarse el 14 de noviembre y concluyeron el 16 de noviembre.

4.8.1.- Proyecto 01 (ANALISIS DE EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD)

Para el análisis de la eficiencia y productividad de este proyecto, se utiliza los tiempos promedios de cada fase, contenidos en la tabla 21A (Anexo datos de campo), los cuales fueron los siguientes:

Tabla 21 (Datos del proyecto 01 para el camión)

Fecha	Carguío (min)	Acarreo (min)	Espera Descarga (min)	Descarga (min)	Retorno (min)	Espera Carguío (min)	Total Ciclo (min)
14-11	5.83	12.05	0.14	2.08	14.29	0.011	34.40
14-11	5.69	12.07	0.16	2.16	14.39	0.13	34.60
14-11	5.72	12.08	0.17	2.13	14.41	0.14	34.65
14-11	5.78	12.11	0.15	2.14	14.44	0.16	34.78
14-11	5.71	12.13	0.13	2.09	14.37	0.12	34.55
14-11	5.80	12.14	0.14	2.12	14.34	0.11	34.65
14-11	5.84	12.11	0.16	2.13	14.31	0.15	34.70
14-11	5.75	12.13	0.18	2.15	14.29	0.13	34.63
14-11	5.69	12.12	0.17	2.09	14.32	0.15	34.54
14-11	5.72	12.15	0.14	2.11	14.29	0.14	34.55
14-11	5.81	12.19	0.16	2.14	14.28	0.15	34.73
14-11	5.76	12.16	0.14	2.13	14.26	0.13	34.58
Promedio	5.76	12.12	0.15	2.12	14.33	0.13	34.61
Máximo	5.84	12.19	0.18	2.16	14.44	0.16	34.78
Mínimo	5.69	12.05	0.13	2.08	14.26	0.01	34.40

Fuente: Propia

De acuerdo con estos valores se determina el número de días que debe durar el proyecto. Para hallar este valor se utiliza el tiempo promedio total del ciclo, primero se determina el número de viajes por hora de cada uno de los camiones: $60 \text{ min} / 34.61 \text{ min} = 1.73$ viajes por hora. Luego calculamos el rendimiento de la flota por hora: $3 \text{ camiones} \times 1.73 \text{ viajes por hora} \times 12 \text{ m}^3 = 62.28 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Por la formula 5B se calcula el factor de eficacia:

$$F_e = P_u / P_t = 1.73 \text{ ciclos por hora} / 1.85 \text{ ciclos por hora} = 0.94$$

Luego se calcula el número de horas que son necesarias para concluir con el proyecto: $1,192.50 \text{ m}^3 / 62.28 \text{ m}^3/\text{h} = 19.15 \text{ h}$; en seguida se obtiene el número de días el cual es de $19.15 \text{ h} / 8 \text{ h} = 2.39 \approx 2.50 \text{ días}$. Mientras que el rendimiento histórico es de 1.85 viajes por hora, como son 3 camiones, la cantidad total es $3 \text{ camiones} \times 1.85 \text{ viajes por hora} \times 12 \text{ m}^3 = 66.60 \text{ m}^3 / \text{hora}$, determinamos el número de horas $1,192.50 \text{ m}^3 / 66.60 \text{ m}^3 / \text{hora} = 17.91 \text{ horas}$, luego el número de días es $17.91 \text{ horas} / 8 \text{ horas} / \text{día} = 2.24 \approx 2.5 \text{ días}$. Es decir el proyecto debió durar 2.5 días.

Este valor de 1.85 viajes por hora es un dato histórico obtenido de los registros de la empresa, con el que trabaja el área de producción para determinar el número de días que va a durar el proyecto, por lo tanto deberíamos llegar a rendir con ese ratio, entonces hay que analizar cuáles fueron los factores que no permitieron llegar a ese rendimiento.

Se analiza fase por fase de manera que se encuentre las posibles causas o factores que no permiten mejorar el rendimiento del ciclo.

El tiempo promedio del ciclo por lampón histórico de la excavadora CATT 325D es de 0.50 minutos, si se necesita 10 cucharadas para llenar un Volquete, entonces el tiempo promedio de la fase de carguío debería ser de $0.50 \times 10 = 5.00$ minutos. De la tabla anterior se puede apreciar que el tiempo promedio de la fase de carguío es de 5.76 minutos encontrándose lejos del valor planeado. De acuerdo a este resultado se aprecia que esta fase se encuentra por debajo del valor histórico por lo que es necesario evaluar en donde está la razón de esta demora.

- Al observar el ciclo de la excavadora en la fase de carguío del volquete, nos percatamos que el operador no tenía la suficiente pericia, por lo que la demora en el carguío era evidente.

La fase siguiente es la de Acarreo, el tiempo promedio de esta fase es de 12.12 minutos. De acuerdo con esto la velocidad promedio del camión es $(2.69 \text{ km} / 12.12 \text{ min}) \times 60 \text{ min/h} = 13.32 \text{ km/h}$, esta velocidad está ligeramente por debajo de la velocidad promedio de un camión cargado, la cual es de aproximadamente 15.00 km/h. Esto indica que han existido una serie de factores que no han permitido que el acarreo se realice en el tiempo planificado, el tiempo óptimo es de $(2.69 \text{ km} \times 60 \text{ min}) / 15.00 \text{ km/h} = 10.76$ minutos.

Los factores que influyen directamente en el tiempo de la fase y que deben ser analizados son:

- Condiciones de la vía: en este caso las condiciones de la vía son regulares, este proyecto cuenta con rutas definidas y conocidas por los operadores de los camiones, desde las diferentes plataformas hacia el botadero y desde la cantera hasta los diferentes puntos de colocación de afirmado, la cual se encuentra señalizada y con el personal de piso adecuado para realizar el bacheo correspondiente, la vía cuenta además con señaleros, punteros y vigías.

Este acceso en algunos tramos no cuenta con el ancho necesario para la fácil circulación de los camiones en dos sentidos, teniendo que retroceder uno de los vehículos hasta encontrar una zona amplia, puesto que en la zona se cuenta con un grupo encargado del mantenimiento de las vías, el cual se compone de una motoniveladora CATT 140H y un rodillo CATT 533 CSE, es necesario programar en coordinación con el área de topografía el desanche de los tramos angostos para eliminar estas demoras.

A pesar del mantenimiento constante se presentan huecos en la vía producto del paso de los camiones cargados con material y la humedad por la presencia de lluvias, lo que ocasiona demoras en la circulación de los vehículos.

- Condiciones de los equipos: Los equipos en su totalidad tuvieron una disponibilidad del 95% salvo en el cambio de dos de sus llantas debido a su deterioro por el uso, razón suficiente para establecer un mantenimiento preventivo oportuno.

- Condiciones Climáticas: En la zona de Michiquillay en los meses de invierno la presencia de lluvias y la alta humedad hacen que las vías se deterioren con más frecuencia. Este fue uno de los factores que no permite llegar a la velocidad promedio de los camiones a pesar de los trabajos del equipo de mantenimiento de vías.

La segunda fase es la espera por descarga, según la tabla el promedio es de 0.15 minutos, tiempo razonable teniendo en cuenta la espera por salida de vehículo o mientras se limpia el área de descarga.

La siguiente fase es la Descarga, esta tiene un tiempo promedio de 2.12 minutos, esta consta de la descarga en sí de la tolva del camión. Este tiempo no tiene una mayor variación, solo en el caso que tenga un problema mecánico con el pistón de la tolva o el material por encontrarse húmedo se pegue en la tolva. En este caso el tiempo prácticamente en todas las mediciones se ha mantenido constante.

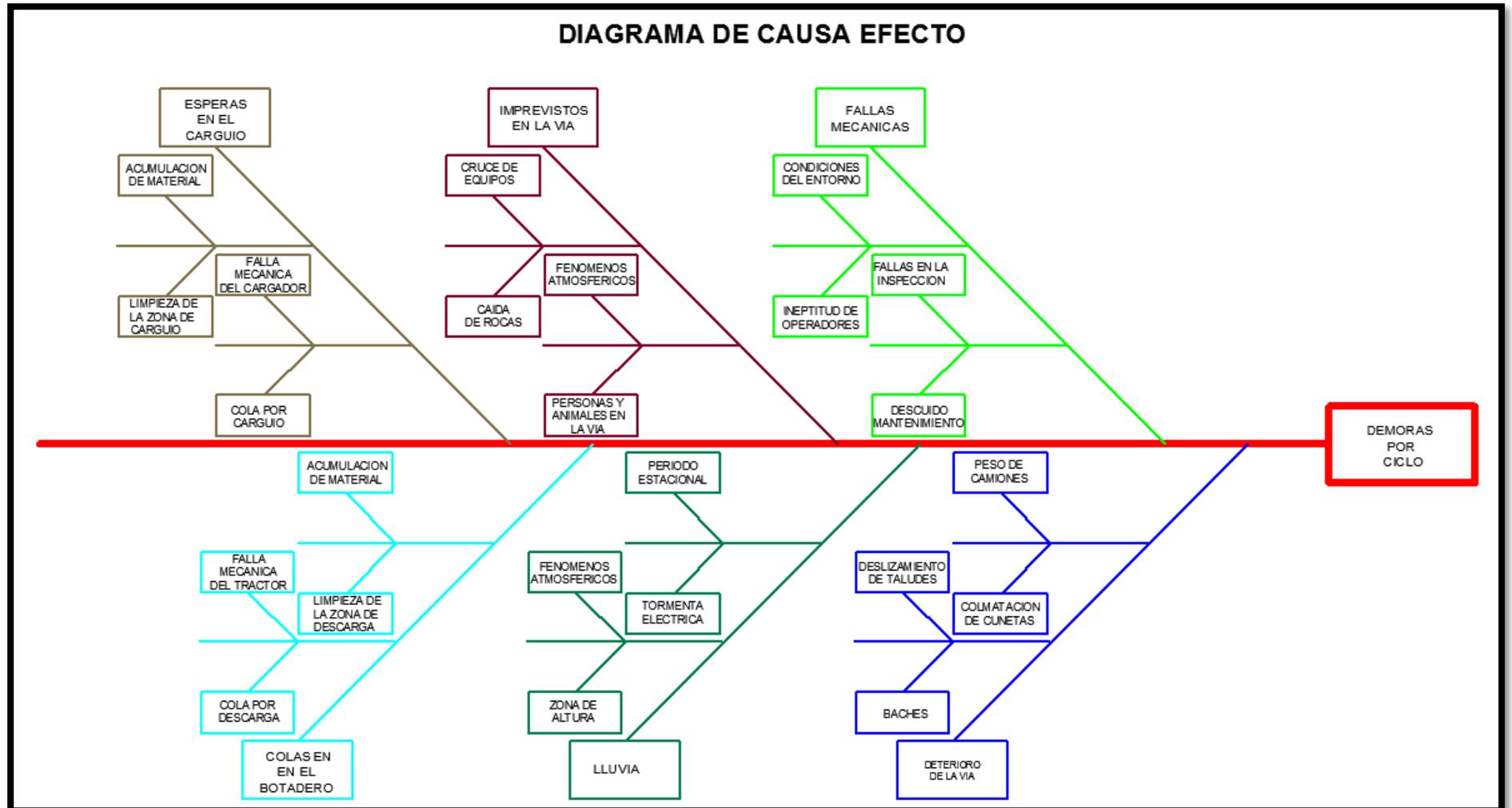
La siguiente fase es el Retorno, esta fase tiene un tiempo promedio de 14.33 minutos. De acuerdo con esto la velocidad promedio del camión vacío sería aproximadamente $(2.69 \text{ km} / 14.33 \text{ min}) \times 60 \text{ min/h} = 11.26 \text{ km/h}$, esta velocidad está por debajo de la velocidad promedio de un camión vacío, la cual está entre 15 km/h y 25 km/h.

Esto nos indica que han existido una serie de factores que no han permitido que el retorno de los camiones se realice en un tiempo promedio óptimo, este tiempo sería de $(2.69 \text{ km} \times 60 \text{ min}) / 20 \text{ km/h} = 8.07 \text{ minutos}$.

La última fase es la Espera para Carguío, esta fase tiene un tiempo promedio de 0.13 minutos, en esta fase los problemas frecuentes son las colas que se forman debido a diversos factores, como el acomodo de material para cargar, la conformación de la zona de trabajo, la conformación de la pila del material que se ha podido acumular para que la altura de la ruma sea la apropiada.

Todas las causas que producen las demoras en el ciclo del volquete, se resumen en el siguiente diagrama de causa efecto.

Diagrama 08



Una vez detectadas las causas por demoras, procedemos a darle solución, para que en el segundo proyecto a analizar no suceda lo mismo y el tiempo de cada fase pueda disminuir.

El segundo proyecto comienza el 16 de noviembre, se procede a recoger los datos de campo para procesarlos y sacar conclusiones. La toma de datos de este proyecto se encuentran contenidos en la tabla 22A (Anexo datos de campo).

4.8.2.- Proyecto 2 (MEJORA DE LA EFICIENCIA Y PRODUCTIVIDAD)

Tabla 22 (Datos del proyecto 02 para el camión)

Fecha	Carguío (min)	Acarreo (min)	Espera Descarga (min)	Descarga (min)	Retorno (min)	Espera Carguío (min)	Total Ciclo (min)
16-11	5.68	10.80	0.02	0.28	8.12	0.08	24.98
16-11	5.72	10.72	0.08	0.60	8.08	0.06	25.26
16-11	5.66	10.81	0.05	0.40	8.14	0.07	25.13
16-11	5.70	10.75	0.03	0.80	8.07	0.09	25.44
16-11	5.69	10.78	0.07	0.50	8.11	0.05	25.20
16-11	5.73	10.73	0.06	0.70	8.05	0.04	25.31
Promedio	5.70	10.77	0.05	0.55	8.10	0.07	25.22
Desv. Est.	0.026	0.037	0.023	0.19	0.034	0.019	0.158
Máximo	5.73	10.81	0.08	0.80	8.14	0.09	25.44
Mínimo	5.66	10.72	0.02	0.40	8.05	0.04	24.98

Fuente: Propia

Como en el primer caso se determina el número de días que debe durar el proyecto. Para hallar este valor se utiliza el tiempo promedio total del ciclo, primero se determina el número de viajes por hora de cada uno de los camiones: $60 \text{ min} / 25.22 \text{ min} = 2.38$ viajes por hora. Luego se calcula el rendimiento de la flota por hora: $3 \text{ camiones} \times 2.38 \text{ viajes por hora} \times 12 \text{ m}^3 = 85.68 \text{ m}^3/\text{hora}$. Con este valor se determina el número de horas que son necesarias para concluir el proyecto: $1,192.50 \text{ m}^3 / 85.68 \text{ m}^3/\text{h} = 13.92 \text{ h}$; luego el número de días es de $13.92 \text{ h} / 8 \text{ h} = 1.74$ días, esto indica que se ha mejorado con respecto al primer proyecto que duro 2.39 días, y hemos bajado el tiempo teórico que fue de 2.24 días.

Además se aprecia que el tiempo promedio de 25.22 minutos de este proyecto, está por debajo del tiempo teórico estimado $60/1,85$ que es de 32.43 minutos/ciclo.

Por la formula 5B se calcula el factor de eficacia:

$$F_e = P_u / P_t = 2.38 \text{ ciclos por hora} / 1.85 \text{ ciclos por hora} = 1.29$$

Comparando el factor de eficacia del primer proyecto de 0.94 y el valor de 1.29 del segundo proyecto, concluimos que el segundo proyecto ha resultado más eficaz que el primero.

Como en el primer proyecto, se analiza fase por fase hasta encontrar las causas o factores que permitieron mejorar el rendimiento del ciclo, así como los factores que siguen afectando negativamente en el tiempo de cada una de las fases.

El tiempo histórico, de la fase de carguío para la excavadora CATT 925D es de 5.00 minutos, de acuerdo a lo observado es menor que el presentado en la tabla 22 del segundo proyecto, el cual presenta el valor promedio de 5.70 minutos, como el tiempo del primer proyecto fue de 5.76 minutos, se aprecia que este segundo proyecto tiene un tiempo menor de carguío de 0.06 minutos, en esta fase hay una pequeña variación con respecto al valor del proyecto anterior, pero tiene que ser mejorado hasta acercarnos al tiempo teórico.

La fase siguiente a analizar es la de Acarreo, el tiempo promedio es de 10.77 minutos. De acuerdo con esto la velocidad promedio del camión será de $(2.69 \text{ km} / 10.77 \text{ min}) \times 60 \text{ min/h} = 14.99 \text{ km/h}$, esta velocidad prácticamente coincide con la velocidad teórica, la cual es de aproximadamente 15 km/h, habiéndose elevado la velocidad en 1.67 km/h en comparación con el primer proyecto. Esto nos indica que la corrección de algunos obstáculos ha permitido elevar la velocidad de las unidades y con esto mejorar los tiempos de acarreo.

En el segundo proyecto, en la fase de la Espera para Descarga existe un tiempo promedio de 0.05 minutos, mejorando notablemente con respecto al primer proyecto de 0.15 minutos, al haber permitido mayor fluidez en la zona de descarga. El mejor adiestramiento e instrucción del puntero (persona encargada de cuadrar los camiones para la descarga) contribuye a la mejora del tiempo, siendo menor la probabilidad de formación de colas.

La siguiente fase es la Descarga, en el segundo proyecto tiene un tiempo promedio de 0.55 minutos. Este tiempo tiene una variación muy grande con respecto al primer proyecto que fue de 2.12 minutos; por lo que influye en la optimización del tiempo de la operación.

La siguiente fase es el Retorno, en este segundo proyecto esta fase tiene un tiempo promedio de 8.10 minutos. De acuerdo con esto la velocidad promedio del camión vacío será $(2.69 \text{ km} / 8.10 \text{ min}) \times 60 \text{ min/h} = 19.93 \text{ km/h}$, esta velocidad está por debajo de la velocidad promedio de un camión circulando vacío, el cual es de 25 km/h.

En comparación con el primer proyecto, la velocidad ha mejorado en 8.67 km/h, por lo que los cambios que se han realizado en la vía y las mejoras en el mantenimiento de los equipos han dado resultado. Uno de los puntos que influyó en la mejora de esta fase fue la limpieza de la vía, anteriormente, la presencia de piedras que caían de las tolvas hacían que la vía se obstruya, el paso por encima de ellas ocasionaba daños a las llantas, esto se mejoró con la colaboración del personal de mantenimiento de vías el cual recogían las piedras despejando la vía, o si se trataba de piedras de gran tamaño se llamaba por radio para que la moto niveladora las retire inmediatamente. Así mismo se mejoró el problema de las curvas dándoles mayor ancho, para que el giro sea cómodo y seguro.

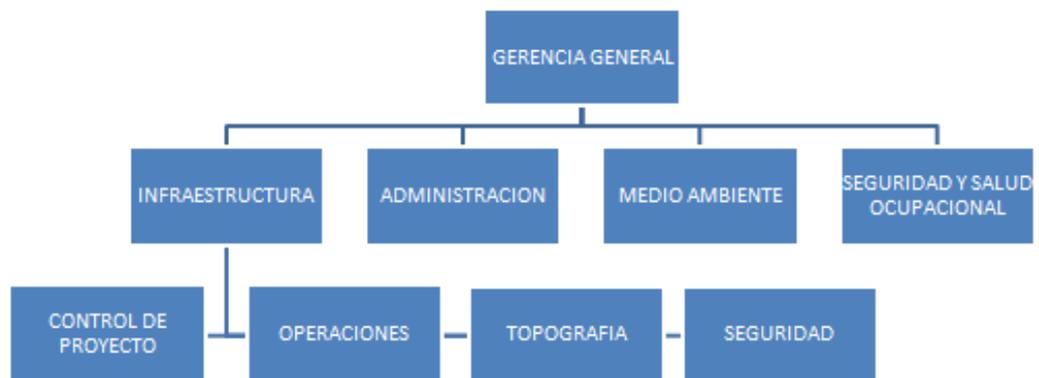
Luego la última fase es la Espera para Carguío, en este segundo proyecto esta fase tiene un tiempo promedio 0.07 minutos. La mejora ha sido notable ya que el tiempo ha disminuido en 0.06 minutos, lo cual demuestra que se ha reducido a casi la mitad del tiempo obtenido en el primer proyecto. Esto quiere decir que se han reducido las demoras en el carguío de los camiones y el acomodo de material ha sido más eficiente.

En general el tiempo del ciclo del segundo proyecto ha sido mejor que el primero, simplemente realizando cambios en base a deficiencias que se encontraron. Cabe recalcar que este proceso es iterativo y que es necesario identificar los errores del segundo proyecto de manera que se puedan aplicar cambios en un tercer proyecto con el fin de elevar los rendimientos de los equipos.

4.9.- PLANEAMIENTO

El planeamiento de los procesos para la ejecución del movimiento de tierras se encuentra bajo el mando de la Gerencia de Infraestructura, la que jefatura al área de Control de Costos, Topografía y Seguridad, que de manera conjunta toman las decisiones necesarias para un mejor planeamiento de las actividades, a fin de mejorar la productividad de las labores de una manera más ordenada, segura y precisa. Según el siguiente organigrama:

Diagrama 08 (Organigrama)



Fuente: AngloAmerican Michiquillay S.A

Como parte del plan de perforaciones, la Gerencia de Infraestructura recibe la planificación para la presente campaña de construcción de plataformas y construcción de vías. Para lo cual el área de Control de proyectos se encarga de la planeación de la construcción de plataformas, construcción de vías, construcción de pozas de tratamiento de líquidos, construcción de botadero y explotación de cantera.

Área de Operaciones:

El departamento de operaciones es el encargado directo junto con el área de control de proyecto de la elaboración del planeamiento general, además tiene la responsabilidad del desarrollo físico del proyecto, encargándose de la explotación de cantera, excavación para la construcción accesos, plataformas, carguío y acarreo del material de desmonte.

Una vez evaluado y establecidos los controles se da inicio a la ejecución, supervisando que estos se desarrollen con orden, limpieza, seguridad; recogiendo durante la jornada información correspondiente al avance de las actividades, al término de la jornada se elabora el reporte diario de producción, el cual es efectuado por el Supervisor de turno y elevado al jefe inmediato, además se elabora un Informe Semanal y mensual.

Área de Control de Proyecto:

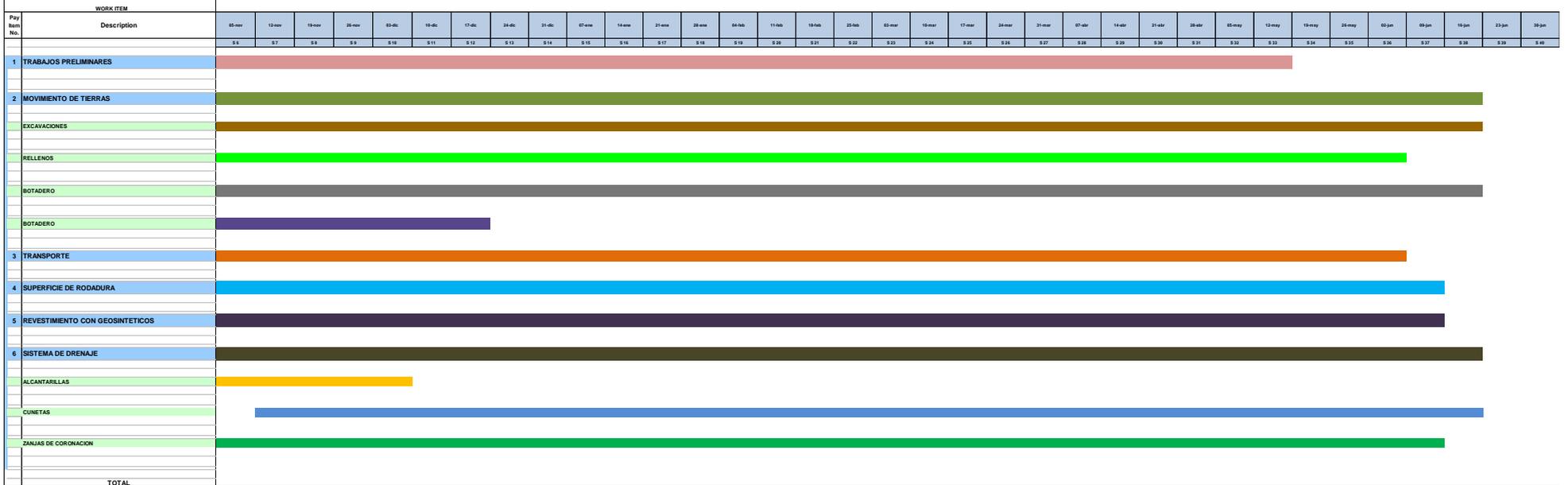
Esta área es la encargada de recibir información del área de operaciones, produciéndose una retroalimentación constante, advirtiéndose acerca de las desviaciones en el plazo y costos, que, de producirse se reprograma el proyecto para cumplir con la meta, semanalmente se procesa la información de campo, se elabora el gráfico de avance de proyecto, se confecciona una lectura del mismo, así como presenta recomendaciones.

A continuación se presenta el diagrama Gantt y el diagrama de control de la curva S, en donde se aprecia que durante las primeras seis semanas hubo un retraso (línea roja), se procedió a corregir el retraso para que durante las semanas posteriores el avance ejecutado coincidiera con el avance programado, mejorando la eficiencia y productividad en el uso de los equipos.

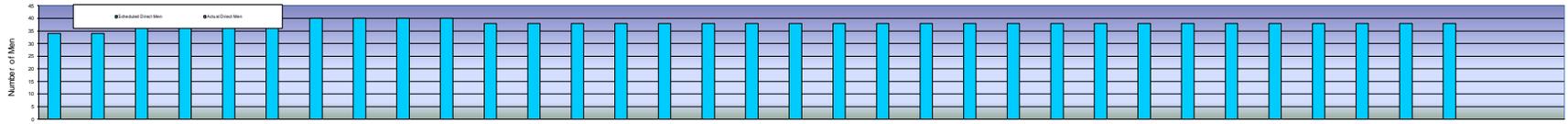
Contract No: _____
 Contractor: _____
 Description: _____
 Contract Start: _____
 Contract Finish: _____

CRONOGRAMA GANTT (DIAGRAMA 07)

Date: _____
 Week Ending: _____



TOTAL SUMMARY



	05-mar	12-mar	19-mar	26-mar	02-abr	09-abr	16-abr	23-abr	30-abr	07-may	14-may	21-may	28-may	04-jun	11-jun	18-jun	25-jun	02-jul	09-jul	16-jul	23-jul	30-jul	06-ago	13-ago	20-ago	27-ago	03-sep	10-sep	17-sep	24-sep		
A Scheduled - Staff & Supervision (men)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
B Scheduled - Support & Maintenance (men)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
C Scheduled - Direct (men)	34	34	38	38	40	40	40	40	40	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38		
D Total - Scheduled (A+B+C)	51	51	55	55	57	57	57	57	57	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		
H Actual - Staff & Supervision (men)																																
I Actual - Support & Maintenance (men)																																
J Actual - Direct (men)																																
K Total - Actual (H+I+J)																																
JOB HOURS - DIRECT LABOR																																
E Scheduled - Period	1,832	1,832	1,824	1,824	1,820	1,820	1,820	1,820	1,820	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824	1,824		
F Scheduled - Cumulative																																
G Actual - Period (Expended)																																
H Actual - Cumulative (Expended)																																
% COMPLETE																																
I Scheduled - Physical % of Job Complete																																
J Actual - Physical % of Job Complete																																
L Reschedule N° 01 - Physical % of Job Complete																																

COMENTARIOS

ACCIONES TOMADAS

Área de Topografía:

El área de topografía, interviene directamente en el planeamiento con el área de control de proyecto, interactúa con el área de operaciones determinando los frentes de trabajo en forma semanal, asimismo verifica diariamente el avance, ejecuta el replanteo de los accesos, plataformas, cantera, se encarga también de realizar el control de volúmenes para la valorización mensual.

Área de Seguridad:

El área de Seguridad, se encarga de realizar, dentro del planeamiento general, las siguientes labores:

- Elaborar el Programa anual de Seguridad.
- De acuerdo al D.S.-055-2010-ME “Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional”.
- Identificar los peligros y evaluar los riesgos.
- Prevención contra accidentes.
- Investigación y Seguimiento de accidentes / Incidentes / no repeticiones.
- Seguimiento y control de su cumplimiento.
- Capacitación y entrenamiento del personal.
- Inducciones generales y específicas.
- Reuniones diarias: Charlas de seguridad de 5 minutos.

- Reuniones: Capacitación.
- Análisis de seguridad de trabajo (AST).
- Procedimientos de trabajo seguro.
- Inspecciones del lugar de trabajo.
- Equipo de protección personal.
- Respuesta a emergencia.
- Primeros auxilios.
- Control de sustancias peligrosas.
- Señalización.
- Orden y limpieza en los ambientes de trabajo.
- Preparar y distribuir boletines sobre accidentes e incidentes en el lugar de trabajo.
- Efectuar y participar en las inspecciones y auditorias.
- Dirigir la inducción a trabajadores.
- Realizar inspecciones generales de las zonas de trabajo, equipos y maquinarias en relación a las operaciones diaria, semanal y mensualmente.
- Elaborar reporte estadístico mensual de los índices de accidentabilidad, anuncios de eventos y reportes de capacitación de horas hombres.

CAPITULO V

5.1.- CONCLUSIONES

Las conclusiones de la investigación son planteadas de acuerdo a cada hipótesis, las cuales son las siguientes:

1. La influencia de la gestión de operaciones en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay es positiva, al mejorar el rendimiento de los equipos, en relación con la disminución del tiempo de las operaciones. Aumentando en 37.57 % la productividad y en 37.23 % la eficiencia.

La gestión de operaciones utiliza metodologías para aumentar las posibilidades de lograr los objetivos del proyecto, disminuyendo el riesgo de fracaso a través de un proceso de lecciones aprendidas y mejora continua.

2. La influencia de la planificación en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay es efectiva, al procesar metódicamente los rendimientos teóricos, así como programando oportunamente los recursos, para alcanzar la meta propuesta.

Vincula las unidades operativas y financieras, a través del fortalecimiento de vías de comunicación, entre las áreas encargadas de la operación, con el fin de disminuir el riesgo y alcanzar objetivos trazados.

3. La influencia del control en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay es evidente, al ejecutar cada una de las actividades, de acuerdo a los objetivos y según el alcance del proyecto.

El uso de herramientas de control, permite el seguimiento de las operaciones, mediante la aplicación de metodologías, capaz de detectar oportunamente las desviaciones, para corregir el curso de la planificación, convirtiendo el desarrollo de los trabajos en un proceso flexible, monitoreando, corrigiendo, tomando decisiones en todo momento hasta concluir el proyecto.

4. La influencia de la evaluación en la eficiencia y productividad del movimiento de tierras en el proyecto minero Michiquillay es objetiva, ya que permite detectar la variabilidad durante la ejecución del proyecto, comparándolas con las establecidas en la etapa de la planificación, corrigiendo las desviaciones.

De la interpretación y análisis de los datos acumulados y tratados, dependerá corregir y proseguir la mejor ruta, para esto el conocimiento y

experiencia del que toma las decisiones juega un rol importante para asegura el cumplimiento de los objetivos a un costo razonable.

5.2.- RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar herramientas de gestión en el control de rendimientos como Lean Construction, Six Sigma con el fin de optimizar la productividad en el movimiento de tierras.

Desarrollar modelos de consultoría para la implantación de las herramientas de clase mundial TQM (Gestión total de la calidad) y TPM (Mantenimiento productivo total) en el movimiento de tierras.

Considerar la aplicación del “Análisis Monte Carlo” para calcular una distribución de los Costos totales del proyecto en fechas de posible culminación, así como para el modelado o simulación en los Análisis Cuantitativo de Riesgos.

LISTAS DE REFERENCIAS

Acero, Navarro y Elías, Germán. 2003. Tesis Administración de operaciones Aplicando la teoría de Restricciones en una PYME. Perú. Oficina General del Sistema de Bibliotecas de la UNMS.

Arias, Edwin. 2012. Estadística II-Diagrama de Pareto. Editorial Unitek.

Bufa y Sarin. 2000. Administración de la Producción y de las Operaciones. México. Editorial Limusa.

Canturín, Ricardo y Siucho, Raúl. 2004. Tesis Aplicación de Métodos de Productividad en las Operaciones de Equipos de Movimiento de Tierras. Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Carballal, Esperanza. 2006. Conceptos Modernos de Productividad. Cuba. Editorial Geocities.

Castillo, Carolina y Valenzuela, Fernando. 2011. Tesis La actividad de construcción en el cantón cañar: Estudio de factibilidad para la creación de una compañía constructora de obras civiles. Ecuador. Universidad Técnica del Norte.

Castillo, Gustavo. 2013. Tesis Administración de maquinaria en la construcción. Méjico. Universidad Autónoma de Puebla.

Cherné, Juan y Gonzales, Andrés. 2012. Movimiento de Tierras. España. Editorial Buenas Tareas.

Cordova, Yerko. 2013. Tesis Análisis de los Procesos de Movimiento de Tierras. Chile. Universidad Andrés Bello.

Dharma Consulting. 2012. Gestión de los Recursos Humanos. Perú. Editorial SlidesShare.

Dirección General de Educación Polinomial y superior. 2001. Gestión de las Organizaciones. Argentina. Editorial Macci.

Espinosa, Mario. 2010. Tesis Mantenimiento correctivo a un motor de combustión interna. Méjico. Universidad Veracruzana.

Esteve Gonzales, Rafael. 2008. Conceptos generales sobre movimiento de tierras. España. Editorial Amazon.

García, Roberto. 1998. Estudio del Trabajo. Méjico. Editorial McGraw-Hill.

Gómez, José. 2008. Tesis Maquinaria y Equipos de Construcción. Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés.

Gutierrez, Vania y Pereira, Renan. 2006. Maquinaria y Equipo de Construcción. Blivia. Universidad Mayor de San Simón.

Hernández, José. 2011. Gestión de operaciones. Perú. Editorial Gestipolis.

Ibáñez, Walter. 2011. Costos y Tiempos en Carreteras. Perú. Editorial Macro.

Lezama, Cruz. 2009. Control de la Gestión Empresarial. Venezuela. Editorial Monografías.com.

Manual de Rendimiento Caterpillar. 2010. EEUU. Editorial Caterpillar Inc.

Morales, Rodolfo. 2009. Maquinaria de construcción. México. Editorial Mexicali.

Murray R. Spiegel. 1985. Estadística. EEUU. Editorial Mc Graw hill.

Parra, Duvelís. 2013. Tesis Gestión de los Recursos Humanos. Venezuela. Universidad Nacional Experimental Politécnica de Venezuela.

Serpell, Alfredo. 1998. Administración de Operaciones de Construcción. Chile. Editorial Alfa omega.

Vargas, Roberto. 2000. La Maquinaria pesada en Movimiento de tierras (Descripción y rendimiento). México. Editorial Limusa.

Ulloa, Wilfredo. 2011. Productividad en la Construcción. Perú. Universidad Nacional de Ingeniería.

Yépez, Víctor. 2011. Producción de equipos. España. Universidad Politécnica de Valencia.

ANEXOS

ANALISIS DEL CICLO DE TRANSPORTE DE VOLQUETES - MICHQUILLAY (PARA EL CALCULO DEL TIEMPO HISTORICO)

Unidad de acarreo VOLVO FM 12 6X4
 Capacidad de carga del volquete 15 m3
 Tarifa horaria \$ -
 Velocidad de ida y vuelta

Descripción	Distancia	Velocidad
Vel. Descargado	> 1.00 Km	15.0 km/h
Vel. Cargado		12.5 km/h
Vel. Descargado	0.50 km<=v<= 1.00 Km	12.5 km/h
Vel. Cargado		10.0 km/h
Vel. Descargado	<= 0.50 Km	10.0 km/h
Vel. Cargado		10.0 km/h



Tiempo de descarga 2 min 0.0333 h
 Unidad de carguio Excavadora s/orugas 115 - 165 HP, capac. 1.00 - 1.45 m3 (Excavadora Caterpillar 325)
 Tiempo de carguio 0.0997 h
 Posicionamiento del camión para carguio 60 seg 1.00 min 0.0167 h
 Tiempo por pasada 30 seg 0.50 min 0.0083 h
 N° de pasadas por unidad 10
 Factor de espajamiento 1.25
 Capacidad neta de transporte por viaje (en banco) 12.0 m3

Distancia Km	Ciclo en horas				Acarreo sin interferencias			Acarreo con interferencias			N° de Volquetes	
	Volquete Descargado	Volquete Cargado	Carg /Desc	Total (h)	volumen (m3)	Rend (m3/h)	Rend (m3Km/h)	Interferencia (h)	Rend (m3/h)	Rend (m3Km/h)	Sin Interf	Con Interf
0.50	0.05	0.05	0.133	0.23	12.0 m3	51.50	25.75	0.00	51.50	25.75	2.34	2.34
0.75	0.06	0.08	0.133	0.27	12.0 m3	44.78	33.58	0.00	44.78	33.58	2.69	2.69
1.00	0.08	0.10	0.133	0.31	12.0 m3	38.34	38.34	0.00	38.34	38.34	3.14	3.14
1.25	0.08	0.10	0.133	0.32	12.0 m3	37.93	47.42	0.03	34.65	43.31	3.17	3.47
1.50	0.10	0.12	0.133	0.35	12.0 m3	33.99	50.99	0.03	31.33	47.00	3.54	3.84
1.75	0.12	0.14	0.133	0.39	12.0 m3	30.80	53.89	0.03	28.59	50.04	3.91	4.21
2.00	0.13	0.16	0.133	0.43	12.0 m3	28.15	56.29	0.03	26.30	52.59	4.28	4.58
2.25	0.15	0.18	0.133	0.46	12.0 m3	25.92	58.32	0.03	24.34	54.77	4.64	4.94
2.50	0.17	0.20	0.133	0.50	12.0 m3	24.02	60.04	0.03	22.66	56.64	5.01	5.31
2.75	0.18	0.22	0.133	0.54	12.0 m3	22.37	61.53	0.03	21.19	58.27	5.38	5.68
3.00	0.20	0.24	0.133	0.57	12.0 m3	20.94	62.83	0.03	19.90	59.70	5.75	6.05
3.25	0.22	0.26	0.133	0.61	12.0 m3	19.68	63.97	0.03	18.76	60.97	6.12	6.42
3.50	0.23	0.28	0.133	0.65	12.0 m3	18.57	64.98	0.03	17.74	62.10	6.48	6.78
3.75	0.25	0.30	0.133	0.68	12.0 m3	17.57	65.89	0.03	16.83	63.11	6.85	7.15
4.00	0.27	0.32	0.133	0.72	12.0 m3	16.67	66.70	0.03	16.01	64.03	7.22	7.52
4.25	0.28	0.34	0.133	0.76	12.0 m3	15.87	67.43	0.03	15.26	64.86	7.59	7.89
4.50	0.30	0.36	0.133	0.79	12.0 m3	15.13	68.10	0.03	14.58	65.61	7.95	8.25
4.75	0.32	0.38	0.133	0.83	12.0 m3	14.46	68.70	0.03	13.96	66.30	8.32	8.62
5.00	0.33	0.40	0.133	0.87	12.0 m3	13.85	69.26	0.03	13.39	66.94	8.69	8.99
5.25	0.35	0.42	0.133	0.90	12.0 m3	13.29	69.77	0.05	12.59	66.11	9.06	9.56
5.50	0.37	0.44	0.133	0.94	12.0 m3	12.77	70.24	0.05	12.13	66.69	9.42	9.93
5.75	0.38	0.46	0.133	0.98	12.0 m3	12.29	70.67	0.05	11.69	67.23	9.79	10.29
6.00	0.40	0.48	0.133	1.01	12.0 m3	11.85	71.08	0.05	11.29	67.73	10.16	10.66
6.25	0.42	0.50	0.133	1.05	12.0 m3	11.43	71.45	0.05	10.91	68.20	10.53	11.03
6.50	0.43	0.52	0.133	1.09	12.0 m3	11.05	71.80	0.05	10.56	68.64	10.90	11.40
6.75	0.45	0.54	0.133	1.12	12.0 m3	10.69	72.13	0.05	10.23	69.05	11.26	11.77
7.00	0.47	0.56	0.133	1.16	12.0 m3	10.35	72.43	0.05	9.92	69.44	11.63	12.13
7.25	0.48	0.58	0.133	1.20	12.0 m3	10.03	72.72	0.08	9.40	68.16	12.00	12.80
7.50	0.50	0.60	0.133	1.23	12.0 m3	9.73	72.99	0.08	9.14	68.55	12.37	13.17
7.75	0.52	0.62	0.133	1.27	12.0 m3	9.45	73.25	0.08	8.89	68.91	12.73	13.54
8.00	0.53	0.64	0.133	1.31	12.0 m3	9.19	73.49	0.08	8.66	69.25	13.10	13.91
8.25	0.55	0.66	0.133	1.34	12.0 m3	8.94	73.72	0.08	8.43	69.57	13.47	14.27
8.50	0.57	0.68	0.133	1.38	12.0 m3	8.70	73.93	0.08	8.22	69.88	13.84	14.64
8.75	0.58	0.70	0.133	1.42	12.0 m3	8.47	74.14	0.08	8.02	70.17	14.21	15.01
9.00	0.60	0.72	0.133	1.45	12.0 m3	8.26	74.33	0.08	7.83	70.45	14.57	15.38
9.25	0.62	0.74	0.133	1.49	12.0 m3	8.06	74.51	0.08	7.64	70.72	14.94	15.74
9.50	0.63	0.76	0.133	1.53	12.0 m3	7.86	74.69	0.08	7.47	70.97	15.31	16.11
9.75	0.65	0.78	0.133	1.56	12.0 m3	7.68	74.86	0.08	7.30	71.21	15.68	16.48
10.00	0.67	0.80	0.133	1.60	12.0 m3	7.50	75.02	0.08	7.14	71.44	16.04	16.85
10.25	0.68	0.82	0.133	1.64	12.0 m3	7.33	75.17	0.08	6.99	71.66	16.41	17.21

METRADO MOVIMIENTO DE TIERRAS SEGUN TIPO DE MATERIAL

PLATAFORMA #	TOP SOIL						MATERIAL SUELTO									
	Superficie		Espesor	Coef. Expan.	Volumen		Volumen de Corte		Volumen de Relleno		Coeficiente		Volumen Suelto		Volumen Compacto	
	Plataforma	Acceso			en banco	Suelto	Plataforma	Acceso	Plataforma	Acceso	Expan.	Contrac.	Plataforma	Acceso	Plataforma	Acceso
DH 033			0.25 m	1.20							1.25	0.80				
DH 034	240.00 m2		0.25 m	1.20	60.00 m3	72.00 m3	620.00 m3		95.00 m3		1.25	0.80	775.00 m3		95.00 m3	
DH 035	240.00 m2	3,038.00 m2	0.25 m	1.20	819.50 m3	983.40 m3	2,725.00 m3	4,480.00 m3	8.00 m3	70.00 m3	1.25	0.80	3,406.25 m3	5,600.00 m3	8.00 m3	70.00 m3
DH 036	240.00 m2	471.00 m2	0.25 m	1.20	177.75 m3	213.30 m3	954.00 m3	935.00 m3	60.00 m3		1.25	0.80	1,192.50 m3	1,168.75 m3	60.00 m3	
DH 037			0.25 m	1.20							1.25	0.80				
DH 038	240.00 m2	250.00 m2	0.25 m	1.20	122.50 m3	147.00 m3	460.00 m3	180.00 m3	220.00 m3	25.00 m3	1.25	0.80	575.00 m3	225.00 m3	220.00 m3	25.00 m3
DH 039	245.00 m2		0.25 m	1.20	61.25 m3	73.50 m3	1,536.00 m3				1.25	0.80	1,920.00 m3			
DH 040			0.25 m	1.20							1.25	0.80				
DH 041	240.00 m2	265.00 m2	0.25 m	1.20	126.25 m3	151.50 m3	760.00 m3	170.00 m3	20.00 m3	10.00 m3	1.25	0.80	950.00 m3	212.50 m3	20.00 m3	10.00 m3
DH 042	197.00 m2	2,324.00 m2	0.25 m	1.20	630.25 m3	756.30 m3	1,870.00 m3	4,030.00 m3	20.00 m3	120.00 m3	1.25	0.80	2,337.50 m3	5,037.50 m3	20.00 m3	120.00 m3
DH 043	238.00 m2	2,325.00 m2	0.25 m	1.20	640.75 m3	768.90 m3	1,600.00 m3	2,086.00 m3		25.00 m3	1.25	0.80	2,000.00 m3	2,607.50 m3		25.00 m3
DH 044	224.00 m2	226.00 m2	0.25 m	1.20	112.50 m3	135.00 m3	1,125.00 m3	325.00 m3	5.00 m3	5.00 m3	1.25	0.80	1,406.25 m3	406.25 m3	5.00 m3	5.00 m3
DH 045	240.00 m2	93.00 m2	0.25 m	1.20	83.25 m3	99.90 m3	1,330.00 m3	168.00 m3			1.25	0.80	1,662.50 m3	210.00 m3		
DH 046	231.00 m2		0.25 m	1.20	57.75 m3	69.30 m3	2,110.00 m3				1.25	0.80	2,637.50 m3			
DH 047	188.00 m2		0.25 m	1.20	47.00 m3	56.40 m3	1,210.00 m3				1.25	0.80	1,512.50 m3			
DH 048	219.50 m2		0.25 m	1.20	54.88 m3	65.86 m3	767.00 m3				1.25	0.80	958.75 m3			
DH 049			0.25 m	1.20							1.25	0.80				
DH 050	208.50 m2	1,620.00 m2	0.25 m	1.20	457.13 m3	548.56 m3	1,805.00 m3	3,223.00 m3		125.00 m3	1.25	0.80	2,256.25 m3	4,028.75 m3		125.00 m3
DH 051			0.25 m	1.20							1.25	0.80				
DH 052	228.00 m2	456.00 m2	0.25 m	1.20	171.00 m3	205.20 m3	470.00 m3	420.00 m3		10.00 m3	1.25	0.80	587.50 m3	525.00 m3		10.00 m3
DH 053	203.00 m2		0.25 m	1.20	50.75 m3	60.90 m3	1,975.00 m3				1.25	0.80	2,468.75 m3			
DH 054	199.00 m2	1,920.00 m2	0.25 m	1.20	529.75 m3	635.70 m3	1,855.00 m3	4,010.00 m3		10.00 m3	1.25	0.80	2,318.75 m3	5,012.50 m3		10.00 m3
DH 055	240.00 m2	1,670.00 m2	0.25 m	1.20	477.50 m3	573.00 m3	1,180.00 m3	2,760.00 m3		15.00 m3	1.25	0.80	1,475.00 m3	3,450.00 m3		15.00 m3
DH 056	220.00 m2	2,805.00 m2	0.25 m	1.20	756.25 m3	907.50 m3	530.00 m3	2,600.00 m3		76.00 m3	1.25	0.80	662.50 m3	3,250.00 m3		76.00 m3
DH 057			0.25 m	1.20							1.25	0.80				
DH 058	220.00 m2	1,332.00 m2	0.25 m	1.20	388.00 m3	465.60 m3	665.00 m3	1,430.00 m3		25.00 m3	1.25	0.80	831.25 m3	1,787.50 m3		25.00 m3
DH 059	205.00 m2	1,170.00 m2	0.25 m	1.20	343.75 m3	412.50 m3	1,205.00 m3	1,530.00 m3		25.00 m3	1.25	0.80	1,506.25 m3	1,912.50 m3		25.00 m3
SUBTOTALES	4,706.00 m2	19,965.00 m2			6,167.76 m3	7,401.31 m3	26,752.00 m3	28,347.00 m3	428.00 m3	541.00 m3			33,440.00 m3	35,433.75 m3	428.00 m3	541.00 m3
TOTALES	24,671.00 m2				6,167.76 m3	7,401.31 m3	55,099.00 m3		969.00 m3				68,873.75 m3		969.00 m3	

(TABLA 16 A) Excavadora 325D					
Fecha	04-oct				
Fase	Carguio, giro, descarga y retorno				
Equipo	Excavadora				
Lugar de área de carguío	Plataforma DH 45				
Flota de camiones	3				
Hora de inicio de medición	10:25:00.0				
Hora de termino de medición	10:28:42.0				
Observación	Carguío	Giro	Descarga	Retorno	Ciclo
1	10:25:07.0	10:25:12.6	10:25:16.8	10:25:21.6	10:25:21.6
2	10:25:26.4	10:25:33.0	10:25:36.6	10:25:41.4	10:25:41.4
3	10:25:49.2	10:25:54.0	12:25:58.8	10:26:13.0	10:26:13.0
4	10:26:09.6	10:26:15.6	10:26:20.4	10:26:24.6	10:26:24.6
5	10:26:30.6	10:26:35.4	10:25:33.0	10:26:44.4	10:26:44.4
6	10:26:52.8	10:26:57.6	10:27:11.8	10:27:07.8	10:27:07.8
7	10:27:14.4	10:27:22.2	10:27:26.4	10:27:31.8	10:27:31.8
8	10:27:39.6	10:27:43.8	10:27:47.4	10:27:55.2	10:27:55.2
9	10:28:02.4	10:28:07.8	10:28:12.0	10:28:16.8	10:28:16.8
10	10:28:25.2	10:28:30.6	10:28:35.4	10:28:42.0	10:28:42.0
TOTAL					
PROMEDIO					

(TABLA 18 A) EXCAVADORA CATT 325D

Fecha	11-oct				
Fase	Descarga, Maniobra carguio, carguio cucharon, maniobra descarga				
Equipo	Excavadora				
Lugar de área de carguío	Plataforma 58				
Flota de camiones	4				
Hora de inicio de medición	09:13:00.0				
Hora de termino de medición	09:21:45.6				
Observación	Descarga	Maniobra Carguio	Carguio Cucharon	Maniobra Descarga	Ciclo
1	09:13:03.6	09:13:09.6	09:13:18.0	09:13:21.6	09:13:21.6
2	09:13:25.2	09:13:28.2	09:13:39.6	09:13:44.4	09:13:44.4
3	09:13:46.8	09:13:48.6	09:14:03.0	09:14:06.0	09:14:06.0
4	09:14:10.2	09:14:13.2	09:14:22.8	09:14:28.2	09:14:28.2
5	09:14:32.4	09:14:36.0	09:14:45.0	09:14:49.8	09:14:49.8
6	09:14:53.4	09:14:57.0	09:15:07.2	09:15:11.4	09:15:11.4
7	09:15:16.2	09:15:20.4	09:15:30.6	09:15:34.8	09:15:34.8
8	09:15:36.8	09:33:41.4	09:15:54.0	09:15:57.6	09:15:57.6
9	09:16:01.8	09:16:04.8	09:16:15.6	09:16:20.4	09:16:20.4
10	09:16:24.6	09:16:28.2	09:16:40.8	09:16:45.0	09:16:45.0
11	09:16:48.6	09:16:52.8	09:17:12.0	09:17:05.4	09:17:05.4
12	09:17:09.6	09:17:14.4	10:17:24.6	20:17:29.4	20:17:29.4
13	09:17:34.8	09:17:38.0	09:17:47.0	21:17:52.2	21:17:52.2
14	09:17:57.0	09:18:02.0	09:18:09.0	09:18:14.4	09:18:14.4
15	09:18:19.2	09:18:22.2	09:18:33.0	09:18:37.8	09:18:37.8
16	09:18:43.2	09:18:47.0	09:18:55.0	09:18:59.4	09:18:59.4
17	09:19:04.8	09:19:10.0	09:19:18.0	09:19:22.8	09:19:22.8
18	09:19:28.2	09:19:32.0	09:19:40.0	09:19:45.0	09:19:45.0
19	09:19:50.4	09:19:53.0	09:20:04.0	09:20:09.0	09:20:09.0
20	09:20:13.8	09:20:18.0	09:20:28.0	09:20:33.6	09:20:33.6
21	09:20:37.8	09:20:41.0	09:20:55.0	21:20:58.8	21:20:58.8
22	09:21:03.6	09:21:06.0	09:21:19.0	09:21:22.2	09:21:22.2
23	09:21:25.8	09:21:28.0	09:21:41.4	09:21:45.6	09:21:45.6
TOTAL					
PROMEDIO					

(TABLA 19 A) CARGADOR FRONTAL CATT 950H					
Fecha	24-oct				
Fase	Descarga, maniobra carguio, carguio cucharon y maniobra descarga				
Equipo	Cargador frontal				
Lugar de área de carguío	Cantera				
Flota de camiones	4				
Hora de inicio de medición	14:34:03.0				
Hora de termino de medición	14:48:28.2				
Observación	Descarga	Maniobra Carguio	Carguio Cucharon	Maniobra Descarga	Ciclo
1	14:34:07.2	14:34:16.8	14:34:30.6	14:34:45.0	14:34:45.0
2	14:34:51.6	14:34:59.4	14:35:12.0	14:35:26.4	14:35:26.4
3	14:35:30.6	14:35:39.0	14:35:53.4	14:36:06.0	14:36:06.0
4	14:36:12.6	14:36:21.0	14:36:36.0	14:36:47.4	14:36:47.4
5	14:36:52.8	14:37:00.6	14:37:13.8	14:37:28.2	14:37:28.2
6	14:37:33.6	14:37:41.4	14:37:55.8	14:38:09.0	14:38:09.0
7	14:38:15.0	14:38:24.0	14:38:38.4	14:38:49.8	14:38:49.8
8	14:38:55.8	14:39:04.2	14:39:20.4	14:39:32.4	14:39:32.4
9	14:39:39.0	14:39:47.0	14:40:01.8	14:40:13.2	14:40:13.2
10	14:40:20.0	14:40:28.5	14:40:44.4	14:40:55.2	14:40:55.2
11	14:41:00.6	14:41:09.6	14:41:24.0	14:41:36.0	14:41:36.0
12	14:41:41.4	14:41:51.6	14:42:04.8	14:42:17.0	14:42:17.0
13	14:42:22.2	14:42:29.4	14:42:46.2	14:42:57.6	14:42:57.6
14	14:43:03.0	14:43:12.6	14:43:24.6	14:43:37.8	14:43:37.8
15	14:43:43.8	14:43:54.0	14:44:07.2	14:44:19.8	14:44:19.8
16	14:44:24.6	14:44:36.6	14:44:49.2	14:45:00.6	14:45:00.6
17	14:45:06.6	14:45:16.8	14:45:29.4	14:45:42.6	14:45:42.6
18	14:45:48.6	14:45:58.2	14:46:10.8	14:46:24.6	14:46:24.6
19	14:46:31.2	14:46:44.4	14:46:52.8	14:47:06.0	14:47:06.0
20	14:47:11.4	14:47:24.0	14:47:33.6	14:47:48.0	14:47:48.0
21	14:47:52.8	14:48:03.0	14:48:16.8	14:48:28.2	14:48:28.2
TOTAL					
PROMEDIO					

(TABLA 20 A) CAMION VOLQUETE VOLVO FM 6x4

Fecha	12-nov						
Fase	Carguio, acarreo, espera descarga, descarga, retorno y espera cargui						
Equipo	Camion volquete						
Lugar de área de carguío	Plataforma 54 a cantera						
Flota de camiones	4						
Hora de inicio de medición	11:07:12.0						
Hora de termino de medición	13:59:45.0						
Observación	Carguio	Acarreo	Espera Descarga	Descarga	Retorno	Espera Carguio	Ciclo
1	11:13:06.0	11:16:18.0	11:16:26.4	11:18:32.4	11:21:20.4	11:21:24.0	11:21:24.0
2	11:27:20.4	11:30:26.4	11:30:34.2	11:32:46.2	11:35:40.2	11:35:47.4	11:35:47.4
3	11:41:45.6	11:44:54.6	11:45:03.6	11:47:06.6	11:50:09.0	11:50:16.8	11:50:16.8
4	11:56:12.0	11:59:09.0	11:59:13.2	12:01:12.0	12:04:10.8	12:04:19.2	12:04:19.2
5	12:10:15.0	12:13:28.2	12:13:37.2	12:15:55.2	12:18:58.2	12:19:09.6	12:19:09.6
6	12:25:04.2	12:28:02.4	12:28:13.8	12:30:21.6	12:33:24.0	12:33:32.4	12:33:32.4
7	12:39:25.8	12:42:33.6	12:42:41.4	12:44:44.4	12:47:46.2	12:47:54.0	12:47:54.0
8	12:53:51.0	12:57:04.8	12:57:13.8	12:59:22.2	13:02:29.4	13:02:39.6	13:02:39.6
9	13:08:15.0	13:11:22.2	13:11:32.4	13:13:34.8	13:16:37.2	13:16:49.2	13:16:49.2
10	13:22:42.0	13:25:52.2	13:26:00.0	13:28:03.6	13:31:09.0	13:31:19.2	13:31:19.2
11	13:36:40.2	13:39:51.6	13:40:01.2	13:42:03.6	13:45:06.0	13:45:18.6	13:45:18.6
12	13:51:07.8	13:54:16.8	13:54:22.2	13:56:30.0	13:59:42.6	13:59:45.0	13:59:45.0
TOTAL							
PROMEDIO							

(TABLA 21 A) CAMION VOLVO FM 6x4

Fecha	14-nov						
Fase	Carguio, acarreo, espera descarga, descarga, retorno y espera carguio						
Equipo	3						
Lugar de área de carguío	Plataforma 36 al Botadero 02						
Flota de camiones	3						
Hora de inicio de medición	08:06:26.0						
Hora de termino de medición	15:01:51.9						
Observación	Carguio	Acarreo	Espera Descarga	Descarga	Retorno	Espera Carguio	Ciclo
1	08:12:15.8	08:24:18.8	08:24:27.2	08:26:32.0	08:40:49.4	08:40:50.1	08:40:50.1
2	08:46:39.9	08:58:44.1	08:58:53.7	09:01:03.3	09:15:26.7	09:15:34.5	09:15:34.5
3	09:21:15.9	09:33:20.7	09:33:30.9	09:35:38.7	09:50:03.3	09:50:11.7	09:50:11.7
4	09:55:54.9	10:08:01.5	10:08:10.5	10:10:18.9	10:24:45.3	10:24:54.9	10:24:54.9
5	10:30:41.7	10:42:49.0	10:42:57.3	10:45:02.7	10:59:24.9	10:59:32.1	10:59:32.1
6	11:05:14.7	11:17:23.1	11:17:31.5	11:19:38.7	11:33:59.1	11:34:05.7	11:34:05.7
7	11:39:53.7	11:52:00.3	11:52:09.9	11:54:17.7	12:08:36.3	12:08:45.3	12:08:45.3
8	12:14:35.7	12:26:43.5	12:26:54.3	12:29:03.3	12:43:20.7	12:43:28.5	12:43:28.5
9	12:49:13.5	13:01:20.7	13:01:30.9	13:03:36.3	13:17:55.5	13:18:04.5	13:18:04.5
10	13:23:45.9	13:35:54.9	13:36:03.3	13:38:09.9	13:52:38.6	13:52:35.7	13:52:35.7
11	13:58:18.9	14:10:30.3	14:10:39.9	14:12:48.3	14:27:05.6	14:27:14.1	14:27:14.1
12	14:33:02.7	14:45:12.3	14:45:20.7	14:47:28.5	15:01:44.1	15:01:51.9	15:01:51.9
TOTAL							
PROMEDIO							

(TABLA 22 A) CAMION VOLQUETE FM 6x4							
Fecha	16-nov						
Fase	Carguio, acarreo, espera descarga, retorno y espera carguio						
Equipo	Camion volquete						
Lugar de área de carguío	Plataforma 36 HACIA EL BOTADERO						
Flota de camiones	3						
Hora de inicio de medición	15:14:34						
Hora de termino de medición	17:42:55.0						
Observación	Carguio	Acarreo	Espera Descarga	Descarga	Retorno	Espera Carguio	Ciclo
1	15:20:14.8	15:31:02.8	15:30:50.5	15:31:07.0	15:39:14.2	16:04:05.2	16:04:05.2
2	15:45:02.2	15:55:45.4	15:55:50.2	15:55:53.8	16:03:58.6	16:04:02.2	16:04:02.2
3	16:09:41.8	16:20:30.4	16:20:33.4	16:20:35.8	16:28:44.2	16:28:48.4	16:28:48.4
4	16:34:30.4	16:45:15.4	16:45:17.2	16:45:22.0	16:52:46.0	16:53:31.6	16:53:31.6
5	16:59:13.0	17:09:59.8	17:10:04.0	17:10:07.0	17:18:13.6	17:18:16.6	17:18:16.6
6	17:24:00.0	17:34:44.2	17:34:47.8	17:34:52.0	17:42:55.0	17:42:57.4	17:42:57.4
TOTAL							
PROMEDIO							