

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**METODOLOGÍA PARA CALCULAR EL SOBRECOSTO
GENERADO POR EL EFECTO DE LAS TORMENTAS
ELÉCTRICAS Y LLUVIAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN
CAMPAMENTO MINERO PARA 6000 PERSONAS EN LA
REGIÓN DE CAJAMARCA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

DANIEL FERNANDO GARABITO MALDONADO

PROMOCIÓN 2 010-I

LIMA-PERÚ

2 013

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivos general	4
1.2.1 Objetivos específicos	4
1.3 ALCANCES	4
1.4 LIMITACIONES	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO II	
FUNDAMENTOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE UN PROYECTO	
2.1 ESTRUCTURA DE CONTROL DE COSTOS	6
2.1.1 Objetivo	6
2.1.2 Definición	6

2.2	INDICADORES DE CONTROL Y MEJORA DE PRODUCTIVIDAD	7
2.2.1	Productividad	7
2.2.2	Informe de productividad (IP)	8
2.2.2.1	Ratios meta	9
2.2.2.2	IP de Mano de Obra	10
2.2.2.3	IP de Equipos	12

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

3.1	CONCEPTOS GENERALES	16
3.1.1	El Par Motor	16
3.1.2	La Potencia	17
3.1.3	El Consumo Específico	17
3.1.4	Curvas Características	19
3.2	TRACCIÓN EN LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE	22
3.2.1	Esfuerzo de Tracción	22
3.2.2	Resistencia a la Rodadura	23
3.2.3	Resbalamiento y Adherencia	25
3.3	CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	28
3.3.1	Potencia Necesaria	31

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1	GENERAL	32
4.2	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO ESPECIFICO	33
4.2.1	Actividades de obras civiles	33
4.2.2	Actividades de concreto y estructura	34
4.2.3	Actividades de tuberías	34
4.2.4	Actividades de electricidad	35
4.3	TRABAJOS EXCLUSIVOS DEL CONTRATO	35

CAPÍTULO V

CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO DE HORAS DE

PARALIZACIÓN POR TORMENTAS ELECTRICAS Y LLUVIAS

5.1	RETRASOS POR LLUVIAS Y TORMENTAS	36
5.2	RETRASOS POR MOMENTOS DE REFUGIO	37
5.2.1	Removilización de trabajadores	37
5.2.2	Mejoramiento de las condiciones de trabajo para el inicio de las actividades	37
5.2.3	Reinicio de trabajos cancelado	37

CAPÍTULO VI

CÁLCULO DE LOS SOBRECOSTOS POR EL IMPACTO DE LAS TORMENTAS ELECTRICAS Y LLUVIAS

6.1	SOBRECOSTOS POR STAND BY DE MANO DE OBRA	39
6.1.1	Documentación necesaria para el cálculo	39
6.1.2	Cálculo de los sobrecostos	40
6.2	SOBRECOSTOS POR STAND BY DE EQUIPOS	40
6.2.1	Documentación necesaria para el cálculo	40
6.2.2	Cálculo de los sobrecostos	41
6.3	SOBRECOSTOS POR DISMINUCION DE LA EFICIENCIA DE LA MANO DE OBRA	42
6.3.1	Análisis del efecto de las lluvias en la productividad del proyecto	42
6.3.2	Cálculo de los sobrecostos por disminución de la eficiencia de la mano de obra	43
6.4	SOBRECOSTO POR INCREMENTO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE	44
6.4.1	Determinación de los parámetros para el cálculo de consumo de combustible	44
6.4.2	Cálculo del consumo de combustible según el tipo de terreno	45
6.5	RESUMEN TOTAL DE LOS SOBRECOSTOS GENERADOS	48

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

PRÓLOGO

En el presente trabajo, informe de suficiencia titulado metodología para calcular el sobrecosto generado por el efecto de las tormentas eléctricas y lluvias en la construcción de un campamento minero para 6000 personas en la región de Cajamarca; se analizan y se dan los lineamientos para calcular el sobre costo que estos fenómenos climatológicos ocasionan en un proyecto en la etapa de construcción.

El informe de suficiencia consta de 6 capítulos, en cada uno de los cuales se realiza lo siguiente:

El primero, Introducción, explica brevemente los antecedentes, objetivos, alcance y limitaciones de este trabajo, así como la justificación para su elaboración.

El segundo capítulo, titulado Fundamentos de seguimiento y control de un proyecto, se presentan y explican los conceptos básicos de seguimiento y control que todo proyecto debería aplicar en su etapa de vida según los lineamientos del Project Management Institute (PMI).

El tercer capítulo, Fundamentos para el cálculo de consumo de combustible se exponen los conceptos generales de un motor de combustión interna y se muestra la manera de calcular el consumo horario de un motor de combustión interna.

El cuarto capítulo, Descripción general del proyecto se presenta la descripción general del proyecto: Metrados, ubicación geográfica, tipo de contrato, justificación del proyecto, etc.

En el quinto capítulo, Consideraciones para el cálculo de horas de tormenta eléctrica y lluvias se presenta la manera de recopilar y organizar la información de los eventos climatológicos ocurridos, así como las consideraciones a tener en cuenta para el cálculo de estos periodos de paralización.

Finalmente en el capítulo sexto, Cálculo de los sobrecostos por tormentas y lluvias se muestra los sobrecostos ocasionados en los distintos recursos del proyecto (Mano de obra y Equipos), tanto por paralizaciones de trabajos como por bajo rendimiento de la mano de obra y equipos.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la industria de la construcción es frecuente que los presupuestos calculados en la etapa de oferta para la adjudicación de la buena pro de las obras, terminen siendo mayores, esto debido a que en muchos casos el equipo presupuestado no considera el efecto de acontecimientos que impactan directamente en el costo total del proyecto, la omisión de estos efectos en ocasiones es porque se olvidan o minimizan el impacto que estos pueden ocasionar al proyecto.

Existen muchas variables que pueden afectar a un proyecto de construcción tales como: Las tormentas eléctricas, las lluvias, paralizaciones por huelgas campesinas, el déficit de mano de obra especializada, incremento del costo del acero y/o materiales de construcción, etc.

En los últimos años el sector construcción en el Perú ha tenido una fuerte aceleración, y los proyectos de mayor envergadura se concentran básicamente en las regiones de la sierra peruana, con ello el efecto sobre el costo de las tormentas eléctricas y lluvias en estos proyectos deja de ser una posibilidad para pasar a ser una realidad común en todos estos proyectos ubicados en estas zonas geográficas del Perú.

El presente informe toma como referencia el proyecto de construcción y montaje de un campamento minero con capacidad para 6000 personas de la mina Conga ubicada en la región de Cajamarca, este campamento albergará en sus instalaciones al personal encargado del montaje de la planta concentradora de cobre y posteriormente al personal que pondrá en marcha la operación de esta mina (tiempo de vida de la mina = 30 años).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Establecer un método para calcular el monto de dinero adicional que generan los efectos de las tormentas eléctricas y las lluvias en la construcción de un campamento minero ubicado en la región de Cajamarca.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Calcular el sobre costo que generan las tormentas eléctricas y las lluvias.
- b) Entender la importancia de aplicar las herramientas de seguimiento y control a un proyecto.
- c) Aprender a usar los indicadores de productividad en un proyecto.
- d) Dar los lineamientos para recopilar y organizar la información de las ocurrencias climatológicas ocurridas en el proyecto.
- e) Calcular el consumo de combustible extra que tienen los equipos de transporte de material (Volquetes) por efecto de las lluvias en el estado de las vías de acceso.

1.3 ALCANCES

Es alcance de este informe establecer un método para el cálculo de los sobrecostos generados en un proyecto de construcción que ha sido afectado por sucesos climatológicos (Lluvias y tormentas) durante su etapa de ejecución.

El desarrollo de los lineamientos aquí descritos es aplicable a todo proyecto de construcción civil o electromecánico.

El informe presentado será de interés para las empresas constructoras, ya que de los resultados que obtengan podrán enriquecer al equipo presupuestador para futuras licitaciones, manejar un monto bolsa de Riesgos y Contingencias más certero y/o sustentar reclamos (Claim) ante sus clientes.

1.4 LIMITACIONES

No es parte de este informe la determinación de los ratios ni tarifa utilizada en el proceso de seguimiento y control de las actividades. Se ha asumido que fueron determinadas correctamente en la etapa de elaboración del presupuesto.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Los sucesos climatológicos presentados en la etapa de ejecución de un proyecto de construcción, incrementan significativamente el costo del mismo, por lo que se hace necesario cuantificar estos sobrecostos para poder tomar medidas de contingencia a fin de cubrir y asegurar el margen de utilidad del proyecto.

Finalmente el desarrollo del informe sirvió como sustento para el cobro al cliente por mayores gastos de mano de obra y maquinaria a causa de estos acontecimientos anómalos ocurridos en la temporada de Enero a Marzo del 2012 en la región de Cajamarca.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS DE SEGUIMIENTO Y CONTROL DE UN PROYECTO

2.1 ESTRUCTURA DE CONTROL DE COSTOS

2.1.1 Objetivo

Establecer los criterios para definir los mecanismos de control del Proyecto en los temas de venta, costo, plazo, avance y productividad.

2.1.2 Definición

Las estructuras de control se definen como el ordenamiento de la información del Proyecto con el fin de facilitar su control y lectura. Pueden definirse según diversos criterios, en función del monto, plazo, metrados, importancia, complejidad del trabajo, ubicación geográfica, disciplina, secuencia, etc. Las estructuras de control a usar serán definidas por el Gerente de Proyecto, en coordinación con su equipo.

Su objetivo es ayudar a controlar el Proyecto. Por ello deben mantener las características de simplicidad y consistencia a fin de facilitar su entendimiento por todo el personal del Proyecto. Los criterios generales para definir las estructuras de control son los siguientes:

- La toma de información de campo y su registro en los sistemas debe poder ser razonablemente sencilla, a fin de alimentar los sistemas de manera confiable y oportuna.
- Los reportes de los sistemas deben mostrar información que agregue valor al Proyecto, permitiendo el análisis y toma de decisiones.
- Deben estar lo más vinculadas entre sí, de modo que se reduzca la carga operativa que implica la toma y procesamiento de la información y la generación de reportes.

		Cuentas Contables					Total
		Mat	MO	EQ	SC	CI	
Frente / Partida	Frente A						
	Partida 1						
	Partida 2						
	Partida 3						
	Partida 4						
	Frente B						
	Partida 1						
	Partida 2						
	Partida 5						
	Partida 6						
	...						
	Total						

Fig 2.1. Ejemplo de Estructura de Control

2.2 INDICADORES DE CONTROL Y MEJORA DE PRODUCTIVIDAD

2.2.1 Productividad

La Productividad se define como la eficiencia en el uso de los recursos. Es el resultado de un flujo productivo continuo, una buena Programación, una alta confiabilidad y la optimización de los recursos utilizados en los procesos

constructivos. El Control de Productividad es el proceso a través del cual se mide la eficiencia de la ejecución lograda, se analiza la información y se identifican las acciones posibles para mejorarla, dentro de un proceso de Mejora Continua.

2.2.2 Informe de Productividad (IP)

El IP es un informe que mide la eficiencia con que se ejecutan las actividades que conforman el Proyecto, comparando la eficiencia real con la eficiencia prevista en el Presupuesto Meta. El Responsable del Control de Productividad, se define al inicio del Proyecto, y es el encargado de elaborar este informe.

La eficiencia se expresa como la cantidad de recursos consumidos por cada unidad de trabajo realizado.

En función al tipo de recursos controlados, se tienen normalmente dos Informes de Productividad:

IP de Mano de Obra:

Mide la eficiencia de una cuadrilla o equipo de trabajadores en el consumo de los recursos de Mano de Obra al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas hombre (HH), siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de la mano de obra. Por ejemplo, HH consumidas por tonelada de acero montado (HH/Ton) o HH consumidas por metro de zanja excavada (HH/m).

IP de Equipos:

Mide la eficiencia de una cuadrilla o pull de equipos en el consumo de los recursos de Equipos al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas máquina (HM). Sin embargo, no se puede usar la HM como unidad de

medida de la Productividad, ya que generalmente el pull de equipos está conformado por equipos diferentes entre sí (distintos en función, en potencia, en consumo de combustible, etc.). Para medir la Productividad del pull de equipos se traducen las H Ma su costo en dinero, siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de los equipos. Por ejemplo, dólares consumidos por metro cúbico de excavación masiva (\$/m³) o soles consumidos por metro cuadrado de preparación de terreno (S/. /m²).

Tener claro que el consumo de recursos expresado por unidad de trabajo se llama ratio. La cantidad de trabajo que ejecuta una cuadrilla se llama rendimiento.

2.2.2.1 Ratios Meta

Representan la eficiencia prevista para la ejecución de las actividades. Se obtienen de los análisis de precios unitarios del Presupuesto Meta, en función de la cuadrilla y del rendimiento previsto para ejecutar la actividad, tal como se muestra en la fig 2.2. En principio, se controlan todas las actividades definidas en la Estructura de Control (EDC), por lo que los ratios meta serán obtenidos de manera análoga a como fue elaborada la EDC.

Partida:	"Colocación y compactación de material de relleno"				
Metrado:	100,000 m ³				
Inicio :	01/06/2007				
Fin:	30/09/2007				
REND.	1300.00 m ³ /día				
Costo unitario por m ³ :	1.50				
DESCRIPCIÓN DEL RECURSO	UNIDAD	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$
Mano de Obra					
Capataz Civil	HH	1.00	0.007692	4.42	0.03
Peón	HH	4.00	0.030769	2.36	0.07
Operador Pesado	HH	3.50	0.026923	3.28	0.09
					0.19
Equipos					
Camión Cisterna 3000 gln 4x2 (Agua) 178-210 hp	HM	0.50	0.003846	24.99	0.10
Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 10-12 ton, 101-135 hp	HM	2.00	0.015385	31.56	0.49
Tractor de Orugas 260-360 hp	HM	1.00	0.007692	93.01	0.72
					1.31

REND. META MO= 0.07 hh/m³
REND. META EQ= 1.31 US\$/m³

Fig 2.2. Obtención de los ratios meta de mano de obra y equipos

2.2.2.2 IP de Mano de Obra

Compara los ratios de HH reales y previstos para cada partida de control, obteniendo el estado de Productividad de mano de obra del Proyecto, que se mide en HH ganadas o perdidas a la fecha. Con base en el análisis de los resultados obtenidos se puede proyectar un ratio para el saldo de Proyecto, obteniendo las HH ganadas o perdidas del saldo. Con la suma de ambas se obtiene las HH ganadas o perdidas proyectadas a fin de Proyecto.

En la fig 2.3 presenta un ejemplo de IP de mano de obra, en el que:

- Los avances y las HH reales se obtienen directamente de las fuentes ya indicadas.
- El valor de HH acumuladas previstas se obtiene de multiplicar el ratio previsto y el metrado acumulado actual.
- Los ratios reales son el resultado del cociente entre las HH utilizadas y el avance ejecutado.

IP MO ALCANTARILLADO												
OBRA : YANACOCHA 05										% Avance: Partida N° 1		18.8%
CONTROL DE AVANCE				SISPO			FECHA: 16-Jul-07 al 22-Jul-07					
Item	PARTIDAS DE CONTROL	und	AVANCE			HORAS HOMBRE			PRODUCTIVIDAD			
			Total	Acum. Actual	% Acum. Actual	PPTO	Acum. Previsto	Acum. Real	und	Ratio Previsto	Ratio Real Acum.	Ratio Real Semanal
1	Colocación y Compactación de Material de Relleno	m3	100,000	18,830	18.8%	7,000	1,318	1,335	hh/m3	0.07	0.071	0.068
2	Actividad B	m2	100,000	18,880	18.9%	2,000	378	345	hh/m2	0.02	0.018	0.017
3	Actividad C	m3	100,000	18,250	18.3%	35,000	6,388	6,610	hh/m3	0.35	0.362	0.361
HH Acum. previsto = Avance Acum. * Ratio previsto												
Ratio Real Acum. = HH Acum. / Avance Acum.												

Fig 2.3. Ejemplo de IP de mano de obra

Las HH ganadas o perdidas a la fecha se obtienen directamente de la diferencia entre las H Hacumuladas previstas y las HH acumuladas reales. El cálculo de las HH ganadas o perdidas a fin de Proyecto se muestra en la fig 2.4, en la que el ratio para el saldo es estimado por el Responsable del Control de Productividad y validado por el Gerente de Proyecto. Adicionalmente, las HH ganadas o perdidas pueden expresarse como un porcentaje de las HH previstas.

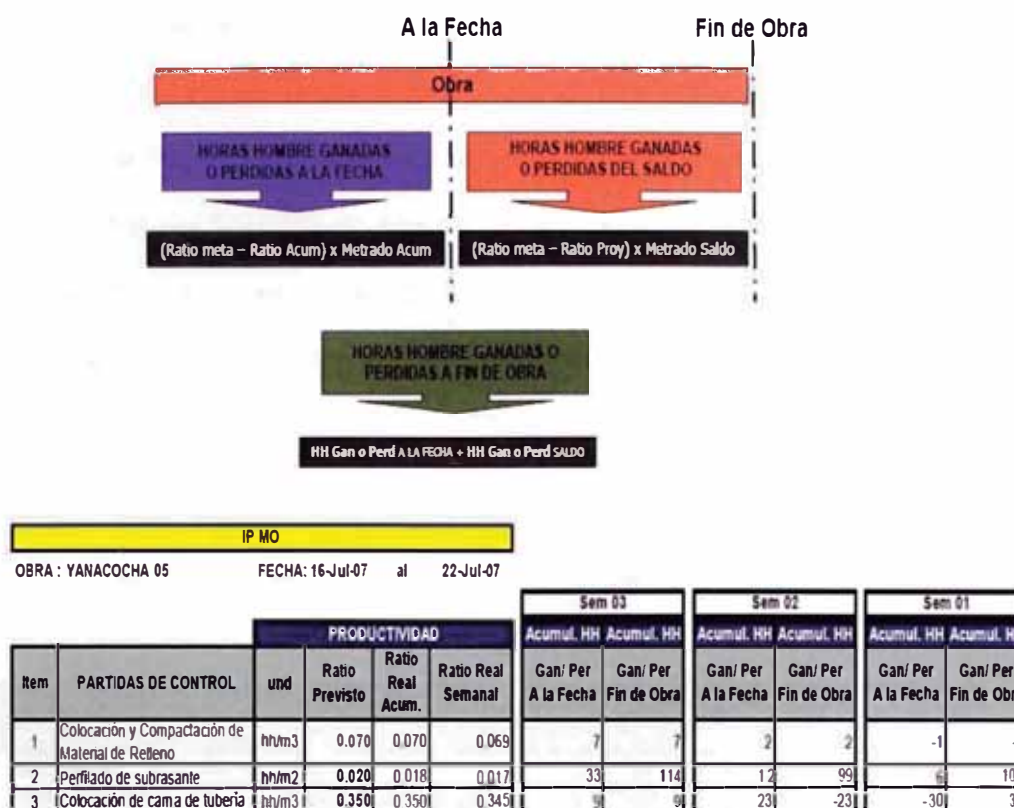


Fig 2.4. Cálculo de la proyección de HH ganadas o perdidas a fin de Proyecto

2.2.2.3 IP de Equipos

Compara los ratios de dinero, reales y previstos, para cada partida de control; obteniendo el estado de Productividad de equipos del Proyecto, que se mide en dinero ganado o perdido a la fecha. Con base en el análisis de los resultados obtenidos se puede proyectar un ratio para el saldo de Proyecto, obteniendo el valor de dinero ganado o perdido del saldo. Con la suma de ambos se obtiene el total de dinero ganado o perdido proyectado a fin de Proyecto.

La fig 2.6 presenta un ejemplo de IP de equipos, en el que:

- Los avances y las HM reales se obtienen directamente de las fuentes ya indicadas.

- Como ya se mencionó, las HM de los diversos equipos deben ser convertidas en dinero, a fin de obtener una unidad de medida homogénea de la Productividad de toda la cuadrilla de equipos. Para ello se usan las tarifas del Presupuesto Meta a fin de obtener un ratio en dinero compatible con el ratio meta. Para el ejemplo que se muestra en la fig 2.5, se ha utilizado como unidad monetaria el Dólar Americano (US\$).

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	SEMANA	PU
HM REALES PARA ESTE AVANCE	Camión Cisterna	HM	24	24.99
	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado	HM	98	31.56
	Tractor de Orugas	HM	49	93.01
HM REALES EN US\$	HM de Equipos en US\$	US\$	8,250	
	HM de Equipos en US\$ ACUM.	US\$	24,943	

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO	UNIDAD	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$	Parcial \$
Mano de Obra					
Capataz Civil	HM	1.00	0.007692	4.42	0.03
Peón	HM	4.00	0.030769	2.36	0.07
Operario Pesado	HM	3.70	0.026923	3.28	0.09
Equipos SISME					
			0.003846	24.99	0.10
			0.015385	31.56	0.49
			0.007692	93.01	0.72
					1.31

Costo real de las HM de la semana (US\$) = $\sum(HM*PU)$

Fig 2.5. Conversión de las HM en dinero

- El valor del dinero acumulado previsto, se obtiene de multiplicar el ratio previsto y el metrado acumulado actual.
- Los ratios reales son el resultado del cociente entre el dinero consumido y el avance ejecutado.

IP EQ												
OBRA : YANACOCHA 05										% Avance: Partida N° 1		18.9%
CONTROL DE AVANCE					SISME			FECHA:16-Jul-07 al 22-Jul-07				
Item	PARTIDAS DE CONTROL	und	Total	AVANCE		US\$			PRODUCTIVIDAD			
				Acum. Actual	% Acum. Actual	PPTO	Acum. Previsto	Acum. Real	und	Ratio Previsto	Ratio Real Acum.	Ratio Real Semanal
1	Colocación y Compactación de Material de Relleno	m3	100,000	18,940	18.9%	131,000	24,811	24,478	h/m3	1.310	1.292	1.281
2	Perfilado de subrasante	m2	100,000	18,880	18.9%	43,000	8,118	7,556	h/m2	0.430	0.400	0.390
3	Colocacion de cama de tubería	m3	100,000	18,370	18.4%	409,000	75,133	75,183	h/m3	4.090	4.093	4.040

Costo Acum. previsto = Avance Acum. * Ratio previsto

Precio Unitario Acum. = Costo real de HM Acum. / Avance Acum.

Fig 2.6. IP de equipos

El dinero ganado o perdido a la fecha se obtiene directamente de la diferencia entre el dinero acumulado previsto y el dinero acumulado real. El cálculo del dinero ganado o perdido a fin de Proyecto se muestra en la fig 2.7, en la que el ratio para el saldo es estimado por el Responsable del Control de Productividad y validado por el Gerente de Proyecto. Adicionalmente, el dinero ganado o perdido puede expresarse como un porcentaje del dinero previsto.

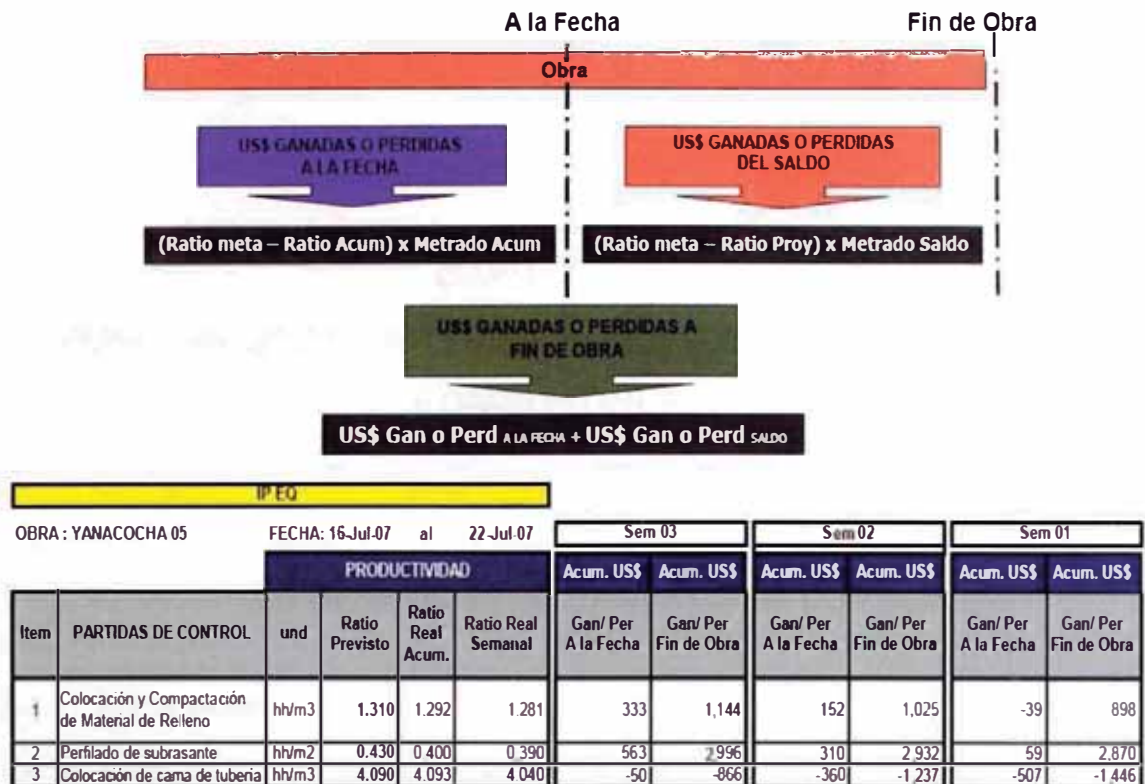


Fig 2.7. Cálculo de la proyección de dólares ganados o perdidos a fin de Proyecto

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS PARA EL CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

3.1 CONCEPTOS GENERALES DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN

3.1.1 El Par Motor

En un motor, la presión de los gases de combustión provoca en cada pistón un empuje que se transmite al cigüeñal a través de la biela. Este empuje del pistón crea una fuerza (F) y el cigüeñal constituye un brazo (l). La influencia de esta fuerza en relación a la longitud de este brazo se define por el producto $F \cdot l$, denominado momento de una fuerza.

Según el principio fundamental de la mecánica: acción = reacción, un motor no puede generar un par (acción) sino existe un par resistente (reacción). Así, el par motor está ligado al par resistente que es consecuencia del esfuerzo de trabajo solicitado al motor. El par máximo de un motor depende de la cilindrada, del índice de llenado de los cilindros, de la calidad de la combustión y de la cantidad de carburante inyectada por la bomba de inyección.

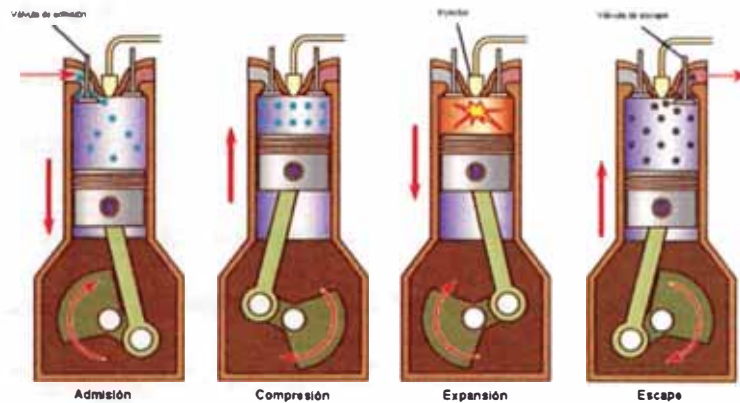


Fig 3.1. Motor de combustión interna a Diesel 4 tiempos

3.1.2 La Potencia

La potencia mecánica desarrollada realmente por un motor se expresa en vatios o en kilovatios y es el producto aritmético del par por la velocidad angular (ω) correspondiente:

$$\text{Potencia (kW)} = \frac{\text{Par (N.m)} \times \omega}{1000}$$

La velocidad angular o velocidad de rotación se debe diferenciar de la velocidad leída en el tacómetro (régimen del motor) que se expresa en vueltas por minuto (rpm). La velocidad angular ω se expresa en radianes por segundo (rd/s).

Una vuelta o 360° equivale a 2π radianes, y una vuelta por minuto a 2π rd/s / 60

La potencia puede entonces expresarse como:

$$\text{Potencia (W)} = \text{Par (N.m)} \times \frac{2\pi n}{60} (\text{rpm})$$

3.1.3 El Consumo Específico

El consumo de energía para la producción de trabajo mecánico representa un elemento de máxima importancia en todas las operaciones que requieran el uso de algún tipo de motor, en cuanto que constituye uno de los factores de producción.

Refiriéndonos al motor térmico de combustión interna, se define como consumo unitario de combustible o consumo específico la cantidad de combustible requerida por el motor por cada unidad de trabajo realizado en determinadas condiciones. En general, el consumo específico se expresa en gramos por kilowatio-hora (g/kWh). Por lo tanto, este parámetro puede considerarse como un indicador del rendimiento del motor ya que relaciona la cantidad de energía consumida para obtener una unidad de energía.

Conociendo el consumo específico es fácil calcular el rendimiento total.

Sabemos que $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$, por lo que $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$

Si C_s es el consumo específico (g/kWh) y H_i el poder calorífico del combustible (kJ/kg), el trabajo equivalente al consumo de combustible por kWh generado viene expresado:

$$\text{Trabajo} = \frac{C_s \times H_i}{1000} \text{ (kJ/kWh)}$$

Y para calcular el rendimiento, tendremos que dividir la energía generada entre la energía consumida. Si estamos generando 1 kWh, será:

$$\eta = \frac{3600000}{C_s \times H_i}$$

El consumo específico es una expresión del rendimiento de un motor ya que permite comparar la energía absorbida (gramos de carburante con un poder calorífico conocido) con la energía mecánica generada (kW.h).

El motor perfecto que transforma toda la energía que consume en trabajo no existe. El funcionamiento de un motor térmico se traduce inevitablemente por una serie de pérdidas térmicas directas, pérdidas térmicas indirectas y pérdidas mecánicas:

- Pérdidas Térmicas Directas: Son las que resultan del calor intercambiado en los sistemas de refrigeración y de escape.
- Pérdidas Térmicas Indirectas: Son especialmente producidas por el rozamiento interno del motor que se transforman también en calor.
- Pérdidas Mecánicas: Son las que se desprenden del accionamiento de los órganos indispensables del motor.

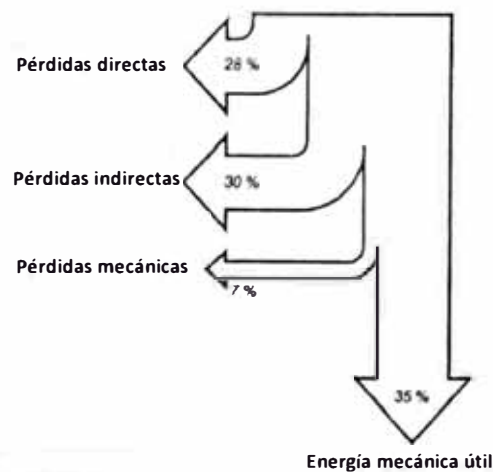


Fig 3.2. Reparto de pérdidas en un motor de combustión interna

El rendimiento de los motores diesel alcanza valores medios del 35%, lo que significa que solo transforman en energía el 35% de la energía que consumen. Este valor corresponde a una utilización óptima y puede ser mucho menor si el motor está mal utilizado. En la fig 3.2. se puede apreciar el reparto de las pérdidas.

3.1.4 Curvas Características

La representación gráfica de los tres parámetros analizados anteriormente es lo que se conoce con el nombre de curvas características de un motor.

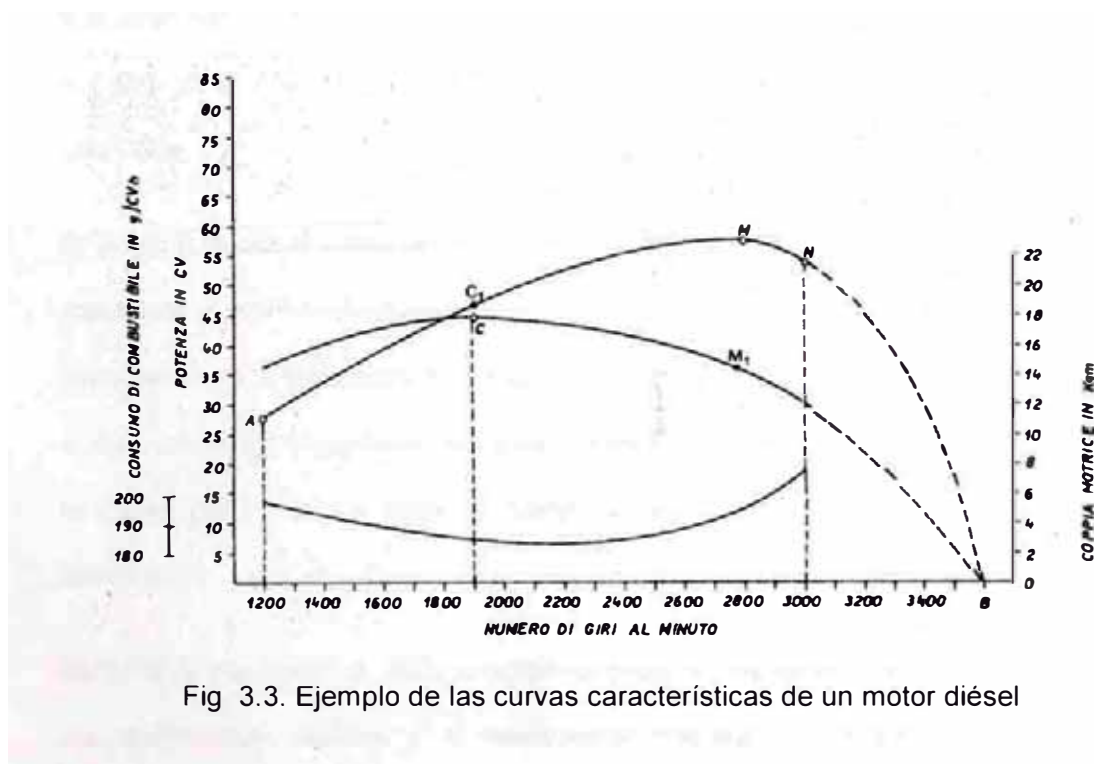
Estas representan las variaciones cuantitativas del par motor (M), de la potencia (N) y del consumo específico (Cs) en función de la velocidad de giro del motor.

En un motor ideal, el consumo horario sería proporcional a la velocidad del motor, ya que la cantidad de combustible inyectada en cada ciclo debería ser la misma. Por el mismo motivo, el par motor debería ser constante, la potencia proporcional a la velocidad y el consumo específico constante.

En realidad, las curvas características que se obtienen en un ensayo de potencia al freno tienen una forma mucho más irregular.

Hay que señalar que las curvas características que vamos a estudiar a continuación se definen a plena carga, es decir, en la posición de la cremallera de la bomba de inyección que suministra la máxima cantidad de combustible.

En la realidad las curvas son como las que aparecen en la fig 3.3.



Examinando las curvas podemos apreciar como la potencia aumenta con el número de revoluciones hasta un valor máximo (punto M), a partir del cual disminuye.

El punto N representa el valor de la potencia al régimen máximo permitido por los órganos del motor. Si avanzamos a la derecha de N (línea de puntos) la potencia continúa disminuyendo hasta anularse totalmente en B, pero en la práctica esta determinación no se realiza.

La pérdida de potencia hacia la derecha del punto M es debida a la rápida disminución del rendimiento volumétrico y del rendimiento mecánico, el cual se reduce con el número de revoluciones.

Además, las resistencias que ofrecen las partes mecánicas en movimiento, el bombeo y las necesarias para el accionamiento de los órganos auxiliares aumentan notablemente con la velocidad elevada, con una progresión cada vez mayor, tanto que absorberían en el hipotético punto B todo el trabajo producido por la expansión del gas en el cilindro sin dejar ningún margen disponible en el cigüeñal para su utilización.

El punto A indica el límite de revoluciones por debajo del cual el motor no es capaz de vencer el momento resistente, ya que a causa de la baja velocidad de rotación la carburación (o la temperatura al final de la compresión) son insuficientes por cuanto el aire, al comprimirse lentamente permanece mucho más tiempo en contacto con la pared del cilindro y cede a través de las paredes gran parte del calor de compresión.

Durante la marcha en A, toda la potencia desarrollada en el cilindro se absorbe por las resistencias pasivas y el rendimiento mecánico (relación entre el trabajo indicado y el trabajo efectivo) resulta nulo.

Como se aprecia en el diagrama, el régimen de giro correspondiente a la potencia máxima (punto M) no es el mismo en el cual se verifica el par máximo (punto C). En general este último es más bajo.

El par máximo se verifica al régimen en el cual el rendimiento total es máximo, y depende, para cada motor, de las características constructivas.

Se aprecia pues que, partiendo del régimen de giro máximo (n_{max}) y desplazándonos hacia la zona de régimen más bajo, el par motor aumenta. Este hecho es de gran utilidad para situaciones de tracción y se analizará posteriormente.

Del examen de las curvas características se puede establecer el intervalo adecuado para la utilización del motor. Es obvio que este intervalo estará comprendido entre el régimen de giro al cual corresponde el par motor máximo (punto C) y el correspondiente a máxima potencia (punto M). La utilización resultará ideal si además se sitúa en el intervalo de menor consumo específico.

3.2 TRACCIÓN EN LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE

3.2.1 Esfuerzo de Tracción

El esfuerzo de tracción corresponde a la fuerza horizontal generada por un equipo para lograr moverlo. La potencia de tracción es el producto del esfuerzo de tracción por la velocidad de avance. En la fig 3.4 se incluye un ejemplo del balance de utilización de la potencia de un equipo; este balance nos indica claramente que la potencia de tracción disponible se ve afectada muy directamente por las pérdidas por resistencia a la rodadura y por el resbalamiento.

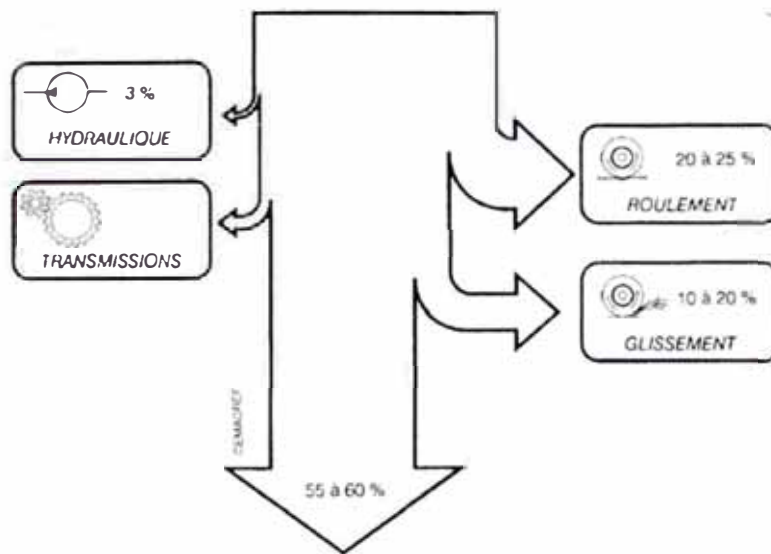


Fig 3.4. Balance de utilización de la potencia de tracción de un equipo

3.2.2 Resistencia a la Rodadura

La fuerza o el esfuerzo de rodadura es la fuerza horizontal que se debe ejercer para asegurar el desplazamiento del propio equipo. Está ligada a la energía consumida debida a la deformación de las ruedas y a su penetración en el suelo. La resistencia a la rodadura es tanto más elevada cuanto más pesado es el vehículo, cuanto mayor es la deformación de los neumáticos y cuanto más desmenuzado y suelto está el terreno.

Cuando gira, una rueda sometida a un peso P encuentra una reacción del suelo R_s , de la misma intensidad pero con la línea de acción desplazada una distancia " l ", por delante del eje de la propia rueda. Para un peso dado, esta distancia varía según la naturaleza del terreno y de las características de los neumáticos (perfil de la banda de rodadura, dimensiones, presión, etc.).

La reacción del suelo R_s y el desplazamiento " l " forman un par $R_s \cdot l$ que se opone al avance. Este par es igual a una fuerza de rodadura FR que ejercería sobre el eje de

la rueda un par contrario al par motor de un valor $FR \cdot r$ (siendo r del radio de la rueda).

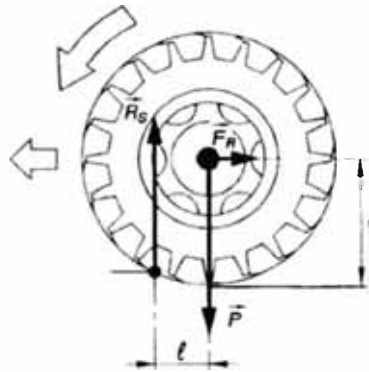


Fig 3.5. Representación gráfica de la Fuerza de rodadura

$$FR = \frac{l \times R_s}{r}$$

- Cuanto mayor es el peso sobre las ruedas de un equipo, mayor es la fuerza de resistencia a la rodadura.
- Cuanto mayor es el diámetro de las ruedas, menor es la resistencia a la rodadura.
- Cuanto mayor es la presión de los neumáticos, más tiende a aumentar la resistencia a la rodadura sobre un suelo suelto, ya que la deformación de los neumáticos es menor, se hunden más en el suelo y la desviación l es mayor. Al contrario, en suelo duro, el aumento de la presión de los neumáticos genera una reducción de la fuerza de rodadura ya que disminuye l .

A lo largo de este tema veremos que la fuerza de rodadura y el resbalamiento son dos parámetros contradictorios que obligan al operador a comprobar continuamente el peso y las regulaciones de los neumáticos para establecer el punto óptimo de trabajo.

3.2.3 Resbalamiento y Adherencia

Los trabajos de transporte de material excavado requieren de importantes esfuerzos de tracción. Con el fin de limitar un consumo excesivo de combustible y un desgaste innecesario de los neumáticos, este tipo de trabajos deben realizarse en condiciones adecuadas de adherencia, para transmitir el par de tracción necesario con el mínimo resbalamiento.

Resbalamiento:

Supongamos que, en lugar de recorrer por cada vuelta una distancia igual a su circunferencia (D), una rueda motriz recorre una distancia menor (d). El resbalamiento (g) se expresa como porcentaje por la relación:

$$g \% = \frac{D - d}{D} \times 100$$

Adherencia:

De manera general, se dice que existe adherencia cuando dos superficies resisten al resbalamiento de una sobre la otra. En este caso se denomina coeficiente de adherencia (Ca) al cociente entre la fuerza (Fr) que tiende a hacer deslizar las superficies, y la fuerza perpendicular (P) que junta las superficies una contra otra:

$$Ca = \frac{Fr}{P}$$

Este fenómeno es bastante complejo, ya que la adherencia depende del estado y de la naturaleza del suelo, de la superficie de contacto con el suelo y del dibujo de los neumáticos. Para suelos se utiliza entonces lo que se denomina coeficiente de tracción (Ct). El coeficiente de tracción de un vehículo corresponde al cociente del

esfuerzo aplicado al neumático (F_R) por el peso (P) también denominado peso dinámico, sobre las ruedas motrices:

$$C_t = \frac{F_R}{P}$$

La adherencia es la capacidad de los elementos de tracción para utilizar su propio peso para moverse y realizar un esfuerzo de tracción, para un valor dado del resbalamiento. Esta adherencia es la que permite al equipo autopropulsarse y ejercer un esfuerzo de tracción sobre los neumáticos. Por eso, el trabajar en buenas condiciones de adherencia permite el transmitir el par de tracción necesario con un resbalamiento lo más pequeño posible.

Tomemos el ejemplo de tres tractores (A), (B) y (C); el tractor (A) se utiliza para una preparación superficial del suelo, y los tractores (B) y (C) se utilizan para los trabajos de laboreo primario:

	Tractor A	Tractor B	Tractor C
Carga vertical sobre las ruedas motrices	6 000 kg	4 000 kg	5 000 kg
Esfuerzo de tracción en las ruedas	1 500 kg	2 000 kg	2 000 kg
Coefficiente de tracción	0,25	0,5	0,4
Resbalamiento medido	9 %	18 %	16 %

Fig 3.6. Ejemplo de utilización de 03 tractores

Analizando los datos de la fig 3.6, el tractor (A) tiene la carga vertical más elevada y el deslizamiento más bajo; el tractor (B) tiene un coeficiente de tracción y un resbalamiento dos veces más elevado que (A) y el tractor (C) genera un esfuerzo de tracción idéntico a (B) con menor resbalamiento. A pesar de las apariencias, la gráfica muestra que los tractores (A) y (B) tienen la misma adherencia (están en la misma curva de adherencia), mientras que el tractor (C) tiene menor adherencia;

para que este último tenga la misma adherencia que los otros dos, sería necesario que su deslizamiento fuera del 14,4 %.

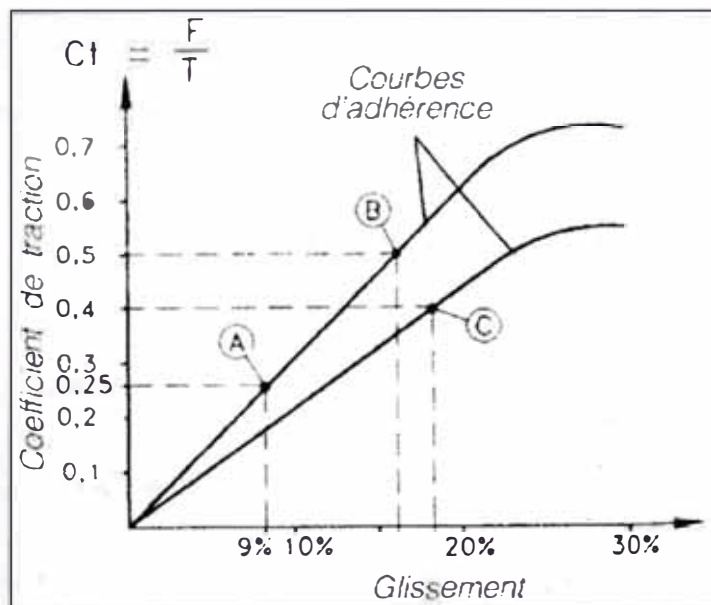


Fig 3.7. Curva de Adherencia

Soluciones para mejorar la adherencia y reducir el resbalamiento

- El aumento de la superficie de contacto con el suelo: Es posible utilizar neumáticos anchos y de gran diámetro, reducir la presión de inflado dentro de los límites autorizados, utilizar ruedas gemelas o cadenas.
- Para reducir el resbalamiento con un esfuerzo de tracción constante, puede incrementarse la carga vertical sobre las ruedas motrices utilizando, según los casos, dispositivos de lastrado (masas o llenado de agua de los neumáticos de tracción).

Es importante recordar, no obstante, que la reducción del resbalamiento por un lastrado excesivo conduce a incrementar las pérdidas por resistencia a la rodadura. Por ello, para cada situación existe un compromiso que depende del estado y naturaleza del suelo, del tipo de trabajo a realizar.

3.3 CÁLCULO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

La fuerza de resistencia total F , puede determinarse considerando las cargas que se oponen al movimiento, Boisseaux (1969) y Bosch (1994). Por medio de un análisis del equilibrio tenemos que:

$$F = F_t + F_R + F_a$$

Donde:

F : Fuerza de Resistencia Total

F_t : Resistencia debida a los rozamientos mecánicos de la transmisión

F_R : Resistencia a la Rodadura

F_a : Resistencia opuesta al aire

En la resistencia F_t interviene el rendimiento de la transmisión η_{tr} , que puede ser deducido de la potencia que tendrá que suministrar el motor. Para buenas transmisiones este valor se encuentra entre 0,85 y 0,90 y en motores de montaje transversal es posible alcanzar valores de 0,91 a 0,95. La resistencia F_R , puede determinarse con la siguiente expresión:

$$F_R = M \cdot g \cdot C_t \quad [N]$$

Donde:

M : Masa del vehículo [kg]

g : Aceleración de la gravedad (~ 10 [m/s²])

C_t : Coeficiente de tracción o rodadura

El coeficiente de tracción C_t o rodadura es adimensional, y también puede expresarse de la siguiente forma:

$$C_t = \frac{l}{r}$$

El valor del coeficiente de tracción C_t , es característico de cada sistema y depende de:

- La rigidez o dureza de la rueda y de su superficie.
- Del radio de la rueda.
- De la carga a que se someta cada rueda.
- En el caso de ruedas neumáticas, de su presión de inflado.
- La temperatura, acabado de las superficies en contacto, velocidad relativa, etc.

En la fig 3.8. se muestran algunos coeficientes de tracción o rodadura representativos según el tipo de suelo en el que se encuentre trabajando el vehículo.

Tipo de terreno	Coficiente de rodadura
Cemento	0,0125
Asfalto	0,03
Terreno natural	0,08
Terreno barroso	0,11
Arena	0,3

Fig 3.8. Curva de Adherencia

Finalmente, la resistencia opuesta por el aire F_a para un vehículo en marcha, puede determinarse por medio de:

$$F_a = \frac{C_x \cdot \rho_a \cdot S \cdot V^2}{2} \quad [N]$$

Donde:

Cx: Coeficiente de resistencia aerodinámico

ρ_a : Densidad del aire [kg/m³]

S: Sección proyectada del vehículo en dirección del movimiento [m²]

V: Velocidad relativa del móvil respecto a la masa de aire que lo rodea [m/s]

Considerando una densidad del aire de 1,25 [kg/m³], la expresión anterior queda:

$$F_a = \frac{C_x \cdot S \cdot V^2}{1.6} \quad [N]$$

En la fig 3.9., se muestran algunos valores de coeficientes de resistencia aerodinámicos Cx para diferentes vehículos, extraído de Boisseaux, M. (1969), Mataix, C. (1993), Giles, R.V. (1993), Bosch, R. (1994) y Morelli, A. y Di Giusto, N. (1996).

. Coeficientes de resistencia aerodinámicos para diferentes vehículos.	
Tipos de vehlculos	Coef. De resistencia aerodinámicos c _x
Bicicleta típica con ciclista	0,90
Coche de F1	0,70 a 1,10
Camión típico	> 0,60
Citrón 2CV	0,51
Fiat 125	0,42
Volkswagen (escarabajo)	0,38
Ferrari Testarossa (1986)	0,36
Ford Sierra	0,34
Audi A3 (2006)	0,33
Renault 19 (1988)	0,31
Fiat Uno (1989)	0,30
Alfa Romeo 155 (1992)	0,29
Citrón C4 (2004)	0,28
Toyota Camry Hybrid (2007)	0,27
Automóviles experimentales	0,14 – 0,20

Fig 3.9. Tabla de Coeficientes de resistencia aerodinámicos

3.3.1 Potencia Necesaria

El próximo paso será determinar la potencia necesaria para vencer las distintas resistencias a una velocidad cualquiera.

$$N_e = F \cdot V = (F_t + F_r + F_a) \cdot V \quad [\text{W}]$$

$$N_e = F_t \cdot V + 10 \cdot M \cdot Ct \cdot V + Cx \cdot S \cdot \frac{V^3}{1.6} \quad [\text{W}]$$

$$N_e = F_t \cdot V + N \quad [\text{W}]$$

Donde N [W] es la potencia debida a las cargas exteriores.

Esta potencia N_e debe ser provista por el motor y puede ser definida también haciendo intervenir el rendimiento de la transmisión. Llevando la expresión a kilowatios, nos queda:

$$N_e = \frac{N}{\eta_{tr}} = \left(10 \cdot M \cdot Ct \cdot V + Cx \cdot S \cdot \frac{V^3}{1.6} \right) \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{\eta_{tr}} \right) \quad [\text{kW}] \dots (1)$$

Con la expresión (1), puede determinarse la potencia necesaria en el motor. Ahora debemos relacionar esta ecuación con los consumos de combustible, para encontrar la expresión general que indique la cantidad de energía o masa de combustible requerida por unidad de distancia recorrida. Para ello, definimos como consumo horario de un motor de combustión interna, según Marchese (2008), a: B [kg/h], y para el consumo específico: $be = B/N_e$ [kg/kWh], de forma que:

$$B = N_e \cdot be \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] \dots (2)$$

Por lo tanto el consumo total será:

$$B_T = B \cdot t \quad [\text{kg}] \dots (3)$$

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

4.1 GENERAL

El presente alcance de trabajo se refiere a las actividades y responsabilidades que asumirá el Contratista del Contrato para la ejecución de las obras de urbanización de las instalaciones del Campamento 52 del Proyecto Conga, de Minera Yanacocha SRL ubicado en la región de Cajamarca.

El Campamento 52 incluye edificios para habitación e instalaciones auxiliares, como: Lavandería, Cocina y Comedor, Estación de Primeros Auxilios, Edificios de Recreación, Edificio de Oratoria, Administración y Garita.

Se tiene también instalaciones auxiliares para los servicios requeridos por el Campamento; que son tanques de agua y Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.

A través de las obras a ejecutar en este Contrato todas las instalaciones que conforman el Campamento 52, las plantas de tratamiento y sus tanques quedarán con todos los servicios listos para ser operados. Básicamente los servicios a ejecutar en este Contrato son el sistema de colección de aguas de lluvias, cercos y señales, terminación superficial de plataformas, red para distribución de agua potable, red para distribución de electricidad, red de agua contra incendio, red o

lectora de aguas servidas, iluminación general de las áreas, malla de tierra y protección contra descargas atmosféricas.

La ejecución del Campamento 52 comprende varios contratos que complementan a las obras de urbanización, de los cuales se mencionan los siguientes: movimiento de tierras masivo para las plataformas y caminos, suministro y construcción de todos los edificios que conforman el Campamento, planta de tratamiento de aguas servidas, planta de tratamiento de agua potable y el tanque para agua potable. En consecuencia durante el desarrollo de las obras de este Contrato se deberá considerar la coordinación con otros contratistas que estarán trabajando en el área.

La fecha de inicio contractual del proyecto adjudicado al contratista fue el 26.04.11 para una duración contractual de 278 días de trabajo efectivo, la fecha final contractual fue el 29.01.12. El monto total del contrato fue de 15,310,813.17 USD. El desarrollo del proyecto fue tipo FastTrack, el tipo de contrato fue de Tiempo-Materiales.

4.2 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO – ESPECÍFICO

El Contratista deberá ejecutar todas las actividades de suministro y construcción para la materialización de todos los sistemas requeridos para la operación del Campamento 52, según lo que se define en el presente alcance de trabajo y en los planos y documentos integrantes del Contrato.

Básicamente las actividades a ejecutar, según cada disciplina, son las siguientes:

4.2.1 Actividades de Obras Civiles

- Canales interceptores de escurrimiento de aguas de lluvias en el perímetro del campamento.

- Zanjas revestidas, badenes, cunetas y bajadas para conducción de aguas lluvias al interior del campamento.
- Pavimentos granulares de calles interiores y estacionamientos.
- Soleras.
- Cercos y puertas.
- Señalización caminera.
- Defensas camineras.
- Protección de taludes.
- Suministros de equipos y materiales.
- Piscina: Volumen=2,100 m³.

4.2.2 Actividades de Concreto y Estructuras

- Cimentación Planta Elevadora Agua Servidas.
- Cimentación para Bombas Impulsión en Piscina.
- Cimentaciones Generadores y Transformadores.
- Suministros de Equipos y Materiales.

4.2.3 Actividades de Tuberías

- Sistema de Alimentación de Agua Fresca al Campamento.
- Sistema para elevar agua desde la Piscina de V=2,100 m³ hasta el Tanque de Agua de Incendio y Fresca.
- Ejecución de la Tubería Matriz y Red de Distribución de Agua Potable.
- Ejecución de la Tubería Matriz y Red de Distribución de Agua Contra Incendio.
- Ejecución de la Red Colectora de Aguas Servidas.

- Ejecución de Planta Elevadora de Aguas Servidas.
- Sección de Tubería desde ambas Plantas de Tratamiento hasta Poza Muñeca.

4.2.4 Actividades de Electricidad

- Malla de puesta a tierra.
- Generadores de emergencia.
- Bancos de ductos.
- Montaje subestaciones tipo pole-mounted.
- Distribución subterránea en 22.9 kV.
- Línea aérea 22.9 kV.
- Distribución en 480 V y 380 V.
- Alumbrado exterior.
- Protección contra tormentas.

4.3 TRABAJOS EXCLUIDOS DEL CONTRATO

- Ejecución de los edificios que conforman el Campamento.
- Provisión, instalación y comisionamiento de la red de paneles de incendio entre los edificios.
- La interrupción del anillo de cable de fibra óptica OPGW existente que rodea las instalaciones de Yanacocha, así como también el montaje y conexionado del splice box comprendido en la interrupción mencionada.
- Red de TV satelital y Red de fibra óptica.
- Cercos metálicos en las plantas de tratamiento de aguas usadas y agua potable.

CAPÍTULO V

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE HORAS DE PARALIZACIÓN POR TORMENTAS ELÉCTRICA Y LLUVIAS

Debido a los sucesos climatológicos anómalos que sucedieron durante la etapa de ejecución del proyecto, la gerencia tomo la decisión de cuantificar los sobre costos que estas generaban al proyecto, con la finalidad futura de presentar un posible reclamo al Cliente.

Como primer paso se encargó al equipo de control de proyecto que elabore un cuadro de control de estas tormentas eléctricas (Ver Anexo 3), para calcular el número de horas perdidas diariamente y posteriormente calcular el monto de dinero involucrado.

Para el cálculo de las paralizaciones a causa de las tormentas eléctricas y lluvias se consideró lo siguiente:

5.1 RETRASOS POR LLUVIAS Y TORMENTAS

Es el registro de la hora de inicio y fin de las tormentas eléctricas acontecidas a lo largo del día, para ello se contó con los detectores de tormentas debidamente calibrados, esta actividad estuvo bajo la responsabilidad del área de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente, los cuales dispusieron de personal calificado para el correcto registro.

Cabe aclarar que estos datos eran incluidos en los reportes diarios al Cliente para tener el sustento aprobado de las ocurrencias climatológicas.

5.2 RETRASOS POR MOMENTOS DE REFUGIO

5.2.1 Removilización de Trabajadores

El significado de este retraso es el tiempo que le toma a todo el personal llegar a los frentes de trabajo luego de confirmado el fin de la tormenta eléctrica.

Se hizo un análisis de la distancia entre los refugios y los frentes de trabajo y el tiempo considerado para nuestro caso fue de 15 min.

5.2.2 Mejoramiento de las condiciones de trabajo para el reinicio de las actividades

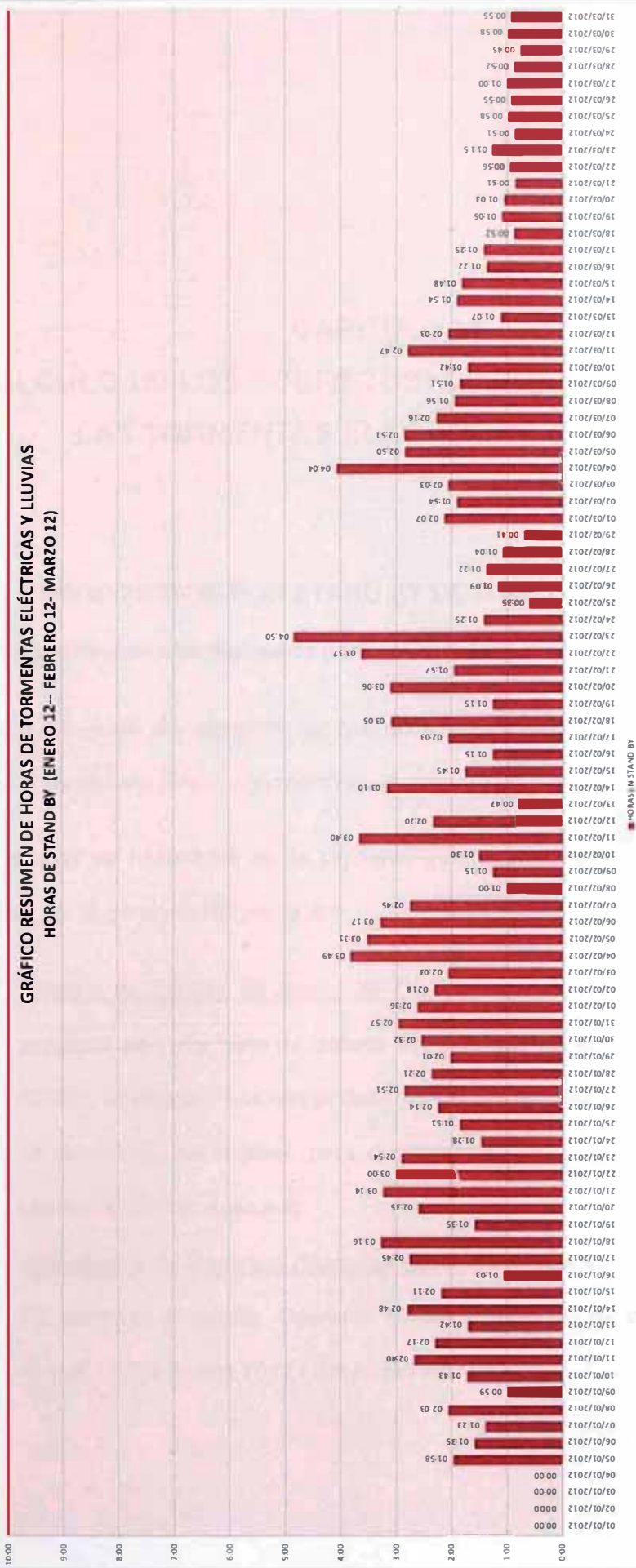
Es el tiempo que tarda la cuadrilla en reacomodar sus herramientas, encender equipos, drenar si fuera necesario, verificar que las condiciones de seguridad sean las adecuadas, etc. para poder dar reinicio a sus labores.

El tiempo estimado para nuestro caso fue de 15 min.

5.2.3 Reinicio de trabajos cancelado

En ocasiones ya no era conveniente retornar al frente de trabajo, debido a que la tormenta eléctrica terminaba pocos minutos antes de finalizar la jornada, entonces se decidía dar por terminado el día. Se contabilizaban estos minutos y se sumaban a la bolsa de horas paralizadas del día.

**GRÁFICO RESUMEN DE HORAS DE TORMENTAS ELÉCTRICAS Y LLUVIAS
HORAS DE STAND BY (ENERO 12-- FEBRERO 12-- MARZO 12)**



CAPÍTULO VI

CÁLCULO DE LOS SOBRECOSTOS POR EL IMPACTO DE LAS TORMENTAS ELÉCTRICAS Y LLUVIAS

6.1 SOBRECOSTOS POR STAND BY DE MANO DE OBRA

6.1.1 Documentación necesaria para el Cálculo

Como primer paso se calcularán los sobrecostos que se generan al tener a todo el personal paralizado (Stand By) mientras se espera que pase la tormenta eléctrica.

Para lo cual se necesitará de la siguiente información, debidamente revisada y validada por la gerencia del proyecto:

- Cuadro de Tarifas de Mano de Obra: Es el costo en el que incurre el proyecto por una hora de trabajo del personal obrero (Capataz, Operario, Oficial, Ayudante). Las tarifas deberán ser las que estuvieron en vigencia en la temporada de análisis, para nuestro caso, los meses de enero 2012 a marzo 2012 (Ver Anexo 4).
- Histograma de Recursos (Mano de Obra): Es el registro diario de la cantidad de personal (Capataz, Operario, Oficial, Ayudante) durante los meses de enero 2012 a marzo 2012 (Ver Anexo 6).

- Registro de Lluvias y Tormentas Eléctricas: Se registra la cantidad de horas por día que estuvieron paralizadas las labores a causa de las tormentas eléctricas y lluvias (Ver Anexo 3).

6.1.2 Cálculo de los sobrecostos

Para los cálculos vamos a necesitar de una formula muy sencilla:

$$\sum (\text{Sobrecosto diario}) = \sum (N^{\circ} \text{Personas} \times \text{Horas StandBy} \times \text{Tarifa MO})$$

Frente de Trabajo	USD
Movimiento de Tierras	128,701.95
Obras Civiles	103,321.61
Obras Sanitarias	82,624.84
Obras Eléctricas	68,066.97
TOTAL	382,715.37

Fig 6.1. Cálculo de los Sobrecostos de Stand By de Mano de Obra

Para mayor detalle de los sobrecostos diarios de los meses de enero 2012 a marzo 2012 ver Anexo 8.

6.2 SOBRECOSTOS POR STAND BY DE EQUIPOS

6.2.1 Documentación necesaria para el Cálculo

Para el cálculo de los sobrecostos por stand by de equipos se necesitará de la siguiente información:

- Cuadro de Tarifas de Equipos: Es el costo en el que incurre el proyecto por una hora de Alquiler de los equipos operativos en el proyecto. Las tarifas

deberán ser las que estuvieron en vigencia en la temporada de análisis, para nuestro caso, los meses de enero 2012 a marzo 2012 (Ver Anexo 5).

- Histograma de Recursos (Equipos): Es el registro diario de la cantidad de equipos operativos en el proyecto, durante los meses de enero 2012 a marzo 2012 (Ver Anexo 7).
- Registro de Lluvias y Tormentas Eléctricas: Se registra la cantidad de horas por día que estuvieron paralizadas las labores a causa de las tormentas eléctricas y lluvias (Ver Anexo 3).

6.2.2 Cálculo de los Sobrecostos

Para los cálculos vamos a necesitar de una formula muy sencilla:

$$\sum (\text{Sobrecosto diario}) = \sum (\text{N}^\circ \text{Equipos} \times \text{Horas StandBy} \times \text{Tarifa EQ})$$

Frente de Trabajo	USD
Movimiento de Tierras	189,399.26
Obras Civiles	13,062.27
Obras Sanitarias	11,075.07
Obras Eléctricas	11,619.59
TOTAL	225,156.19

Fig 6.2. Cálculo de los Sobrecostos de Stand By de Equipos

Para mayor detalle de los sobrecostos diarios de los meses de enero 2012 a marzo 2012 ver Anexo 9.

6.3 SOBRECOSTOS POR DISMINUCIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA MANO DE OBRA

Ahora que tenemos clara la definición de eficiencia (Ver Sección 2.2), procederemos a analizar el efecto de las lluvias en la productividad del proyecto.

6.3.1 Análisis del efecto de las lluvias en la Productividad del Proyecto

Vamos a mostrar como ejemplo particular el análisis hecho a una partida de control (Ver Anexo 2), hemos escogido de manera aleatoria la partida “E030: Sistema de Cableado de Media Tensión 22.9 kV”.

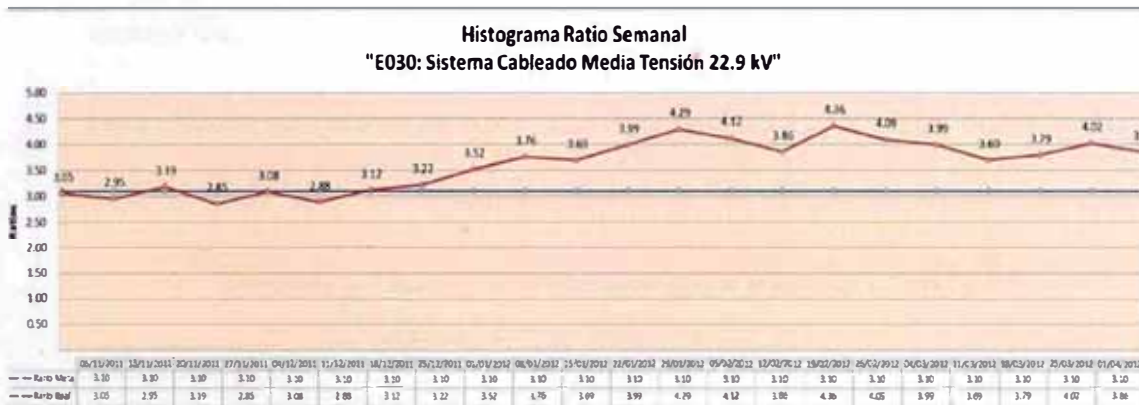


Fig 6.3. Evolución del ratio real de los trabajos del Sistema de Media Tensión 22.9 kV

De la fig 6.3 se puede observar que el ratio real de esta partida de control (E030) se incrementa durante la temporada de lluvias de manera significativa, cabe recordar que cuando el ratio de una actividad aumenta significa que se está utilizando mayor cantidad de recursos para ejecutar una unidad de trabajo.

Ahora para saber si se está perdiendo o ganando dinero en la actividad, bastará comparar el ratio real contra el ratio meta (Ver Sección 2.2).

Concluimos que durante los meses de Enero 2012 a Marzo 2012 esta partida genera pérdida al proyecto por la sobre utilización de recursos (Disminución de la productividad).

6.3.2 Cálculo de los sobrecostos por disminución de la eficiencia de la mano de obra

Se necesita para este caso el registro histórico de los ratio reales diarios de todas las partidas de control del Proyecto (Ver Anexo 10), así como el metrado ejecutado en esos tres meses de evaluación (Enero 2012 a Marzo 2012).

Para calcular los dólares perdidos (Ver Sección 2.2.2.2) por efecto de las lluvias en la eficiencia del proyecto usaremos la siguiente formula:

$$P\acute{e}rdida = (Ratio Real - Ratio Meta) \times Metrado \times Tarifa HH$$

El cálculo se tendrá que realizar a cada una de las partidas de control del proyecto.

Frente de Trabajo	USD
Movimiento de Tierras	302,164.31
Obras Civiles	164,271.03
Obras Sanitarias	79,395.66
Obras Eléctricas	70,179.00
TOTAL	616,010.01

Fig 6.4. Cálculo de los Sobrecostos por disminución de la Productividad.

Para mayor detalle de los sobrecostos calculados por improductividad causada por las lluvias durante los meses de Enero 2012 a Marzo 2012 a cada partida de Control Ver Anexo 11.

6.4 SOBRECOSTO POR INCREMENTO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En el proyecto se presentaron horas de lluvias tan intensas que convertían a las vías de acceso hacia las canteras y botaderos en un fuerte problema para nuestros equipos de transporte (Volquetes 15 m³ de capacidad), esto debido a que el diseño de estos había sido precario y el agua de las precipitaciones terminaba empozándose y deteriorando las vías, tal como lo explicamos en la Sección 3 el estado de las vías juega un rol muy importante en el desempeño de los equipos, ya que puede favorecer o en nuestro caso disminuir el rendimiento de los equipos.

6.4.1 Determinación de los parámetros para el cálculo de consumo de combustible

Los volquetes utilizados eran de la marca IVECO con capacidad de 15 m³, entonces procedemos a calcular la masa del volquete con carga.

Se considera lo siguiente:

Eficiencia de Carguío	85.0%
Densidad Tierra Húmeda (Kg/m ³)	1450
Capacidad de Volquete (m ³)	15

Entonces:

Peso del Volquete (kg)	12500
Peso de la Carga (kg)	18488
Peso Total Volquete Cargado (kg)	30988

Ahora bien, para el cálculo del consumo de combustible vamos a definir los siguientes parámetros:

		Terreno Barroso	Terreno Normal
Masa del Vehículo (Kg)	M	30988	30988
Aceleración de la gravedad (m/s ²)	g	10	10
Coefficiente de tracción o rodadura	C _t	0.11	0.08
Coefficiente de resistencia aerodinámico	C _x	0.60	0.60
Densidad del aire (kg/m ³)	ρ _a	1.25	1.25
Sección proyectada del vehículo (m ²)	S	15.00	15.00
Velocidad relativa del móvil respecto al aire (km/h)	V	35.00	35.00
Eficiencia de la transmisión	η _{tr}	0.93	0.93
Consumo específico de Combustible (kg/kW-h)	b _e	0.250	0.250
Precio de Combustible Diesel D2 (Soles/gln)	Tarifa	12.31	12.31
Densidad del Diesel D2 (gr/cm ³)	ρ _{comb}	0.830	0.830

Nótese que el único valor que vamos a variar es el Coeficiente de tracción, ya que es el único valor que varía según sea el estado del terreno, los valores fueron elegidos según se muestran en las figuras de la sección 3.3 y de los datos de la ficha técnica del volquete.

6.4.2 Cálculo del consumo de combustible según el tipo de terreno

Como primer paso debemos calcular la potencia debido a las cargas externas N [W].

		BARROSO	NORMAL
Masa del Vehículo (Kg)	M	30987.50	30987.50
Aceleración de la gravedad (m/s ²)	g	10.00	10.00
Coefficiente de rodadura	f	0.11	0.08
Resistencia a la rodadura (N)	R_r	34086.25	24790.00

		BARROSO	NORMAL
Coefficiente de resistencia aerodinámico	C_x	0.60	0.60
Densidad del aire (kg/m ³)	ρ_a	1.25	1.25
Sección proyectada del vehículo (m ²)	S	15.00	15.00
Velocidad relativa del móvil respecto al aire (m/s)	V	9.72	9.72
Resistencia opuesta al aire	R_a	531.68	531.68

Calculadas las fuerzas externas, procedemos a hallar la potencia debido a las cargas externas:

		BARROSO	NORMAL
Cargas externas	$R_r + R_a$	34617.93	25321.68
Velocidad relativa del móvil respecto al aire (m/s)	V	9.72	9.72
Potencia debido a las cargas externas (kW)	N	336.56	246.18

Como último paso procedemos a calcular la Potencia Necesaria Bruta (kW).

		BARROSO	NORMAL
Eficiencia de la transmisión	η_{tr}	0.93	0.93
Potencia debido a las cargas externas (kW)	N	336.56	246.18
Potencia Necesaria Bruta (kW)	N_e	361.90	264.71

Ahora con la Potencia Necesaria calculada, vamos a calcular el consumo horario del volquete:

		BARROSO	NORMAL
Potencia Necesaria Bruta (kW)	N_e	361.90	264.71
Consumo específico de Combustible (kg/kW-h)	b_e	0.250	0.250
Consumo Horario (kg/h)	B	90.47	66.17

Finalmente tenemos el consumo total de combustible en kilogramos de un volquete tomando en consideración ambos escenarios, se ha estimado que el tiempo en el

que los equipos operaron bajo estas condiciones en los meses de Enero 12 a Marzo 12 fueron 100 horas.

Entonces:

		BARROSO	NORMAL
Consumo Horario (kg/h)	B	90.47399126	66.17823633
Tiempo total de operación (Hrs)	t	100	100
Peso Total Consumido (kg)	Kg	9047.40	6617.82

Convirtiendo a volumen se obtiene:

		BARROSO	NORMAL
Densidad del Diesel D2 (gr/cm ³)	ρ_{comb}	0.830	0.830
Peso Total Consumido (kg)	Peso	9047.40	6617.82
Volumen Total Consumido (Gln)	Vol	2879.58	2106.30

Luego:

		BARROSO	NORMAL
Precio de Combustible Diesel D2 (Soles/gln)	Tarifa	12.31	12.31
Volumen Total Consumido (Gln)	Vol	2879.58	2106.30
Costo Combustible Consumido (Soles)	Costo	35,447.63	25,928.57

Los equipos involucrados en esta etapa de operación fueron 40 volquetes, entonces el consumo total de la flota de volquetes que operaron en estas condiciones durante 100 horas queda de la siguiente manera:

		BARROSO	NORMAL
Número de Volquetes	Cant.	40	40
Costo Combustible Consumido (Soles)	Costo	35,447.63	25,928.57
Costo Total Combustible Consumido (Soles)	Costo T.	1,417,905.21	1,037,142.99
Costo Total Combustible Consumido (Dólares)	Costo T.	510,037.84	373,073.02

El sobre costo generado por el mayor consumo de combustible, debido a las condiciones del terreno por efecto de las lluvias es de **136,964.83 Dólares**.

6.5 RESUMEN TOTAL DE LOS SOBRECOSTOS GENERADOS

Finalmente compilamos todos los sobrecostos causados por las tormentas eléctricas y lluvias durante los meses de Enero 2012 a Marzo 2012.

Frente de Trabajo	Stand By Mano de Obra	Stand By Equipos	Pérdida de Productividad	Mayor Consumo de Combustible	TOTAL (USD)
Mov. de Tierras	128,701.95	189,399.26	302,164.31	136,964.83	757,230.35
Obras Civiles	103,321.61	13,062.27	164,271.03	-	280,654.90
Obras Sanitarias	82,624.84	11,075.07	79,395.66	-	173,095.57
Obras Eléctricas	68,066.97	11,619.59	70,179.00	-	149,865.57
	382,715.37	225,156.19	616,010.01	136,964.83	1,360,846.40

Fig 6.5. Sobrecosto total a causa del efecto de lluvias y tormentas eléctricas

Como se puede observar la pérdida por el efecto de tormentas eléctricas y lluvias en la construcción del campamento minero fue de 1,360,846.40 USD, el cual representa el 8.9 % del monto total del contrato (15,310,813.17 USD).

CONCLUSIONES

1. La frecuencia de las ocurrencias de las tormentas eléctricas durante un día tienen un efecto significativo en el cálculo de las horas paralizadas, ya que cada ocurrencia agrega 30 minutos como mínimo por refugiarse y reiniciar las labores.
2. Es prudente reservar una bolsa de dinero como contingencia a los riesgos por los efectos de las tormentas eléctricas y lluvias.
3. De ninguna manera se debe obviar los sobrecostos por efecto de las improductividades generadas por las lluvias, ya que su efecto es el 50% de todo el sobrecosto calculado
4. Mientras más cantidad de trabajo involucrado en los meses de tormentas y lluvias mucho mayor serán las pérdidas por improductividades y stand by.
5. El diseño y en consecuencia el estado de las vías de acceso por donde transitaran las unidades tienen un impacto directo en el consumo de combustible.

RECOMENDACIONES

1. El equipo del Área de control de Proyecto debe estar capacitado para observar y registrar cualquier desviación en el costo, ya sea por efectos climáticos u otros.
2. Según los cálculos realizados por el ingeniero planificador del proyecto, podría ser una opción paralizar el proyecto cuando este entra en etapas de lluvias y tormentas, se recomienda hacer un análisis de costo beneficio.
3. Desde la etapa de la oferta del proyecto, el equipo presupuestador debería castigar a los ratios de las actividades con un factor de seguridad, que no sea ni muy elevado como para no ganar la licitación ni muy bajo como para poner en riesgo la utilidad del proyecto.
4. Para disminuir los sobrecostos por stand by de equipos es necesario hacer contratos de alquiler de maquinarias donde se estipule un monto de horas mínimas favorables para el proyecto.
5. Es importante hacer un adecuado diseño de las vías y darles el correspondiente mantenimiento durante las etapas de lluvias.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 Project Management Institute (2008). *Guía del PMBOK 4ta Edición*, Newton Square, Pennsylvania 19073-3299 EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- 2 Manual de Sistema de Gestión de Proyectos de Construcción GyM S.A. (2010)– 2da Edición
- 3 Project Management Institute. (2000). Newton Square, Pennsylvania
- 4 Kerzner, H. (2009). *Project Management: a systems approach to planning, scheduling and controlling – 10th ed.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- 5 *El Consumo de Combustible y Energía en el Transporte*. Autores: Ricardo Marchese y Marcos Golato
- 6 *Maquinaria Agrícola*, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Autor: Emilio Gil