

# Costos de operación de los equipos mineros en la Unidad Básica Minera de la Empresa Ernesto Che Guevara

**Malineis Galano Quintero**

[mgalano@ismm.edu.cu](mailto:mgalano@ismm.edu.cu)

**José Antonio Alayo Llorén**

Universidad de Moa

**María Isabel García de la Cruz**

Empresa Ernesto Che Guevara

**Clara Luz Reynaldo Argüelles**

Universidad de Moa (Cuba).

**Melba Cutiño Liranza**

**Resumen:** Se analizó el comportamiento del costo de operación de los equipos mineros desde el año 2015 hasta el año 2018 que facilitaron la comprensión de la situación actual de la Unidad Básica Minera de la Empresa Ernesto Che Guevara. Para ello se utilizó el *Método del Resultado Operativo* y los programas de actividades, curva S, informes de producción y el resultado económico. Se determinaron varias incidencias en los indicadores técnicos productivos que afecta la actividad de los equipos mineros. El plan de medidas elaborado permite reducir el costo de operación en el equipamiento minero.

**Palabras clave:** equipamiento minero; costo de operación; indicadores productivos.

## **Operating costs of mining equipment in the Basic Mining Unit of the Ernesto Che Guevara company**

**Abstract:** The behavior of the operating cost of the mining equipment from 2015 to 2018 was analyzed, which facilitated the understanding of the current situation of the Basic Mining Unit of the Ernesto Che Guevara Company. For this, the Operating Result Method and the activity programs, S curve, production reports and the economic result were used. Several incidents were determined in the productive technical indicators that affect the activity of the mining equipment. The plan of measures prepared allows to reduce the operating cost of the mining equipment.

**Keywords:** mining equipment; cost of operation; productive indicators

## Introducción

La minería es una actividad económica del sector primario representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos. Cabe señalar que la minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad, ya que se sabe que desde tiempos de la prehistoria el hombre ha usado diversos minerales para la fabricación de herramientas y armas. Con el pasar de los siglos se convirtió en una importante industria, que ha creado una serie de técnicas, estudios y análisis físico-químicos con el objetivo de mejorar la exploración y explotación de los yacimientos.

La minería del níquel tiene la misión de aportar a la economía del país con eficiencia productiva en sus operaciones extractivas. A grandes rasgos la maquinaria usada en la minería se divide en tres: equipos de carguío, equipos de transporte y equipos de servicio mina. La industria niquelífera cubana busca alternativas y variantes para lograr un trabajo más productivo y eficiente, por lo que se realizan diferentes investigaciones relacionadas con el proceso de extracción, carga y transporte, en los diferentes índices técnico-económicos y productivos del equipamiento básico y el consumo de combustible específico de las operaciones.

La minería hoy en día es una industria altamente competitiva, que constantemente busca medios para disminuir sus elevados costos de operación. Debido al gran tamaño de esta industria y el nivel de inversión que presenta es que la disminución de una pequeña fracción de estos costos puede significar el ahorro en millones de dólares.

El desarrollo económico y social sostenible de un país debe estar estrechamente vinculado con la protección y el uso racional de los recursos naturales. En tanto la ciencia y la tecnología están diseñadas en función de ese desarrollo, donde puede observarse una marcada tendencia de objetivos económicos, sociales y ambientales.

Los costos en una empresa minera es un tema de importancia porque involucra una de las actividades del planeamiento estratégico de la empresa en materia de reducción de costos manteniendo o elevando la producción. Cada día se hace más importante la optimización de los recursos que se encuentran en la empresa.

Con el transcurso de los años, Cuba se ha visto en la necesidad de modernizar todas las industrias con el objetivo de ahorrar energía eléctrica y combustible, así como el logro de la eficiencia de las máquinas con la introducción de nuevas técnicas y nuevos

equipos en la rama del transporte minero. La explotación de los equipos de carga y transporte minero es un factor de gran importancia para la producción industrial del níquel. Esta se logra teniendo los equipos diseñados según los parámetros técnicos correctos y que estén funcionando en condiciones de trabajo óptimas (Quiroga, 2011).

El complejo minero metalúrgico de níquel al que se tomará como referencia para el estudio lo constituye la Unidad Básica Minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, que tiene una especial importancia en la carga de las minas lateríticas, con el uso de los diferentes medios y equipos mineros en la entidad.

La Unidad Básica por la naturaleza de los trabajos requiere de equipos capaces de trabajar en forma continua durante el ciclo de su vida económica. Con el transcurso del tiempo y uso, además de soportar grandes esfuerzos y de realizar trabajos bajo condiciones severas y adversas, sufren un desgaste prematuro en algunos de sus componentes para cumplir con la demanda de la producción.

La Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, ubicada en el municipio de Moa, se dedica a la obtención de concentrado de níquel más cobalto con tecnología lixiviación carbonato-amoniaco (CARON). Contribuye exitosamente al desarrollo del país. Por el volumen de sus producciones desempeña un papel importante dentro de la economía nacional y la eficiencia de su equipamiento incide considerablemente en el consumo de portadores energéticos a nivel de país.

Durante la explotación del equipamiento minero en la Unidad Básica Minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara (UBMECG), existe una creciente complejidad de las operaciones mineras en la unidad, que están vinculadas al incremento y lejanía de los frentes de extracción, a las condiciones naturales y al nivel de organización alcanzado, por lo que son factores que limitan el incremento de la producción minera.

El transporte del mineral en los yacimientos se ve afectado por el agotamiento de las reservas de mineral laterítico, el distanciamiento de los yacimientos hasta la planta metalúrgica y la complejización de las operaciones en los frentes de minería. Durante el proceso productivo no se tiene en cuenta: la evaluación del desempeño de los equipos y los agregados y el período de explotación de los equipos en yacimientos lateríticos.

En el transcurso del proceso productivo ocurren frecuentes averías de las diferentes piezas y agregados, se incrementan los gastos de combustible por motivo de la explotación continua del equipamiento minero y este va perdiendo su valor de manera significativa en el intervalo del tiempo de su vida útil; lo cual ha provocado una inejecución en los elementos del gasto que intervienen en el costo de operación de los equipos mineros y, por consiguiente, la productividad en los procesos de extracción, carga y transportación de la unidad se afecta de manera significativa.

Este trabajo se propone analizar el comportamiento del costo de operación de los equipos mineros desde el año 2015 hasta el 2018. A su vez, elaborar un plan de medidas que permita reducir el costo de operación en el equipamiento minero.

### **Materiales y métodos**

*Método del Resultado Operativo.* El objetivo general del estudio es aumentar la productividad y la calidad a través del mejoramiento continuo de la eficiencia y la efectividad en las operaciones. Como instrumento de investigación se utilizaron los programas de actividades, curva S, informes de producción y el resultado económico (Zapata, 2003).

Se diseñó un plan de mantenimiento para la maquinaria pesada que garantice su disponibilidad con un máximo rendimiento y un mínimo costo. La investigación partió del diagnóstico realizado a la gestión de mantenimiento y en la determinación de las fallas más comunes a través de un análisis estadístico.

### **Situación actual de los costos de operación a nivel del país**

En la economía cubana actual el ahorro de recursos y el máximo aprovechamiento de los mismos constituyen una tarea de supervivencia y creación de bases para un desarrollo sostenible.

Quiroga (2011) realizó un análisis de la situación general del equipamiento de transporte con el objetivo de confeccionar una guía de mantenimiento y un plan de mantenimiento especial para los camiones articulados marca VOLVO, en aras de lograr un aumento en el plan de producción y mejorar la disponibilidad técnica a partir del año 2012.

García, Ulloa & Belete (2013) propusieron el procedimiento para reemplazo de los equipos mineros, a partir del modelo de rendimiento, en función del cumplimiento de

los servicios técnicos de la contratación por períodos de explotación. Con la utilización de la base de datos histórica se seleccionaron los indicadores que miden el rendimiento y los factores que inciden el reemplazo de los equipos mineros en las condiciones de explotación de los yacimientos. Se evaluó la influencia del cumplimiento de los servicios técnicos de la contratación en el rendimiento, para ello se aplicó la matriz de Kepner-Tregoe.

Justino (2014) elaboró un procedimiento de cálculo de la cantidad de equipos en el mantenimiento con vistas a minimizar el costo de los tiempos improductivos en el ciclo cerrado que permite disminuir los tiempos improductivos y aumentar la productividad del equipamiento minero, producto de evitar el exceso de su cantidad en el mantenimiento que da el método tradicional para condiciones operativas concretas, lo que dota al procedimiento de mucha flexibilidad y de aplicabilidad.

### **Características geológicas de los yacimientos**

El área hacia donde los equipos mineros realizan los procesos está conformada por los yacimientos que integran la concesión de explotación de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, estos son: Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Oeste, Yagrumaje Sur y Camarioca Este.

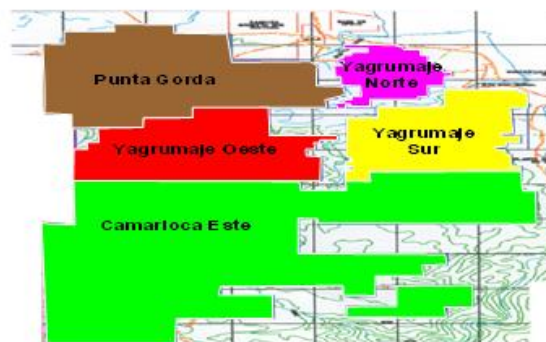


Figura 1. Composición de la concesión minera Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. (Guerra & Montes de Oca, 2012).

### **Resultados y Discusión**

#### *Proceso de producción de la UBMECG*

La Unidad Básica Minera está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima mineral a la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara que cuenta con un esquema tecnológico basado en la lixiviación carbonato amoniacal del mineral reducido

o proceso Carón. Los equipos de transporte para dar cumplimiento al objeto social de la Unidad desarrollan actividades como la preparación minera, que es el conjunto de trabajos mineros a realizar para que la extracción y el transporte se ejecuten con calidad y eficiencia. Dentro de estas actividades se encuentran el desbroce, el destape, construcción de los caminos mineros y la extracción y transporte del mineral.

### **Explotación técnica del equipamiento minero**

La mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara de la Unidad Básica Minera tiene una capacidad para remover entre 10 000 t a 15 000 t de masa minera anual, esto ha promediado en el año 6 522 t de mineral y 2 702 m<sup>3</sup> de escombros, según el Proyecto Minero Plan de Vida Útil de la ECG, de acuerdo con la base minera confeccionada y los niveles de producción exigido por la planta la vida útil de estos yacimientos se prolongará hasta el año 2032.

En la Unidad Básica Minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara se trabaja en condiciones difíciles para la explotación del equipamiento minero, los cuales están expuestos a variables como la humedad, altas temperaturas, etc. La vida útil de los equipos no se comporta como aparece en los catálogos del fabricante y a los planes que se hacen cuando estos son adquiridos, sino que sus mecanismos se deterioran precozmente.

Los modernos sistemas de despacho computacionales, incluyendo la tecnología GPS, llevan un registro de los movimientos de cada vehículo y crean una base de datos referida al tiempo real de los movimientos de la flota de transporte. Esto proporciona un método habilitado para actualizar el modelo basado en las ubicaciones actuales de las palas, las condiciones de cada camino, etc. Dicho sistema obtiene esta información a partir de las veces en que cada camión pasa por faroles electrónicos durante su trayecto y a partir de otro tipo de comunicaciones por medio del conductor y el capataz de turno.

En la medida que pasan los años de explotación de los equipos disminuye la productividad de estos (Figura 2), según estudio realizado por García, Ulloa & Belete (2013), debido a la explotación del equipo, tiempos de averías, sustitución de agregados y mantenimientos realizados.

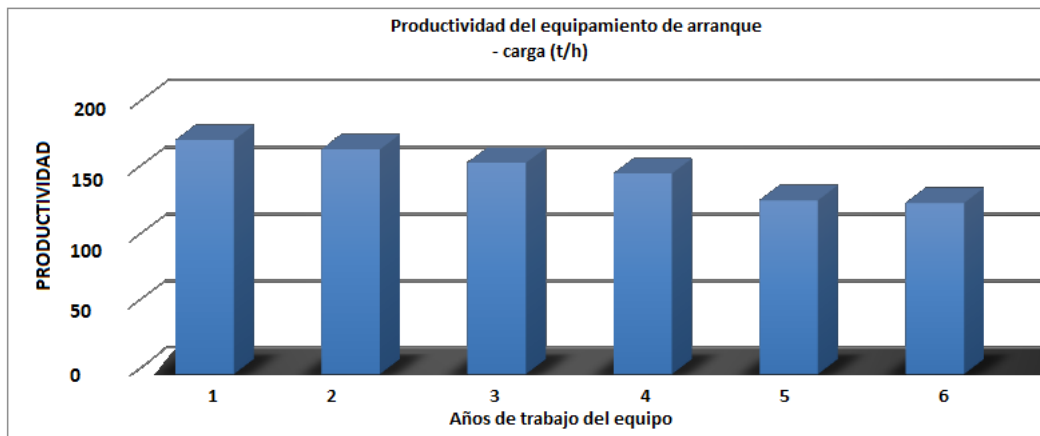


Figura 2. Comportamiento de la productividad del equipamiento de arranque-carga durante su vida útil (García, Ulloa & Belete, 2013).

El control de la producción se realiza mediante los sistemas de GPS, los sistemas de control topográfico, el sistema de despacho, recorrido de producción y físicamente por los técnicos que realizan un recorrido diario.

### **Descripción de la importancia de los costos de operaciones**

Los costos de operación son aquellos que ocurren luego del inicio, construcción o instalación de la nueva capacidad productiva hasta la finalización de su vida útil. Este hecho puede tener importancia en la evaluación económica, ya que por esta técnica los costos para los primeros años de operación se verán gravados por un mayor cargo del gasto de mantenimiento y, por ende, un mayor aumento en los costos a medida que el tiempo transcurre. Se obtienen a partir de la valorización monetaria de los bienes y servicios que deben adquirirse para mantener la operatividad y los beneficios generados o inducidos. En general, es importante mantener bajo los costos de operación y calcularlos para saber cuántos ingresos necesita la empresa para ser rentable.

Los costos de operación del equipo pueden incluir:

- Los salarios de personal
- Materias primas
- Los costos de combustible
- Mantenimiento de equipos
- La depreciación de los equipos.



Esta investigación solo hará énfasis a los elementos que repercuten de manera significativa en el costo de operación de los equipos mineros que son el gasto de combustible, los servicios de mantenimiento y reparaciones corrientes.

### **Equipamiento minero en explotación en la Unidad Básica Minera**

Hasta el mes de septiembre de 2018 en el parque total de la Unidad Básica Minera se tienen 79 equipos mineros disponibles. De ellos 67 pertenecen a los equipos básicos como son las excavadoras dragalinas, las retroexcavadoras hidráulicas, los cargadores frontales, los camiones articulados y los bulldózer sobre esteras y 12 pertenecen a los equipos auxiliares como son las cisternas para combustible y para regado de agua, motoniveladoras, compactadores vibratorios y retroexcavadoras hidráulicas Tolvas.

### **Incidencias de los indicadores técnicos productivos en el costo de operación**

En el proceso de producción de la Unidad Básica Minera inciden varios indicadores técnicos productivos que repercuten de manera significativa en el costo de operación del equipamiento minero. Entre los indicadores que tienen una gran incidencia se encuentran los siguientes:

*Producción:* Dentro de la UBMECG se encuentran sus producciones principales las cuales se conocen como el mineral minado, el alimentado y el escombros.

Tabla 1. Comportamiento de la producción

<b>Indicadores</b>	<b>U/M</b>	<b>Plan</b>	<b>Real</b>	<b>Diferencia</b>
Mineral minado	T	2 259 372	1 982 546	(276 826)
Mineral alimentado	T	1 851 153	1 956 222	105 069
Escombros	m <sup>3</sup>	757 226	821 960	64 734

El comportamiento de los indicadores de producción se incumple el mineral minado en 276 826 t, debido a:

- Incumplimiento de 5 595 viajes planificados por 7 644 h afectadas por intensas lluvias que impidieron el acceso a los frentes mineros, equivalente a 144 430 t de mineral no extraídas ni transportadas.
- Incumplimiento de la capacidad de carga de los camiones articulados en 0,99 t/v equivalente a 80 450 t dejadas de transportar.
- Más de 1 400 h por déficit de equipos de carga, afectadas 42 791 t.

Tabla 2. Comportamiento de la productividad horaria en la extracción y transporte del mineral

Parque de equipos	u/m	Acumulado		
		Plan	Real	Diferencia
Excavadoras-dragalinas	t/h	114,0	180,6	66,6
Camiones articulados	t/h	23,0	34,1	11,1
Retroexcavadoras hidráulicas	t/h	161,0	203,1	42,1
Cargadores frontales	t/h	104,0	145,6	41,6

*Productividad horaria:* Dentro de ella se encuentran:

1. *Extracción de mineral (t/h):* En esta se presenta el comportamiento de la productividad horaria en la extracción y transporte del mineral; mediante las excavadoras-dragalinas y retroexcavadoras hidráulicas la productividad horaria se sobrecumple en 66,6 t/h y 42,1 t/h, respectivamente, debido a la disminución del tiempo de espera por equipos de transporte que permitió que el tiempo que estuvieron en las funciones de excavación y carga se operara con alto rigor, a pesar de las condiciones difíciles de explotación por el estado de los caminos por efecto de las lluvias. También los camiones articulados sobrecumplen en 11,1 t/h, esto se debió a la disminución de la distancia de transportación en el transporte de mineral entre 1,34 km a 1,54 km; puesto que se transportó el 40 % del mineral desde los depósitos hasta la fábrica a una distancia promedio de 1,84 km a 1,44 km.
2. *Escombreo ( $m^3/h$ ):* En cuanto al comportamiento de la productividad horaria en la extracción y transporte del mineral en lo referente al escombreo, los equipos de excavación y carga (excavadoras dragalinas) sobrecumple en 24,63  $m^3/h$  debido a que las excavadoras han realizado el escombreo directamente para unos montículos en el fondo minado (jaba). También las retroexcavadoras hidráulicas sobrecumplen en 50,5  $m^3/h$  producto de la disminución del tiempo de espera por equipos de transporte y los camiones articulados cumplen por encima de lo planificado en 12,5  $m^3/h$  por el incremento de la capacidad de carga de los camiones en 0,83  $m^3/h$ .

*Capacidad de carga:* El comportamiento de la capacidad de carga en toneladas de los camiones articulados en la minería es de 26 t; actualmente se usa un total de 25,01 t de su capacidad total. Esto significa que se deja de transportar un total de 0,99 t que están sin respaldo productivo, es decir, con cargas viajeras en los camiones que limitan su capacidad por adherencia del mineral.

El incumplimiento de la capacidad de carga provocó el consumo de 54 682 l de combustible sin respaldo productivo, es decir, 80 450 t de mineral no transportado por carga viajera equivalente 2 318 h por la norma de consumo de los camiones articulados 23,59 l/h horas es igual a 54 682 l.

*Disponibilidad técnica del equipamiento minero:* El comportamiento de la disponibilidad técnica del equipamiento minero básico de la flota minera alcanzó una disponibilidad técnica de 85,27 % acumulado hasta el mes de septiembre del año 2018.

Lo que representa que de las excavadoras dragalinas existen dos que no están trabajando porque hay una que está en proceso de baja y otra que está en el taller paralizada, esperando el recurso para poder ser reparada. Las retroexcavadoras hidráulicas hay dos que están en proceso de baja y hay una que está en reparación. En la Unidad existen tres cargadores frontales paralizados por falta de recursos. En los bulldózer sobre esteras hay tres bulldózer que están en proceso de baja y otros tres paralizados por reparaciones en el taller y por falta de partes y piezas de repuestos. En las motoniveladoras hay dos que están paradas, pues se encuentran en el taller en proceso de reparación y también están paralizadas por falta de partes y piezas de repuestos.

### **Utilización del parque**

En cuanto a la utilización del parque de equipos se presenta que:

- 1 Las excavadoras-dragalinas presentaron una baja utilización (30,3 %), por 707 h de averías.
- 2 Las retroexcavadoras hidráulicas en la utilización del parque se afectó por 2 976 h de averías y 280 h paralizadas por acceso y lluvias.
- 3 La utilización de los camiones articulados se incumple en un 46,9 %, (15,2 %) porque se afectaron 3 091 h por acceso y lluvias; 909,5 h por falta de equipos de arranque-carga y 70,5 h por falta de operador.
- 4 Los bulldóceres sobre esteras mostraron una baja utilización. De un plan de 3 081 h a trabajar, operaron solo 1 163,4 h. Se afectaron fundamentalmente por 7 338 h de averías, afectándose por este concepto 9,86 bulldóceres diarios.
- 5 Los cargadores frontales sobre neumáticos se afectaron por 2 160 h por falta de recursos.
- 6 El resto del equipamiento que incumple con este parámetro debe a la baja disponibilidad técnica alcanzada en el período evaluado.

## Plan de medidas

Mediante las incidencias detectadas se realiza una propuesta de un plan de medidas para las soluciones de estas con el objetivo de lograr un mejor trabajo eficiente y con buenos resultados (Tabla 3).

Tabla 3. Propuesta de medidas para la solución de los incidentes percibidos

Deficiencias detectadas	Medidas o acciones	Responsable	Ejecutante	Fecha de cumplimiento
Incumplimiento de la capacidad de carga en los camiones articulados	Chequear que se realice la limpieza de los volteos cada 3 o 4 viajes dependiendo de los niveles de adherencia del material para evitar afectación al rendimiento de la capacidad de instalada.  Verificar el consumo de combustible basado en las tecnologías de los dispositivos de GPS.	Director de la UBMECG	Jefe de Operaciones Mineras	Primer trimestre del año 2019
Incumplimiento en la disponibilidad técnica del equipamiento minero	Cumplir con el procedimiento de construcción y reparación de caminos mineros establecida en la UBM.  Cumplir con las reparaciones de los equipos para su posterior funcionamiento.	Jefe de Brigada y los Operadores  Especialista Princ. del Grupo Técnico de Mantenimiento	Brigada de Mantenimiento y Reparaciones de Caminos  Brigada de Mantenimiento	Primer Trimestre del año 2019

En la primera deficiencia al chequear que se realizara las limpiezas de los volteos de 3 a 4 veces en el día se logró una mayor eficiencia en el transporte de materiales teniendo en cuenta que se cumple con la capacidad de carga establecida y se cumplió con el plan que la Unidad Básica Minera se traza.

En la segunda deficiencia al cumplir con el procedimiento de construcción y reparación de camino mineros establecido por la UBM se logró una disminución de los accidentes, una mayor eficiencia en la transportación de los minerales y se minimizó el consumo de combustible.

También al cumplir con las reparaciones de los equipos se cumplió con la disponibilidad de los mismos logrando una mayor productividad, efectuando de manera responsable los diferentes mantenimientos que dichos equipos deben recibir. De esta manera se cumplió con lo planificado en el presupuesto y se logró una mejor calidad en el trabajo minero.

## Conclusiones

Se realiza un análisis del comportamiento actual del costo de operación del equipamiento minero desde el año 2018 que permite conocer el motivo por el cual la unidad presenta una inejecución en los gastos que se incurren.

Se determinan varias incidencias en los indicadores técnicos productivos que afecta la actividad de los equipos mineros y se les dan soluciones para poder resolverlas.

## Referencias bibliográficas

GARCÍA, M. I.; ULLOA, M. & BELETE, O. 2013. El reemplazo de equipos mineros: un enfoque desde el rendimiento y los servicios técnicos de la contratación. *Minería y Geología* 29(2): 46-70.

GUERRA, E. & MONTES DE OCA, A. 2019. Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la gran minería. *Boletín de Ciencias de la Tierra* (45): 14-21. Consultado: 22/02/2020. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manual4/cap5.pdf>

JUSTINO, A. T. 2014. *Procedimiento de cálculo del mantenimiento para minimizar los costos de los tiempos improductivos*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

QUIROGA, J. S. 2011. *Proceso de mantenimiento de los camiones mineros y su influencia en la producción en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

ZAPATA, M. P. 2003. Control de costos de una operación minera mediante el método del resultado operativo. Lima.