



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“ESTIMACIÓN DE COSTOS OPERATIVOS USANDO GPS EN DOZER PARA LA CONFORMACIÓN DE PAD´S DE LIXIVIACIÓN, EN UNA MINA A TAJO ABIERTO, CAJAMARCA 2018”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de minas

Autor:

Br. Julio Fortunato Llaque Quispe

Asesor:

Ing. Daniel Alejandro Alva Huamán

Cajamarca - Perú

2019

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a Dios quien me ha guiado por el buen camino, a mis padres Fortunato Llaque Calderón y Violeta Quispe Briones, a mis hijos Sebastián Llaque y Rafaela Llaque, a mi esposa Karen Saavedra Villalobos, quienes son mi motivo de vivir y ser cada día mejor.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida, salud, una familia hermosa y la oportunidad de ser profesional. A mis padres por el apoyo incondicional, consejos y amor infinito. Al ingeniero Daniel Alva Huamán, por asesorarme en el presente proyecto.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	22
CAPÍTULO III. RESULTADOS	24
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	49
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2009	25
TABLA 2. Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2010	27
TABLA 3 Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2010	29
TABLA 4 Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2012	31
TABLA 5 Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2013	33
TABLA 6 Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2014	35
TABLA 7 Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación de gps en el año 2015	37
TABLA 8 Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación de gps en el año 2016	39
TABLA 9 Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación de gps en el año 2017	41
TABLA 10 Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación de gps en el año 2018	43
TABLA 11 Costos operativos del año 2009 al 2018.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precisión de aproximada de descarga año 2009.	26
Figura 2. Valor aproximado de las onzas no depositadas año 2009.	26
Figura 3. Precisión de aproximada de descarga año 2010.....	28
Figura 4. Valor aproximado de las onzas no depositadas año 2010.	28
Figura 5. Precisión de aproximada de descarga año 2011.....	30
Figura 6. Valor aproximado de las onzas no depositadas año 2011	30
Figura 7. Precisión de aproximada de descarga año 2012.....	32
Figura 8. Valor aproximado de las onzas no depositadas año 2012.	32
Figura 9. Precisión de aproximada de descarga año 2013.....	34
Figura 10. Valor aproximado de las onzas no depositadas año 2013	34
Figura 11. Precisión de aproximada de descarga año 2014.....	36
Figura 12. Valor aproximado de las onzas no depositadas año 2014.....	36
Figura 13. Aumento de descarga con el uso de GPS año 2015.	38
Figura 14. Reducción de pérdida año 2015.....	38
Figura 15. Aumento de descarga con el uso de GPS año 2016.	40
Figura 16. Reducción de pérdida año 2016.....	40
Figura 17. Aumento de descarga con el uso de GPS año 2017.	42
Figura 18. Reducción de pérdida año 2017.....	42
Figura 19. Aumento de descarga con el uso de GPS año 2018.	44
Figura 20. Reducción de pérdida año 2018.....	44
Figura 21. Tonelaje no depositado desde el año 2009 hasta el 2018.....	46
Figura 22. Onzas no depositadas desde el año 2009 hasta el 2018.	47
Figura 23. Valor en dolares no depositados desde el año 2009 hasta el 2018.	47
Figura 24. Tiempo de trabajo topográfico.	48
Figura 25. Paralización de operaciones.	48
Figura 26. Precio del oro del 2009 al 2018.....	57
Figura 27. Vista horizontal del GPS aplicado al DOZER.	58
Figura 28. Vista perfil del GPS aplicado al DOZER.	58

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivos estimar, analizar, evaluar y comparar los costos operativos al usar GPS en Dozer Caterpillar D11R, en la conformación de pads de lixiviación en una mina a Tajo abierto. El estudio se desarrolló en dos fases: campo y gabinete. En la fase de campo se monitorearon el número de ingresos y los tiempos de trabajo del personal de topografía y el número de ingresos y los tiempos de trabajo del dozer usando GPS de alta precisión en las áreas donde se conforman pads de lixiviación. El tiempo, y los costos, fueron analizados con base de datos de tres pads de una mina a tajo abierto en Cajamarca, interpretando estos, desde el año 2009 hasta el año 2018. Luego de la aplicación del GPS en equipos dozer se redujo el número de ingresos del personal de topografía y se incrementaron las toneladas depositadas en los pads de lixiviación, reduciendo así los costos operativos de esta actividad en aproximadamente 580.200 dólares por año.

Palabras clave: GPS, dozer, costos operativos, pads de lixiviación.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En la actualidad, específicamente en la región Cajamarca se busca optimizar el rendimiento, optimizar costos de producción en los diferentes trabajos de la actividad minera, uno de estos trabajos es el de conformación de plataformas de pad’s de lixiviación, la cual requiere un serio planeamiento, demanda de trabajadores, tiempo, precisión y sobre todo costos operativos.

Rojas, (2006, p.67) En una mina a tajo abierto la conformación de plataformas para Pad’s de lixiviación, es una tarea la cual requiere dos días de trabajo ya que en el primer día trabajaba el área de topografía ubicando los puntos y niveles a conformar, al siguiente día trabajaba el tractor, el cual hacía la operación con una precisión del 80 %. Todo esto significaba demora en las actividades, ya que se tenía que esperar a que la plataforma tenga la geometría adecuada para poder empezar a acumular el material, generando pérdida de tiempo y retrasando la producción lo cual se traduce en aumento de costos pérdida de dinero.

Durante el 2015, la fuerte caída en el precio internacional del cobre hizo que las compañías mineras ejecuten agresivos planes de reducción de costos. En el caso chileno, la estatal Codelco se fijó un ahorro de US\$ 1,000 millones para el año pasado, terminando el año con una disminución de costos del orden de US\$ 1,200 millones. Y así como Codelco, muchas empresas mineras en el mundo hicieron lo mismo

Esan, (2016) Si bien la reducción de costos constituye una herramienta de mejora de la actividad minera, se debe tener mucho cuidado a la hora de pensar y decidir en qué áreas se aplicarán las medidas.

En el artículo, preparado en el Primer Congreso Internacional de Tecnología Aplicada a la Minería – EXPOTECNOMIN, se menciona sobre la metodología propuesta para la mejora de los tiempos de ciclo en las operaciones mineras se basa en la utilización de un simulador de eventos discretos. No existía hasta la fecha un trabajo dedicado al desarrollo de sistemas de alerta para monitorear las diferentes subactividades del proceso de transporte en el que se identifican mayormente los retrasos en las operaciones. Con un sistema basado en el contexto de operaciones sería posible obtener más información para optimizar el tiempo de ciclo del transporte basado en el control de los retrasos de los equipos de producción. Una vez aplicados los ajustes que el modelo existente presenta, se ejecuta una nueva simulación con los ajustes recomendados y, finalmente, se corrigen los valores de rendimiento del programa de producción que están fuera de los estándares.

MC'Callum, (2017) implementó una estructura de control de costos diarios en la unidad minera Arasi. Ubicada en el departamento de Puno, el procesamiento del mineral se realiza por lixiviación en el Pad que tiene 17 lifts de 8 metros de altura cada uno y en la refinería de la unidad salen las barras dore de 13kg. En esta unidad no se contaba con un control diario de costos operativo y simplemente se esperaba al cierre de mes para saber el costo que se había realizado; se empleó datos de producción diaria, reporte de equipo y transporte diarios, datos de costos de meses anteriores, distribución de costos de la unidad y cálculos de gabinete. Haciendo uso del programa

Excel 2010, se procedió a diseñar la estructura de control de costos; la cual tiene varias hojas de cálculos que nos permiten saber por centro de costo cuanto se le asigna de costo de acuerdo con el tipo de costo y también se tiene una hoja resumen en la cual se compara el costo calculado ejecutado vs el plan del mes en forma diaria. Al final del mes se compara los valores reportado en esta estructura vs el real para así calcular una aproximación y mejorarla cada mes, lo cual permitirá que sea más exacto con sus cálculos.

Cárdenas, (2009) Su investigación está orientada al cumplimiento y optimización del programa de construcción y reducción de costos del PAD de lixiviación en Cía Minera Shahuindo. En donde se tiene deficiencias en las operaciones unitarias que conforman el proceso de construcción, destinadas a ejecutarlas con eficiencia y optimización cuidando la significancia de sus costos; han hecho que continuamente se vayan diseñando modalidades destinadas a mejores logros, e objetivo principal es cumplir y optimizar el programa de construcción y reducir costos, mediante la aplicación de la gestión operativa y control durante la ejecución del PAD de Lixiviación, en esta ocasión la etapa 2A, se basó en el procedimiento para el control de horas trabajadas de equipos y maquinaria pesada y el procedimiento de análisis de datos; para la aplicación y cumplimiento de la metodología, tenemos elementos que lo conforman como: procedimientos, documentos y análisis de rendimientos. Las operaciones unitarias que conforman el proceso de construcción del PAD de lixiviación, juegan un papel muy importante en todo el ciclo de construcción, para ello el personal debe ser entrenado y capacitado en la ejecución de los trabajos, los avances que se obtienen y la importancia de su desempeño.

Smith, (2015) realizó su trabajo en la empresa Aruntani S.A.C., Departamento Moquegua, acorde a la estimación de reservas realizadas, se solicitó la configuración de un Pad de lixiviación con una capacidad aproximada final de 50 millones de toneladas métricas; sin embargo, debido a las condiciones topográficas existentes en el área seleccionada para la construcción, el área del Pad se extendió hacia el sur-este, obteniéndose una capacidad de aproximadamente 60.9 millones de toneladas con una altura máxima de apilamiento de 100 metros.

De los Ríos, (2016) nos dice que en la actualidad, en la región Cajamarca se busca básicamente, el avance y la mejora de las operaciones mineras, haciendo uso de la tecnología en cuanto a la utilización del GPS, que nos permite disponer de sistemas altamente desarrollados en el mejoramiento de conformación de rampas y plataformas con tractores, El tiempo y la precisión, fueron analizados con base de datos de MYSRL, llevando un control desde el año 2007 hasta el año 2016, Se llegó a la conclusión que luego de la aplicación del sistema GPS, se redujo el tiempo para esta operación de 48 horas a 20 horas, la precisión se optimizó de un 88% a un 98%.

Seung-Woo, Sang-Youb, & Halpin, (2005) nos dicen que en las últimas décadas, la industria de la construcción ha buscado mejorar la productividad y la calidad, mejorar la seguridad y reducir los costos operativos mediante la aplicación de tecnologías de recopilación de datos geoespaciales. Una solución, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), se está aplicando actualmente a las operaciones de movimiento de tierras con varios beneficios sobre los sistemas convencionales en cuanto a eficiencia, rendimiento y seguridad. Básicamente, un sistema basado en GPS proporciona una operación sin apuestas controlada por el operador que está en el

vehículo. Se informa al operador de información tal como la cantidad de volúmenes de corte y relleno asociados con elevaciones precisas y la ubicación actual del equipo en tiempo real. Con estas funciones mejoradas proporcionadas por GPS, el sistema basado en GPS puede lograr una mejora de la productividad mediante la simplificación de las tareas topográficas y las revisiones que no son necesarias. Sin embargo, los planificadores y los estimadores han estado luchando con la falta de datos para evaluar los sistemas basados en GPS en comparación con los sistemas convencionales antes de comenzar el trabajo en el sitio. El objetivo de este estudio es presentar modelos de aplicación para evaluar el rendimiento de los sistemas convencionales y basados en GPS utilizando Web CYCLONE, una metodología de simulación.

Gulal & Akpınar, (2003) Hablan acerca de los nuevos desarrollos en los sistemas de guiado de máquinas en los últimos años han llevado a un aumento en la productividad y una disminución en los costos, especialmente para las aplicaciones de construcción y minería. Especialmente el uso de sistemas de guiado de máquinas para proyectos de recuperación de tierras después de las operaciones de minería a cielo abierto es más rentable que los métodos tradicionales. La posición tridimensional de un punto se puede determinar con la tecnología GPS, que se conoce como Sistema de Posicionamiento Global. Y también las posiciones en tiempo real se pueden determinar por medio de la tecnología de GPS Cinemático en Tiempo Real (RTK) y esta característica se puede usar en los sistemas de guía de la máquina. Teniendo en cuenta los proyectos de recuperación de tierras después de las operaciones de minería a cielo abierto, la posición de un dozer se puede determinar en tiempo real y comparando la posición calculada con un modelo de terreno digital preestablecido, el operador de dozer puede guiarse en tiempo real. Por el contrario, a los métodos tradicionales, el

operador dozer no depende de los encuestadores y otros miembros del equipo de soporte, sino que trabaja de forma independiente para completar el trabajo. Los valores de corte y relleno para que coincidan con una superficie de diseño precalculada se pueden ver en una pantalla de computadora que se coloca en la cabina, y los operadores no dependen de las condiciones climáticas, pueden trabajar eficientemente incluso por las noches. En este documento, se consideraron los sistemas de guiado de máquinas, especialmente el uso de estos sistemas en operaciones de minería a cielo abierto, y se explicaron los beneficios del sistema de guiado de máquinas basado en GPS.

Huaypar, (2010) Definir costos resulta un verdadero problema, no se encuentra la verdadera acepción de la palabra, pues con mucha frecuencia por ejemplo la escuela italiana interpreta a los costos como un conjunto de valores gastados por una empresa para llegar a la venta de un producto, de una mercancía, de un trabajo, de un servicio. Luego decide también que el costo es un conjunto de gastos efectivamente soportados y variadamente reunidos en un ordenado grupo o conjunto, y la palabra costo se sustituye con frecuencia sin distinción de significado por la palabra “gasto”.

Yanacocha, (2010, párr.2) Un Pad de lixiviación es una estructura donde se acumula mineral extraído del cerro para ser lixiviado (disuelto) y recuperar el oro existente. Es una plataforma donde se apila el mineral y se riega con solución cianurada, la cual luego de lixiviar y percolar los valores de oro es conducida a la poza de solución rica (pregnant), de donde es bombeada al circuito de adsorción de la planta para depositarse sobre el carbón activado.

Procedimiento de construcción de plataformas en MYSRL

1. El área de permitting otorgará los límites aprobados en el EIA, así como del CIRA, en los cuales el límite no tendrá que sobrepasar este lineamiento.
2. También se tendrá ubicar los límites de propiedad en las cuales el diseño no tendrá que pasar este alineamiento.
3. Ingeniería de Desarrollo mostrará la ingeniería de detalle que se requieran efectuar en la fundación del área considerada.
4. Después de ubicar el lugar del Pad se procede a la fundación, terminada la función se tomará la topografía en el cual será el gradín sobre la cual se diseñará el Pad, esta será un file DIG ver convección de rutas.
5. La altura vertical mínima por banco o Lift será de 16 m para LQ, YA, CA, y 6m para MQ.
6. Sobre el gradín se colocará una capa plastificada en la cual se descargará el mineral la que impermeabilizará y capturará la solución cianurada con contenido de oro producto del regado por lixiviación.
7. La altura de banco considerada es 16m, rampas de acceso de 36m de ancho.
8. Las mejores prácticas de diseño denotan diseñar en el TSS- Miner con la alternativa de proyección con la tecla Q, sobre la base de una curva cerrada se efectuarán proyecciones hacia abajo o hacia arriba según sea el caso, de acuerdo a la topografía se ubicará la rampa de ingreso a las descargas.
9. Las mejores prácticas denotan diseñar cada ocho curvas de nivel (un banco de 16m) espaciadas a 2m de altura entre líneas, la siguiente curva se graficará siguiendo el aspecto operacional de la descarga de los volquetes con esto se evita puntas y áreas reducidas. $1.75t/m^3$ es el factor para densidad con que se estimará el cálculo del tonelaje que encierra la capacidad del Pad.

10. Este nuevo diseño deberá ser validado por el área de geotecnia.
11. Después que fuera validado. Se debe hacer conocer las áreas de MTP y STP para que efectúen sus planes de periodos cortos.
12. Según el proceso de construcción, el material a descargar debe ser controlada de tal manera que sea de fácil identificación.

Es el volumen o peso de material a ser manejado en una operación específica. Es la producción por unidad de tiempo: Horas, turno o día. Es la producción real por unidad de tiempo cuando todas las eficiencias y factores de gestión se han considerado (tons/hombre - turno). Es el porcentaje de la tasa de producción teórica que se alcanza con la máquina. Reducciones se deben a: Problemas con la máquina, Personal, condiciones de trabajo y también se puede expresar como: (Tiempo medio de minutos a capacidad plena en una hora/60 minutos).

“GPS depende en que cada satélite en la constelación transmita su posición exacta y una señal de tiempo extremadamente precisa a los receptores en la tierra. Los receptores GPS pueden calcular su distancia al satélite combinando esta información de cuatro satélites, el receptor puede calcular su posición exacta usando un proceso llamado trilateración”. INEGI, (2016, párr.2).

Trilateración: Si uno conoce la distancia a un satélite, uno sabe que su posición se encuentra sobre una esfera con centro en el satélite y con un radio igual a la distancia. Si uno obtiene la misma información de un segundo satélite, puede estrechar su posible posición al área que tienen en común las dos esferas. Si se añade información de un

tercer satélite, se puede precisar aún más la posición a los dos puntos donde las tres esferas cruzan. INEGI, (2016, párr.2).

Disponibilidad, Utilización, Capacidad. Porcentaje de horas hábiles que el equipo está listo para operar mecánicamente. Es la porción de tiempo disponible que la maquina está cumpliendo la labor para la cual fue diseñada. Es el volumen de material que una maquina puede manejar en cualquier instante de tiempo. Para una operación segura, eficiente y ambientalmente limpia, los procedimientos operacionales y/o de procesos de mejoramiento continuo de carguío y transporte deben ser conocidos y aceptados por todas las personas relacionadas directa o indirectamente con la operación minera.

Joseph Alberto, (2012) nos menciona: Se pueden obtener costos de operación que fluctúan entre un 45 a un 65% del costo global de la operación de la mina, pudiendo ser mayores o menores dependiendo de las condiciones de operación en la faena. El carguío oscila entre un 10 y un 20% del costo y el transporte entre un 35 y un 45%.•

En cuanto a inversiones, también podemos apreciar que los montos involucrados respecto a las otras operaciones unitarias, son mucho mayores ya que un camión de 240 Ton cortas cuesta más de US\$ 2.000.000, un cargador frontal adecuado para este camión tiene un valor similar y una pala hidráulica para este tipo de camiones tiene un valor superior a los US\$ 5.000.000. Existen otros equipos de carguío y transporte de menores capacidades, lo cual se verá reflejado en un valor menor. Debemos notar que la capacidad de los equipos incide directamente en el rendimiento de éstos. Es por esta razón que es imprescindible realizar un buen trabajo previo de investigación de operaciones para optimizar la producción con un mayor aprovechamiento de los recursos empleados reflejándose en una disminución de los costos operacionales.

La industria minera, al igual que otros sectores de producción, está siempre en busca de nuevas soluciones para la mejora de sus procesos con el fin de lograr una operación sostenible que vaya en armonía con el cuidado por el medio ambiente. Mejorar la seguridad de los trabajadores y la productividad de los equipos frente a la fluctuación de los costos y cambios en los precios de las materias primas en el mercado, se ha convertido en prioridad para las operaciones en nuestro país y en el mundo entero. Para este fin, los más recientes avances en tecnología de información se han venido introduciendo en el campo de la minería, ayudando a centralizar, integrar y analizar los datos de operación. Como resultado de ello, la industria ha generado múltiples herramientas especializadas en aumentar la productividad.

El éxito de una operación minera depende en gran parte de la gestión cuidadosa de cada una de sus etapas. Aunque en la actualidad se aplican diversas técnicas para resolver problemas críticos, todavía existen oportunidades para la mejora continua de los procesos. El transporte de material es una de las etapas más costosas del ciclo de producción, siendo en promedio 60% del costo total. Sin embargo, el trabajo diario hace que algunos aspectos elementales pasen desapercibidos.

Una técnica común es el de recoger una cantidad considerable de datos, para ser analizados y los resultados de este análisis se convierten en información valiosa que conforma el conocimiento requerido por la supervisión de operaciones para la toma de decisiones basadas en una comparación entre los resultados reales y las condiciones de funcionamiento ideales, representadas por indicadores clave de rendimiento (Key Performance Indicators o KPI).

La metodología de investigación propuesta tiene como finalidad centrarse en la identificación y control de los factores que afectan el rendimiento del ciclo de carguío, transporte y acarreo de minas a cielo abierto.

Esto se consigue mediante los siguientes pasos:

- Demostrar los beneficios del análisis de tiempos y cómo éste afecta a los resultados de productividad en el proceso de producción.
- Demostrar la utilidad de los indicadores clave de rendimiento en la extracción de mineral y desmonte, y cómo estos indicadores ayudan a reconocer el desempeño del equipo
- Desarrollar interfaces de software para visualizar el sistema de alerta con el fin de aumentar la capacidad de percepción en el supervisor de operaciones.
- El transporte de materiales es uno de los aspectos más importantes a controlar en las operaciones a cielo abierto. Esta actividad requiere grandes equipos cuyo costo por hora es elevado; por lo tanto, es necesario lograr una alta productividad con la correcta asignación de camiones y palas. En años recientes el desarrollo de nuevos sistemas de soporte a las decisiones contribuyó significativamente al incremento de la productividad, reduciendo así los costos de operación. Sin embargo, un problema persistente son ciertos tiempos muertos: camiones que esperan para ser cargados, cobertura insuficiente de la demanda de las palas, reasignación no coordinada de viajes, paradas no programadas, y otros retrasos en la ruta de acarreo. Esto crea un consumo ineficiente del combustible, el cual incide indirectamente en energía desperdiciada y en el incremento de las emisiones de carbono en la atmósfera. Según Pozo Ruz, y otros, (2000) nos dice que el sistema de posicionamiento global mediante satélites (GPS: Global Positioning System)

supone uno de los más importantes avances tecnológicos de las últimas décadas. Diseñado inicialmente como herramienta militar para la estimación precisa de posición, velocidad y tiempo, se ha utilizado también en múltiples aplicaciones civiles. Por razones de seguridad, las señales GPS generadas para uso civil se someten a una degradación deliberada, al tiempo que su emisión se restringe a una determinada frecuencia. A pesar de ello, las aplicaciones civiles siguen proliferando a un ritmo exponencial gracias a la incorporación de las técnicas diferenciales (DGPS).

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) según Pozo Ruz, y otros, (2000) es un sistema de localización, diseñado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos con fines militares para proporcionar estimaciones precisas de posición, velocidad y tiempo; operativo desde 1995 utiliza conjuntamente una red de ordenadores y una constelación de 24 satélites para determinar por triangulación, la altitud, longitud y latitud de cualquier objeto en la superficie terrestre. En el ámbito civil y alegando razones de seguridad sólo se permite el uso de un subconjunto degradado de señales GPS.

En aplicaciones que no requieren gran precisión se puede utilizar un receptor con un único canal y bajo coste, que calcula la distancia a cuatro satélites en un intervalo de 2 a 30 segundos. Ahora bien, la precisión de las medidas se ve afectada por el movimiento del satélite durante el cómputo y por el tiempo que se tarda en obtener las posiciones, debido a lecturas repetitivas de todos los mensajes de la constelación.

El requerimiento de una localización precisa y continua en tiempo real, ha conducido al desarrollo de receptores con un mayor número de canales (8-12) capaces de disminuir al máximo el error de localización utilizando los métodos de posicionamiento diferencial. Así, un receptor GPS ubicado en una posición conocida de la Tierra calcula su distancia a un conjunto de satélites; la diferencia entre la posición calculada y la localización exacta del receptor constituye el error en la medida. Este error se transmite en un código predefinido (RTCM Radio Technical Commission Maritime) y cualquier usuario-receptor con capacidad de corrección diferencial puede acceder a él para corregir su posición. Esta técnica elimina prácticamente los errores S/A siempre que el receptor diferencial esté próximo a la base emisora de la corrección.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son los costos operativos al aplicar GPS en dozer, en la conformación de pads de lixiviación en una mina a tajo abierto?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estimar los costos operativos al aplicar GPS en dozer en la conformación de pads de lixiviación en una mina a tajo abierto en Cajamarca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el trabajo del operador del dozer antes y después del uso de GP
- Evaluar lo costos operativos dede el 2009 al 2018
- Comaparar los costos operativos antes y despues de aplicar el sistema GPS en DOZER Indicar los objetivos específicos.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Al aplicar GPS en dozer se podrán estimar los costos operativos en la conformación de pads de lixiviación en una mina a tajo abierto en Cajamarca.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Al aplicar GPS en dozer se podrá determinar la diferencia de los costos operativos del 2009 al 2018 en la conformación de pads de lixiviación.
- Al aplicar GP en dozer se podrá determinar los costos operativos antes y después de la aplicación gps.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La investigación es del tipo experimental, con diseño cuasi experimental, porque se evalúan los costos antes de la aplicación de GPS en DOZER y se manipula la variable independiente para generar otros costos a partir del año 2015.

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

La población son los costos operativos de conformación de pads de lixiviación en una mina a tajo abierto en Cajamarca.

La muestra son los costos operativos de conformación de 3 pads de lixiviación en una mina a tajo abierto en Cajamarca.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

La recolección de información se hará directamente en el área de conformación de pads de lixiviación de la mina a tajo abierto en Cajamarca.

La técnica de recolección de datos es el análisis documental y la observación. Con el análisis documental se recolectó de los reportes del precio del oro de la London Metal Exchange (LME) y Cochilco.cl, los reportes del Dispatch de la unidad minera para los tonelajes descargados de mineral de 3 áreas de conformación de pads de lixiviación.

El método empleado es el análisis sistemático de la información procesada en el programa Excel, y para datos estadísticos se usó el software MINITAB, en la cual se realizó la tabulación de datos y elaboración de gráficos estadísticos para analizar la información.

2.4. Procedimiento

El estudio de desarrolló en dos fases: campo y gabinete. En campo se monitorearon el número de ingresos y los tiempos de trabajo del personal de topografía y el número de ingresos y los tiempos de trabajo del dozer, con y sin el uso de GPS de alta precisión en las áreas donde se conforman pads de lixiviación.

En gabinete se analizó el tiempo y los costos, con la base de datos de tres pads de una mina a tajo abierto en Cajamarca, interpretando estos, desde el año 2009 hasta el año 2018.

Con el uso del programa Excel, se calcularon las onzas designadas y depositadas, así mismo su valor en dólares.

Para hallar las onzas designadas y depositadas se utiliza la fórmula:

$$\text{onzas} = (\text{tonelaje} \times \text{ley de mineral}) / 30.1$$

Para hallar el valor de las onzas en dólares se utiliza la fórmula:

$$\text{Dólares} = \text{Onzas} \times \text{Precio del oro (por año)}$$

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Análisis del trabajo del operador en la conformación de pads de lixiviación antes y después del uso del GPS en dozer.

TRACTOR D11R SIN SISTEMA GPS LEICA

- El operador de tractor necesita ayuda de los topógrafos para que le indiquen el nivel en que está trabajando.
- El operador de tractor necesita de topografía para saber si esta en piso según el avance en las celdas del pad.
- La precisión en cuanto a nivel de descarga era de un 79%.

TRACTOR D11R SIN SISTEMA GPS LEICA

- El operador de tractor NO necesita ayuda de los topógrafos para que le indiquen en qué nivel de descarga está trabajando en tiempo real.
- El operador de tractor NO necesita ayuda de topografía para determinar el nivel en el avance de la descarga del pad en tiempo real.
- La precisión en cuanto a nivel de descarga del mineral con el sistema GPS aumentó a un 96 % en tiempo real.

3.2 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados antes del uso de GPS en dozer en el año 2009.

Tabla 1

Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2009

Leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonelaje depositado (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
PAD 1	8A	269	8	7,810	230	7	6,687	39
	9A	6,662	199	193,700	5,596	167	162,704	1,066
	10B	1,349	40	39,234	1,077	32	31,314	272
Total PAD 1		8,280	248	240,744	6,903	206	200,705	1,377
PAD 2	4_5	8,605	257	250,181	7,400	221	215,156	1,205
	5A	3,261	98	94,819	2,304	69	66,989	957
Transitional Pad	Trans 7	693	21	20,154	542	16	15,759	151
Total PAD 2		12,559	376	365,154	10,246	306	297,903	2,313
PAD 3	1_5	15,544	465	451,949	13,368	400	388,676	2,176
	6	9,807	293	285,139	8,234	246	239,404	1,573
Total PAD 3		25,351	758	737,087	21,602	646	628,080	3,749
TOTAL		46,190	1,381	1,342,986	38,751	1,159	1,126,689	7,439

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 46190 toneladas y se depositaron solamente 38751 toneladas

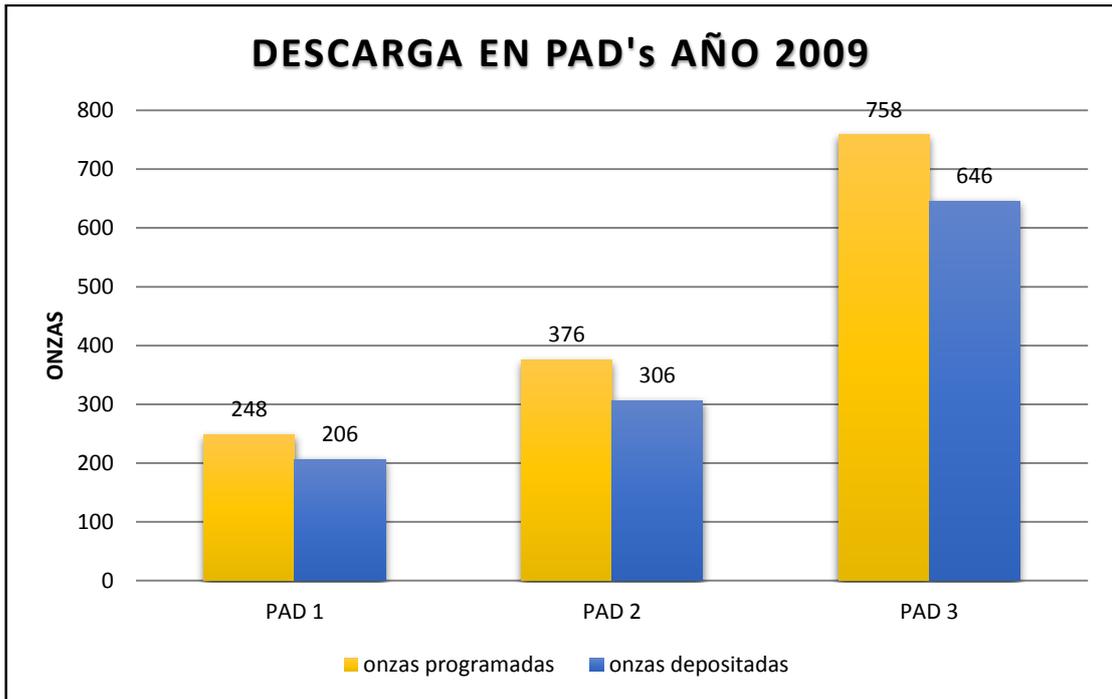


Figura 1. Antes del uso de GPS en dozer, no se depositan 222 onzas teniendo una precisión de aproximada de 86%.

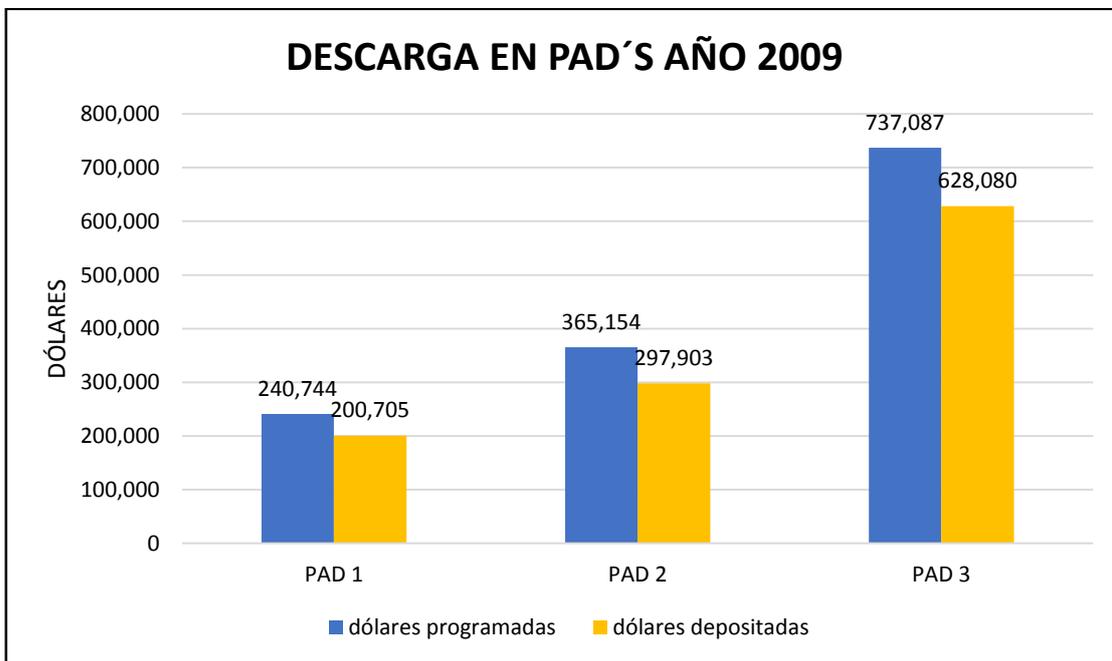


Figura 2. Las onzas no depositadas tienen un valor aproximado de 216297 dólares.

Haga clic aquí para escribir texto.

3.3 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados antes del uso de GPS en dozer en el año 2010.

Tabla 2.

Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2010.

leach Pads	Stag e	Capacidad designada (Ktons)	Onzas programada s	Dólares	Tonelaj e depositado (Ktons)	Onzas depositada s	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	8	2,284	68	83,612	1,964	59	71,907	320
	9A	18,955	567	693,971	16,680	499	610,695	2,275
	10B	2,907	87	106,431	2,500	75	91,531	407
Total PAD 1		24,145	722	884,015	21,144	632	774,132	3,001
Pad 2	4_5	10,840	324	396,878	9,214	276	337,347	1,626
	5A	14,628	437	535,551	12,726	381	465,929	1,902
	5B	2,384	71	87,274	2,050	61	75,055	334
Transitional Pad	Trans 7	5,055	151	185,067	3,246	97	118,844	1,809
Total PAD 2		32,906	984	1,204,770	27,236	814	997,175	5,670
Pad 3	1_5	23,285	696	852,509	19,792	592	724,632	3,493
	6	14,017	419	513,205	12,195	365	446,488	1,822
Total PAD 3		37,302	1,115	1,365,713	31,987	956	1,171,120	5,315
TOTAL		94,353	2,821	3,454,498	80,367	2,403	2,942,428	13,986

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 94353 toneladas y se depositaron solamente 80367 toneladas,

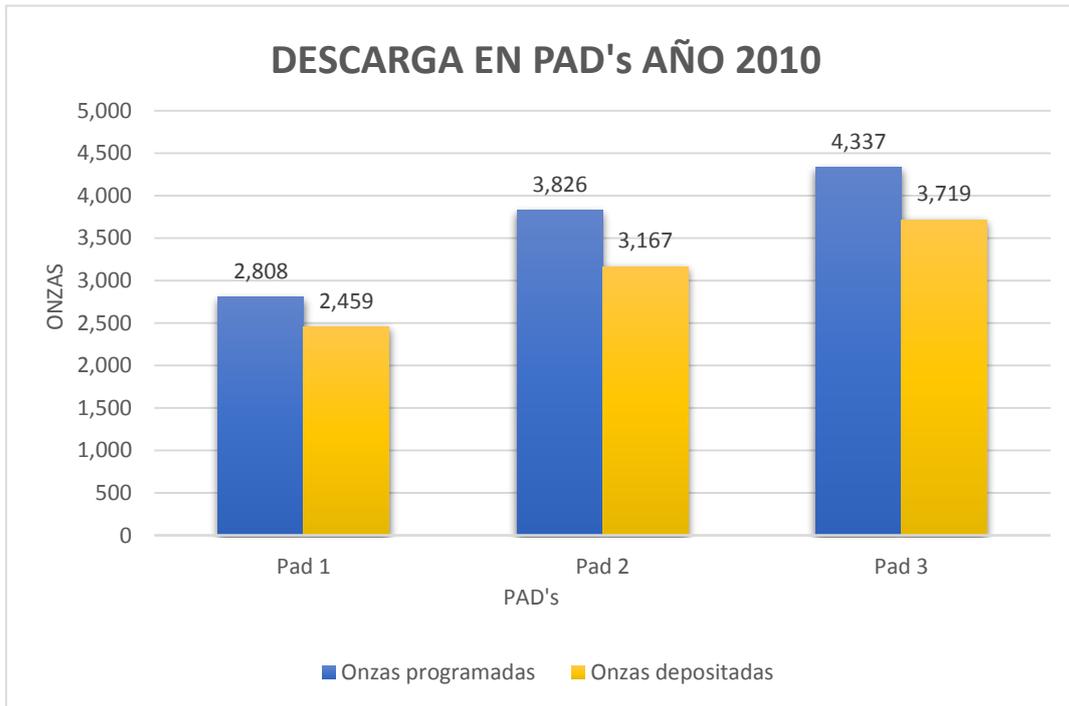


Figura 3. Antes del uso de GPS en dozer, no se depositan 122 onzas teniendo una precisión de aproximada de 87%

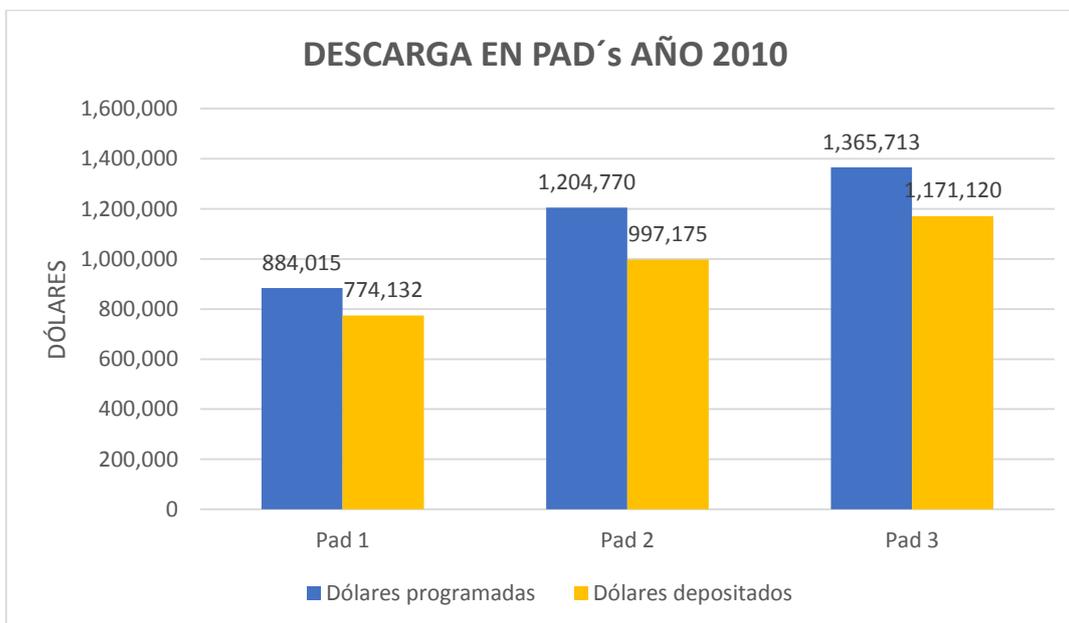


Figura 4. Las onzas no depositadas tienen un valor aproximado de 512070 dólares.

3.4 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados antes del uso de GPS en dozer en el año 2011.

Tabla 3

Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2011.

Leach Pads	Stage	Capacidad designada (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonelaje depositado (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	10B	27,431	820	1,288,629	21,591	646	1,014,268	5,840
Total PAD 1		27,431	820	1,288,629	21,591	646	1,014,268	5,840
Pad 2	4_5	1,037	31	48,720	1,006	30	47,258	31
	5A	11,991	359	563,286	9,751	292	458,067	2,240
	5B	6,810	204	319,919	4,674	140	219,568	2,136
Transitional Pad	7	6,887	206	323,514	4,749	142	223,091	2,138
Total PAD 2		26,725	799	1,255,438	20,180	603	947,984	6,545
Pad 3	1_5	30,623	916	1,438,581	25,011	748	1,174,927	5,612
	6	24,806	742	1,165,303	21,310	637	1,001,067	3,496
Total PAD 3		55,430	1,657	2,603,883	46,321	1,385	2,175,994	9,109
TOTAL		109,586	3,277	5,147,950	88,092	2,634	4,138,246	21,494

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 109538 toneladas y se depositaron solamente 88092 toneladas,

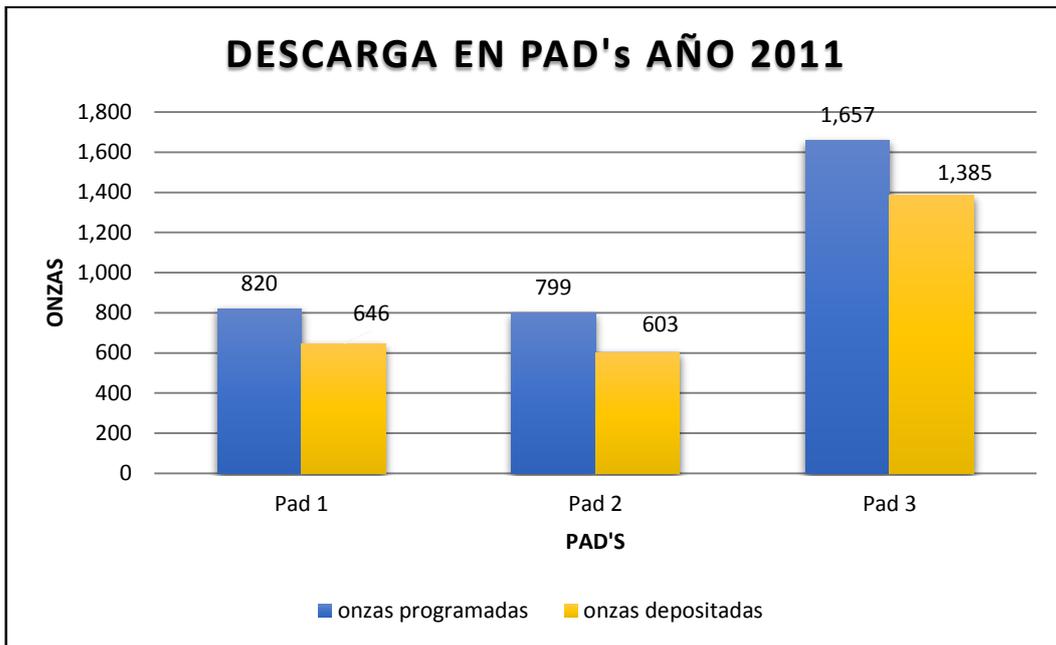


Figura 5. Antes del uso de GPS en dozer, no se depositan 643 onzas teniendo una precisión de aproximada de 87%.



Figura 6. Las onzas no depositadas tienen un valor aproximado de 1009704 dólares.

3.5 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados antes del uso de GPS en dozer en el año 2012.

Tabla 4

Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2012

leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	10B	15,569	466	776,474	12,946	387	645,667	2,623
Total PAD 1		15,569	466	776,474	12,946	387	645,667	2,623
Pad 2	5A	9,837	294	490,615	8,542	255	426,023	1,295
	5B	2,622	78	130,792	1,570	47	78,302	1,052
Transitional Pad	Trans 7	18,395	550	917,422	15,843	474	790,152	2,552
Total PAD 2		30,854	923	1,538,829	25,955	776	1,294,476	4,899
Pad 3	1_5	3,520	105	175,576	2,450	73	122,191	1,070
	6	11,248	336	561,004	9,911	296	494,300	1,337
	7_Ph1	9,236	276	460,639	7,959	238	396,946	1,277
Total PAD 3		24,005	718	1,197,220	20,320	608	1,013,437	3,685
TOTAL		70,428	2,106	3,512,522	59,221	1,771	2,953,581	11,207

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 70428 toneladas y se depositaron solamente 59221 toneladas,

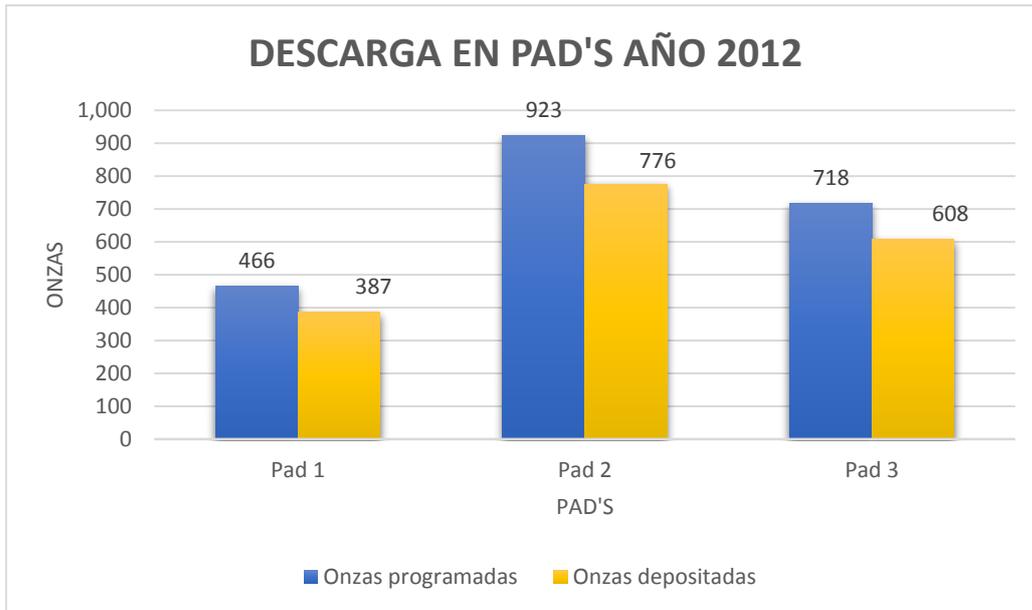


Figura 7. Antes del uso de GPS en dozer, no se depositan 335 onzas teniendo una precisión de aproximada de 88%.

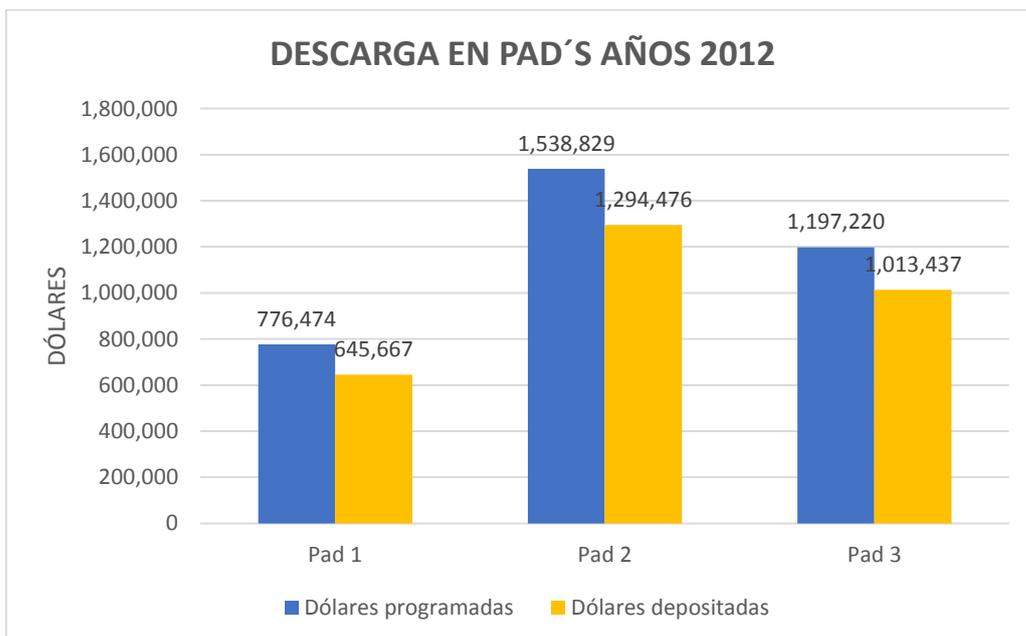


Figura 8. Las onzas no depositadas tienen un valor aproximado de 558941 dólares.

3.6 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados antes del uso de GPS en dozer en el año 2013.

Tabla 5

Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2013.

leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	Onzas Depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	10B	33,439	1,000	1,409,474	30,105	900	1,268,929	3,334
Total PAD 1		33,439	1,000	1,409,474	30,105	900	1,268,929	3,334
Pad 2	Trans 7	166	5	7,011	133	4	5,606	33
Total PAD 2		166	5	7,011	133	4	5,606	33
Pad 3	7_Ph1	25,431	760	1,071,903	22,922	685	966,165	2,509
Total PAD 3		25,431	760	1,071,903	22,922	685	966,165	2,509
TOTAL		59,036	1,765	2,488,388	53,160	1,590	2,240,700	5,876

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 59036 toneladas y se depositaron solamente 53160 toneladas,



Figura 9. Antes del uso de GPS en dozer, no se depositan 684 onzas teniendo una precisión de aproximada de 88%.

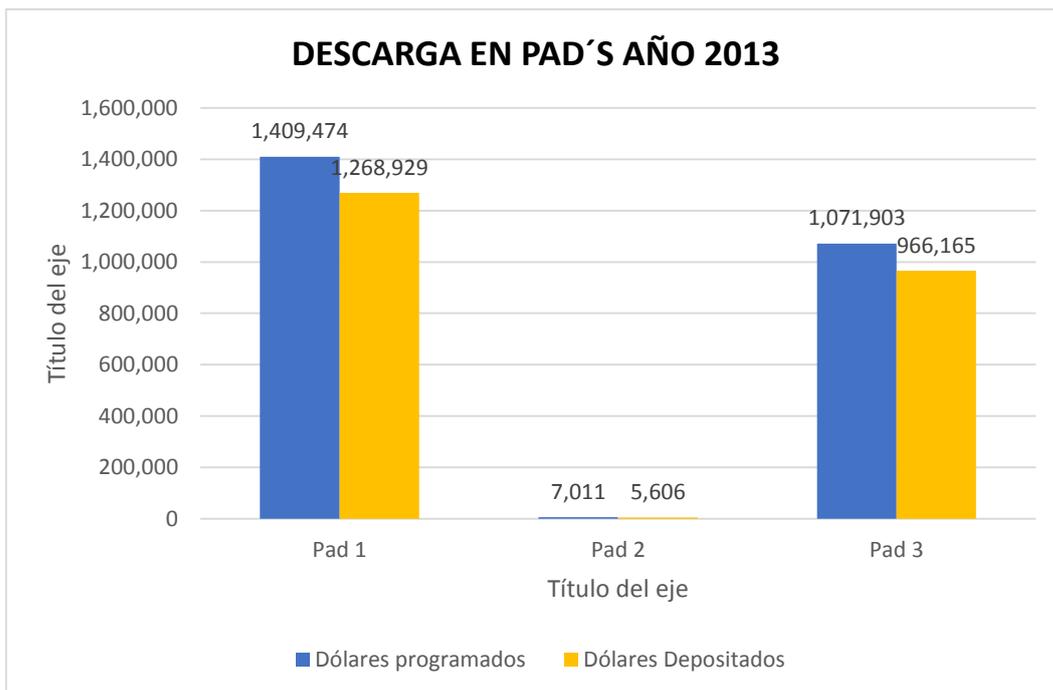


Figura 10. Las onzas no depositadas tienen un valor aproximado de 963231 dólares.

3.7 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados antes del uso de GPS en dozer en el año 2014.

Tabla 6

Capacidad de toneladas designadas y depositadas en el año 2014.

Leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	10B	12,064	361	456,536	10,823	324	409,563	1,241
Total pad 1		12,064	361	456,536	10,823	324	409,563	1,241
Pad 2	Trans 7	608	18	23,011	542	16	20,510	66
	8 ^a	5,921	177	224,078	4,803	144	181,755	1,118
Total pad 2		6,530	195	247,089	5,345	160	202,265	1,185
Pad 3	7_Ph1	5,114	153	193,535	4,012	120	151,822	1,102
	7_Ph2	3,075	92	116,374	2,183	65	82,609	892
Total pad 3		8,190	245	309,908	6,195	185	234,431	1,995
TOTAL		26,783	801	1,013,534	22,363	669	846,260	4,420

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 26783 toneladas y se depositaron solamente 22363 toneladas.

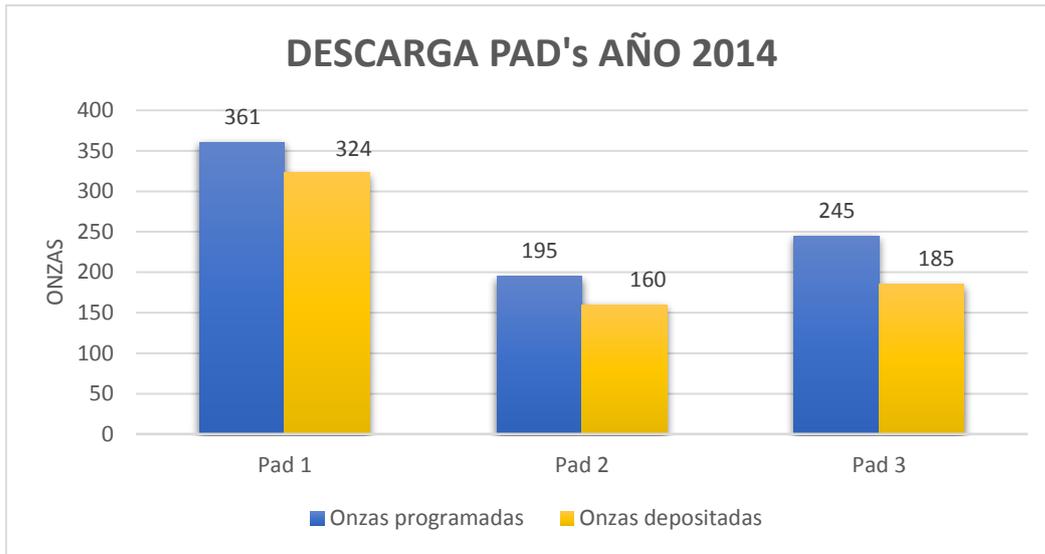


Figura 11. Antes del uso de GPS en dozer, no se depositan 132 onzas teniendo una precisión de aproximada de 88%.

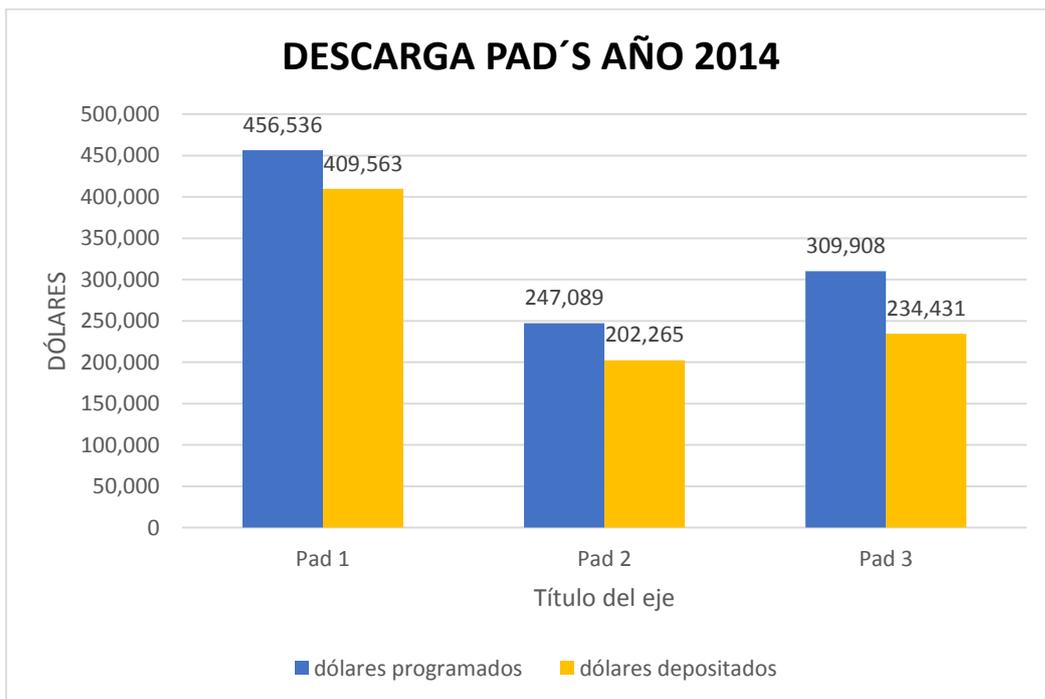


Figura 12. Las onzas no depositadas tienen un valor aproximado de 167274 dólares.

3.8 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados con la aplicación de GPS en dozer en el año 2015.

Tabla 7

Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación gps en dozer en el año 2015.

leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	10C	3,355	100	116,246	3,331	100	115,430	24
Total Pad 1		3,355	100	116,246	3,331	100	115,430	24
Pad 2	Trans 7	79	2	2,730	78	2	2,703	1
Total Pad 2		79	2	2,730	78	2	2,703	1
Pad 3	7_Ph1	7,979	239	276,483	7,859	235	272,339	120
	7_Ph2	17,004	508	589,247	16,894	505	585,431	110
Total Pad 3		24,983	747	865,730	24,753	740	857,771	230
TOTAL		28,416	850	984,706	28,162	842	975,903	254

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 28416 toneladas y se depositaron 28162 toneladas, generando una precisión de 98%

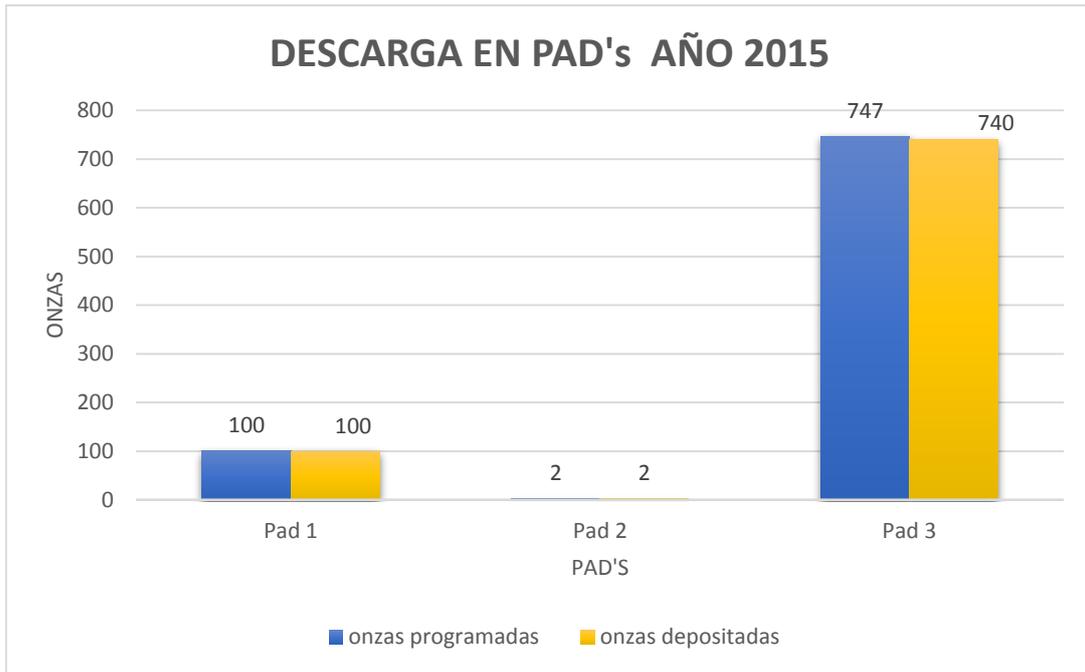


Figura 13. Con el uso de GPS solamente se dejan de depositar 8 onzas de mineral.

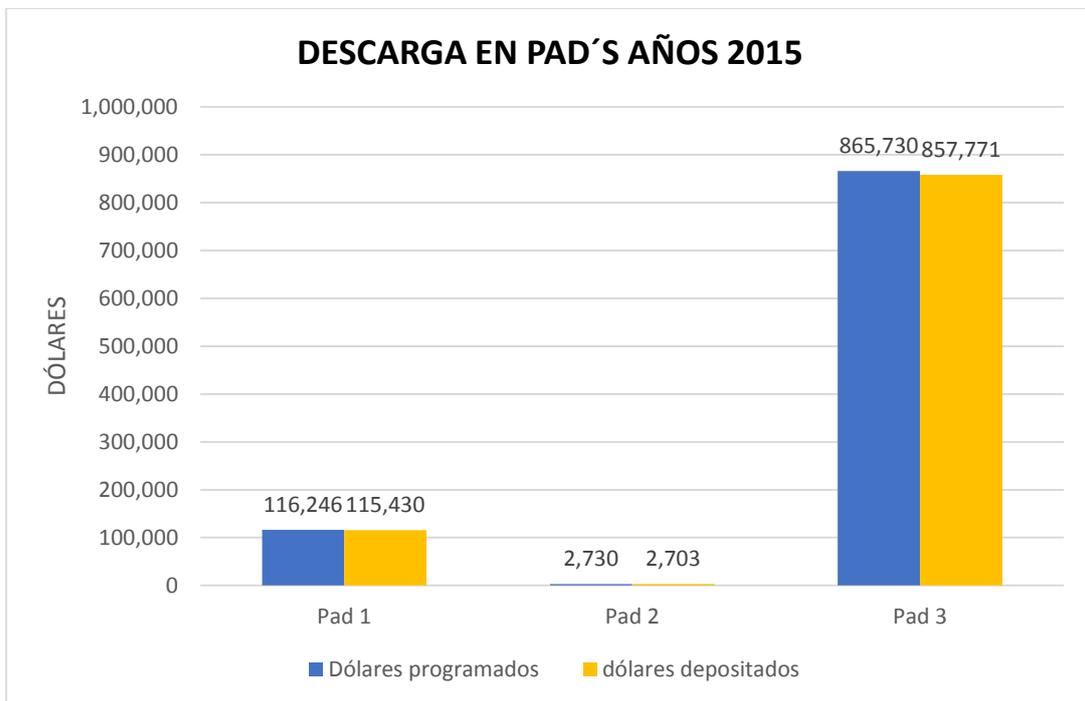


Figura 14. Se tiene un valor reducido de 8803 dólares.

3.9 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados con la aplicación de GPS en dozer en el año 2016.

Tabla 8

Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación gps en dozer en el año 2016.

Leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
Pad 1	10C	6,851	205	256,204	6,714	201	251,080	137
Total pad 1		6,851	205	256,204	6,714	201	251,080	137
Pad 2	Trans 7	58	2	2,153	57	2	2,132	1
Total Pad 2		58	2	2,153	57	2	2,132	1
Pad 3	7_Ph1	6,940	208	259,540	6,732	201	251,753	208
	7_Ph2	15,089	451	564,268	14,787	442	552,982	302
	8	585	17	21,871	579	17	21,653	6
Total Pad 3		22,614	676	845,679	22,098	661	826,388	516
TOTAL		29,522	883	1,104,036	28,869	863	1,079,600	653

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 29522 toneladas y se depositaron 28869 toneladas, generando una precisión de 98%.

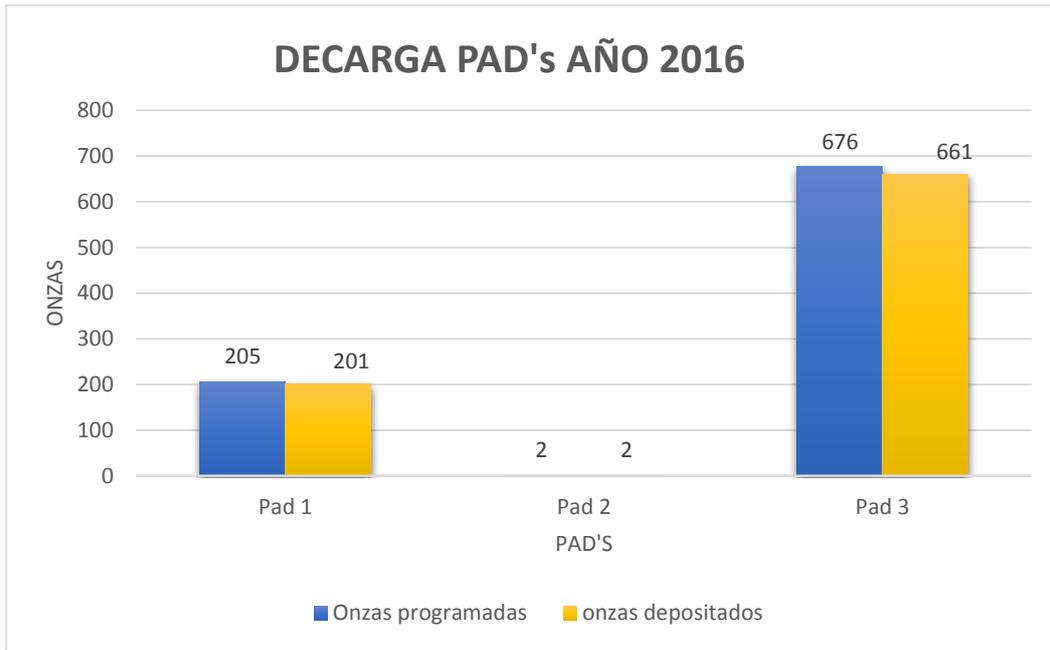


Figura 15. Con el uso de GPS solamente se dejan de depositar 20 onzas de mineral.

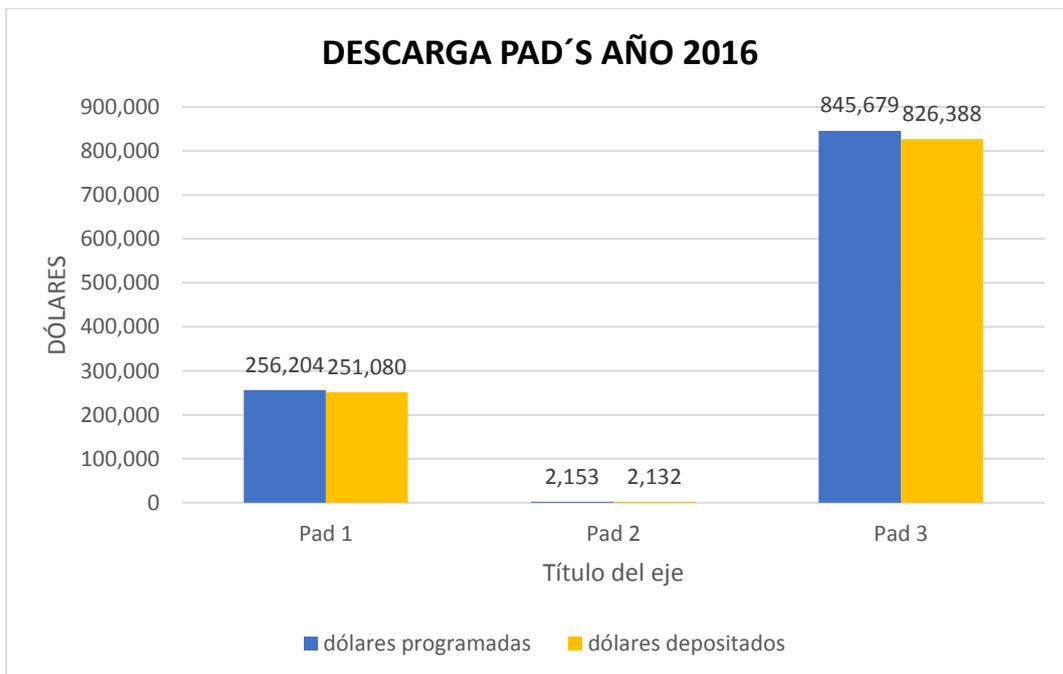


Figura 16. Se tiene un valor reducido de 24436 dólares.

3.10 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados con la aplicación de GPS en dozer en el año 2017.

Tabla 9

Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación gps en dozer en el año 2017.

leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	Onzas programadas	Dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	Onzas depositadas	Dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
PAD 1	10B	191	6	7,180	189	6	7,108	2
	10C	2,497	75	93,905	2,467	74	92,779	30
Total PAD 1		2,688	80	101,085	2,656	79	99,887	32
PAD 2	8 ^a	172	5	6,485	169	5	6,356	3
Total PAD 2		172	5	6,485	169	5	6,356	3
PAD 3	7_Ph2	10,535	315	396,202	10,319	309	388,077	216
	8	19,398	580	729,519	19,310	577	726,211	88
Total PAD 3		29,933	895	1,125,721	29,629	886	1,114,288	304
TOTAL		32,793	981	1,233,291	32,454	970	1,220,530	339

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 32793 toneladas y se depositaron 32454 toneladas, generando una precisión de 98%



Figura 17. Con el uso de GPS solamente se dejan de depositar 11 onzas de mineral.

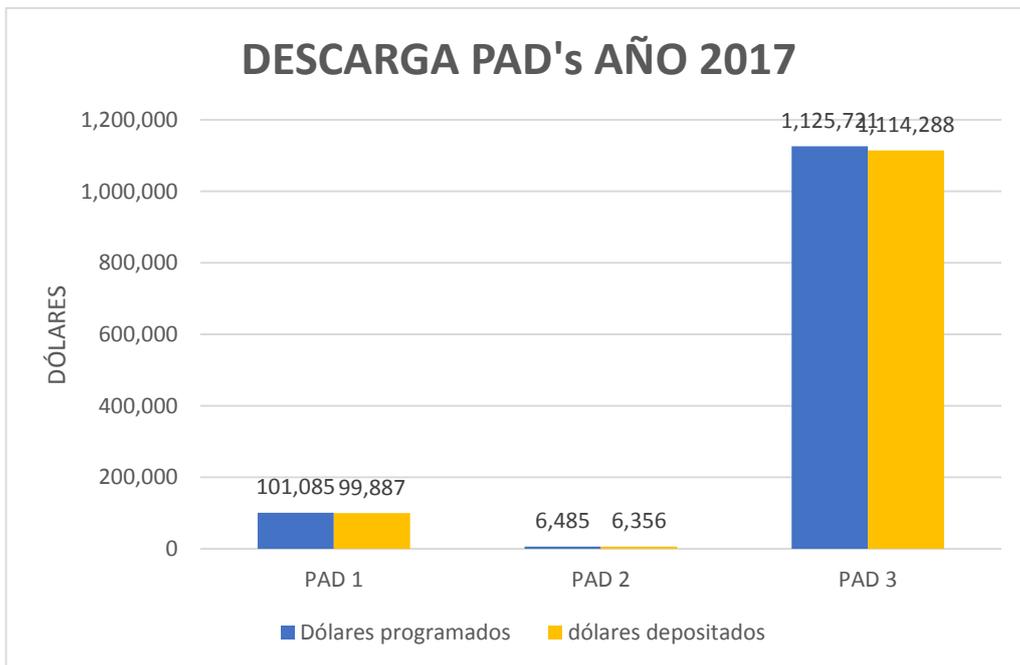


Figura 18. . Se tiene un valor reducido de 12761 dólares

3.11 Evaluación de onzas y su valor en dólares programados y depositados con la aplicación de GPS en dozer en el año 2018.

Tabla 10

Capacidad de toneladas designadas y depositadas con la aplicación gps en dozer en el año 2018.

Leach Pads	Stage	Design Capacity (Ktons)	onzas programadas	dólares	Tonnes Deposited (Ktons)	onzas depositadas	dólares	Diferencia de tonelaje (Ktons)
PAD 1	10C	2,799	84	105,264	2,743	82	103,159	56
Total PAD1		2,799	84	105,264	2,743	82	103,159	56
PAD 2	8A	1,363	41	51,255	1,352	40	50,846	11
Total PAD 2		1,363	41	51,255	1,352	40	50,846	11
PAD 3	7_Ph2	12,096	362	454,903	11,954	357	449,566	142
	8	9,914	296	372,851	9,815	293	369,123	99
Total PAD 3		22,010	658	827,755	21,769	651	818,689	241
TOTA		26,172	783	984,274	25,864	773	972,694	308

Entre los 3 pads tenían una capacidad designada de 26172 toneladas y se depositaron 25864 toneladas, generando una precisión de 98.5%

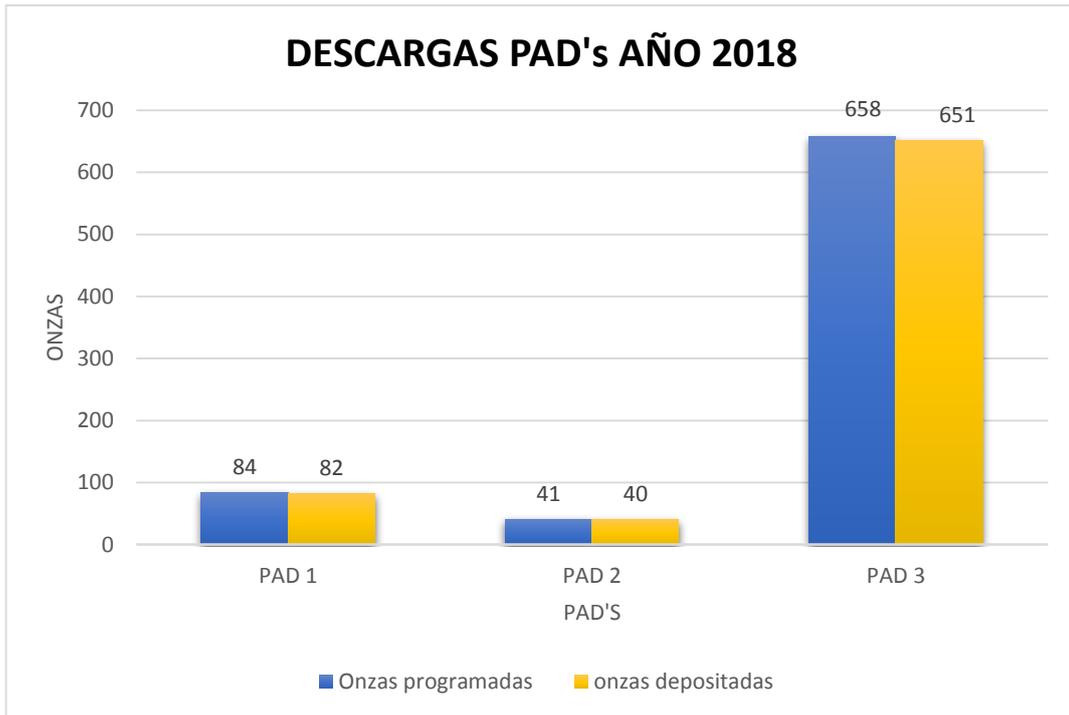


Figura 19. Con el uso de GPS solamente se dejan de depositar 101 onzas de mineral.

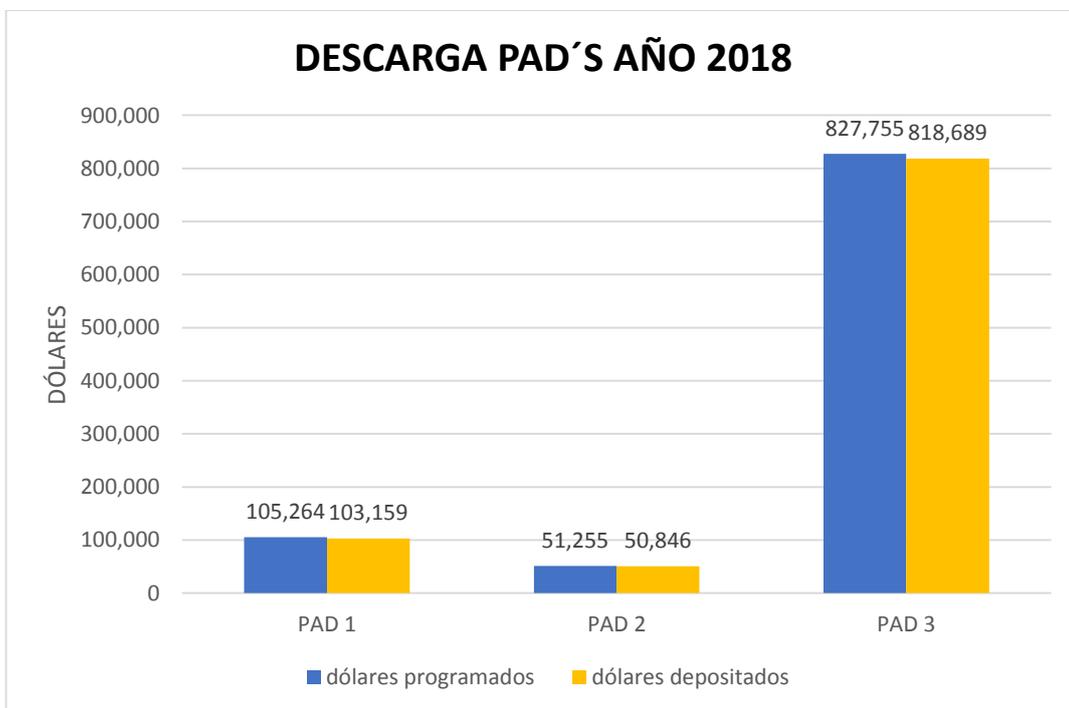


Figura 20. Se tiene un valor reducido de 11580 dólares.

3.12 Resumen de la evaluación de costos operativos del año 2009 al 2018.

Tabla 11

Costos operativos del año 2009 al 2018

	AÑOS									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TONELAJE NO DEPOSITADO	7,439	13,986	21,494	11,207	5,876	4,420	254	653	339	308
ONZAS NO DEPOSITADAS	222	418	643	335	176	132	8	20	10	9
DOLARES	216,297	512,070	1,009,704	558,942	247,688	167,274	8,803	24,436	12,761	11,580

En 6 años comprendidos desde el 2009 hasta el 2014, sin el uso de GPS, no se depositaron 64,423 toneladas, equivalente a 1,926 onzas, dejando de producir una suma aproximada de 2, 711,976 dólares. En 4 años comprendidos desde el 2015 hasta el 2018 con la aplicación de GPS, no se depositaron 1,555 toneladas, equivalente a 46 onzas, dejando de producir una suma aproximada de 57,580 dólares.



Figura 21. A partir del año 2015 con el uso del gps se redujo el tonelaje no depositado por debajo de los 700 ktons/año.



Figura 22. A partir del año 2015 con el uso del gps se redujo las onzas no depositadas por debajo de los 30 onzas/año.



Figura 23. A partir del año 2015 con el uso del gps el valor en dolares de las onzas no depositadas estuvieron por debajo de 25,000/año.

3.20 Resumen de la evaluación de costos operativos del año 2009 al 2018.

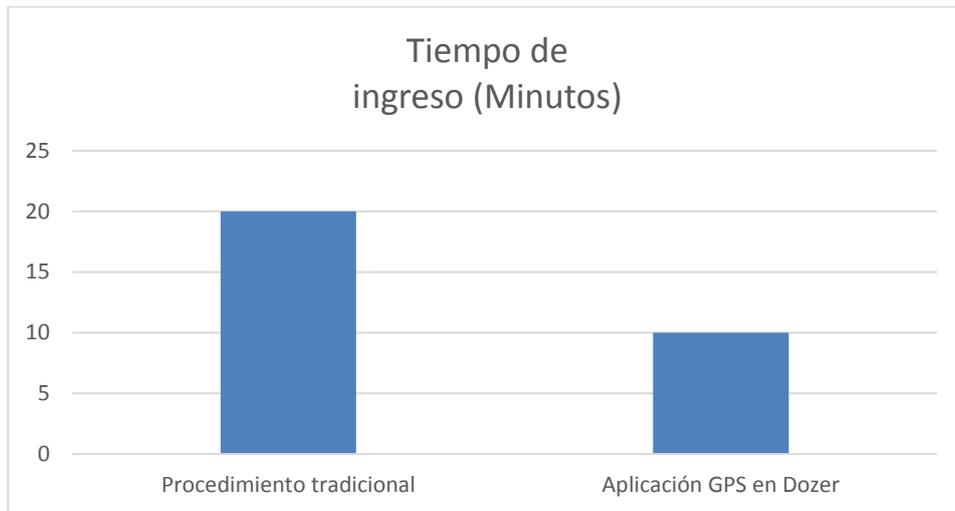


Figura 24. Con la aplicación del GPS el número de ingresos por día del topógrafo se redujo de 3 a 1. Y el tiempo de ingreso de personal de topografía se redujo de 20 a 10 minutos.

3.21 Influencia del uso de GPS en dozer sobre el tiempo de parada de operación por año en minutos

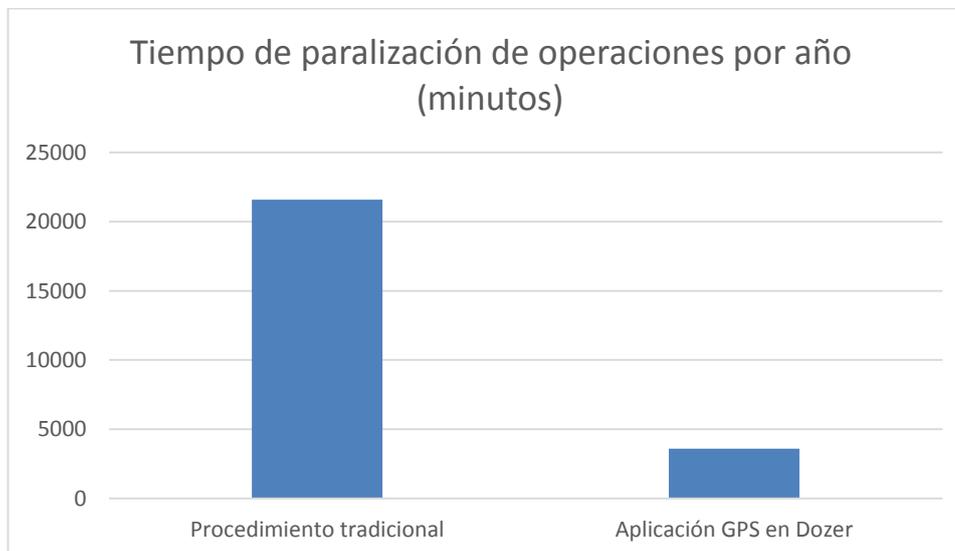


Figura 25. Con la aplicación de GPS en dozer el tiempo de paralización de operaciones por año se redujo de 22000 a 3500 minutos aproximadamente.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

MC'Callum, (2017) con una estructura de control de costos diarios reporte de equipo y transporte diarios y datos de costos de meses anteriores, sistematizo los costos en hojas Excel, la presente investigación también logró sistematizar los costos en la tarea de conformación de pads de lixiviación partir de los datos de ley de mineral y toneladas descargadas en los pads pudiendo así calcular las onzas programadas y depositadas y su valor en dólares.

Efectivamente el registro y control de costos y tonelaje, ayuda a poder realizar cálculos con el objetivo de estimar el valor en dólares de las onzas no depositas, como en el presente proyecto, que en seis años comprendidos desde el 2009 al 2014 se estimó que no se depositaron aproximadamente 2,711,976 dólares.

De los Ríos, (2016) llegó a la conclusión que luego de la aplicación del sistema GPS, se redujo el tiempo para esta operación de 48 horas a 20 horas, la precisión se optimizo de un 88% a un 98%. Pero no calculó el incremento de las onzas depositadas y su valor en dólares

Concuero en que luego de la aplicación del sistema gps se optimiza la precisión, tal es el caso del presente proyecto que como resultado indica, que antes de implementar el sistema gps en dozer la precisión era de un 79% y con la aplicación de gps en dozer la precisión se optimizo a un 98%

Toda actividad minera requiere de cierta inversión, la implementación de un sistema gps es parte de ella: instalación, mantenimiento, capacitación, etc. Pero que en un tiempo estimado optimiza el rendimiento y producción de una empresa.

4.2 Conclusiones

- Se estimaron los costos operativos al aplicar Gps en Dozer, donde la precisión de depósito de mineral se optimizó de 79% a 98%. Reduciendo notablemente los costos operativos.
- Al usar GPS en dozer el operador de tractor NO necesita ayuda de los topógrafos para que le indiquen en qué nivel de descarga está trabajando, ni el nivel en el avance de la descarga del pad en tiempo real
- El número de ingresos del personal de topografía se reduce de 3 a solo 1 ingreso por día, lo que es una reducción de tiempo de 30 a 10 minutos por guardia.
- En 6 años comprendidos desde el 2009 hasta el 2014, sin el uso de GPS, no se depositaron 64,423 toneladas, equivalente a 1,926 onzas, dejando de producir una suma aproximada de 2, 711,976 dólares. En 4 años comprendidos desde el 2015 hasta el 2018 con la aplicación de GPS, no se depositaron 1,555 toneladas, equivalente a 46 onzas, con un valor aproximado de 57,580 de dólares.

REFERENCIAS

Apaza Risco, E. D. (2017). Disminución de tiempos improductivos para incrementar la utilización de los equipos de carguío y acarreo en la mejora continua de la productividad en el tajo Chalarina en Minera Shahuindo SAC.

Baertlein, Carlson, Eckels, Lyle, & Wilson, (2000). “Un Sistema de Guidance de Máquina de GPS RTK de Alto Rendimiento y Alta Precisión”. Estados Unidos: Revista. Springer.

Buchli, Sutton, & Beutel, (2012). “Nodo de red de sensor inalámbrico equipado con GPS para aplicaciones de posicionamiento de alta precisión”. Suiza: Revista. Conferencia europea sobre redes de sensores inalámbricos EWSN 2012.

Camarena Ames, C. J. (2008). Lineamientos generales para optimización de una mina a cielo abierto.

Cárdenas Salazar, S. M. (2017). Optimización de costos en la construcción del PAD, mediante el control y la gestión operativa por Stracon GyM en Minera Shahuindo”. Perú.

Clerque Briceño, N. J. (2018). Impacto de la implementación de un proceso de mejora de un ciclo de carguío sobre los costos operativos en una Empresa Minera.

Cuadros Álvarez, M. A. (2011). Reducción de costos operacionales en el sistema de carguío y acarreo en mina a tajo abierto mediante la implementación del PDAs.

Czaplicki, J. M. (2014). *Statistics for Mining Engineering*. CRC Press.

De los Ríos Carrillo, L. A. (2016). Optimización de Tiempo y Precisión en la conformación de Plataformas de Pads de Lixiviación, mediante el uso del Sistema de Posicionamiento Global en Equipos Dozer en una Mina a Tajo Abierto, Cajamarca, 2016. Perú.

Esan (2016). ”La reducción de costos en la actividad minera”, recuperado 12 de agosto, disponible en: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/04/reduccion-costos-actividad-minera/>

EXPOTECNOMIN (2016). Primer Congreso Internacional de Tecnología Aplicada a la Minería. Perú

Fonseca, Jaime (1976). La descripción teórica – práctico de las maquinarias. Perú.

Gonzales Paihua, T. (2010). Diseño de minas a tajo abierto. Perú.

Gulal & Akpinar, (2003). “Aplicaciones de los Sistemas de Orientación de la Máquina basados en el GPS en Operaciones Mineras de Open PIT”. Estados Unidos: Revista. 3rd International Scientific Conference. Recuperado de: <http://www.citeulike.org/group/18367/article/13484640>.

Hidalgo, Rodríguez (1975). Los factores que influyen en el funcionamiento del sistema de carguío y transporte. Perú.

Huamaní, (2015). "Estudio comparativo de equipos Bulldozer para identificar su producción y disponibilidad, en el proyecto Shahuindo, Cajabamba - Perú 2015".

Perú.

Huaypar, Díaz (2010). Costos de Operaciones Mineras. Perú.

Izurietta & Zavala, (2010). "Evaluación del riesgo operativo, costos y tiempo de perforación para distintos tipos de pozos mediante el software Osprey Risk y Drilling Office". Quito- Ecuador.

Jáuregui, (2011). "Reducción de los Costos Operativos en mina, mediante la optimización de los estándares de las operaciones unitarias de Perforación y Voladura". Perú.

Joseph, Alberto (2012). Diseño y Operaciones de Minas a Cielo Abierto. Perú.

Lagos, (2010). "Evaluación del riesgo financiero en proyectos mineros marginales".

Perú: Tesis. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/692>

MC'Callum, (2017). "Implementación de una estructura de control de costos diarios en la unidad minera Arasi". Puno- Perú.

Merejildo, (2015). "Implicancias tributarias de la RTF N°03113-1-2006 en la determinación del impuesto sobre la renta, al calificar a los PADS de lixiviación como activo fijo y no como gastos de desarrollo en las empresas del sector minero por el ejercicio 2013". Perú.

Minera Yanacocha SRL (2008). Manual de operaciones. Newmont Company.

Minera Yanacocha SRL (2012). Manual de Maquinaria Pesada. Newmont Company.

Morawska, Lidia; R Moore, Michael; D Ristovski, Zoran (2004). Department of the Environment and Heritage, ed. « Health Impacts of Ultrafine Particles Desktop Literature Review and Analysis.

Moskowitz, H. y Wright G.P. Investigación de Operaciones. Prentice Hall Hispanoamericana S.A. 1991.

Niño, (2018). “Maximización de valor a través de la optimización del diseño de fases y plan de producción de una mina a tajo abierto”. Perú: Tesis. Recuperado de:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/12017>

Nuñovero, (2000). “Diseño y construcción de Pads de lixiviación en pilas”. Perú.

Pozo Ruz, y otros, (2000). “Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro”. España.

Reyes Jara Manuel (2014). “Camiones mineros: Gigantes en tamaño y relevancia” Editorial Editec. Revista Minería Chilena.

Ruff & Holden, (2003). “Prevención de colisiones que involucran equipos de minería de superficie: un enfoque basado en GPS”. Estados Unidos: Revista. ScienceDirect.

Ruiz, (2014). “Mejoramiento de procesos operativos en proyecto Anabi - Cusco y Apurímac”. Perú: Tesis. Recuperado de:
<http://repositorio.uni.edu.pe/handle/uni/9706>

Seung-Woo, Sang-Youb, & Halpin, (2005). “Evaluación de la productividad de los sistemas de movimiento de tierras convencionales y basados en GPS usando simulación de construcción”. Estados Unidos. Revista. Ascelibrary.

Seungwoo, Sangyoub, Taehoon, & Hoon, (2006). “Análisis de simulación de la variación de la productividad mediante la implementación del sistema de posicionamiento global (GPS) en las operaciones de movimiento de tierras”. Cánada: Revista: Canadian Journal of Civil Engineering.

Shahrjooi, Abbasi, & Fakhrahmad, (2012). “Applying Mining Schemes to Software Fault Prediction: A Proposed Approach Aimed at Test Cost Reduction”. London-Reino Unido: Actas del Congreso Mundial de Ingeniería 2012 Vol I.

Smith, (2015). “Propuesta de diseño para la construcción de pad lixiviación número 3 de la unidad Minera Tucari – Aruntani”. Moquegua- Perú.

Teves, (2014). “Descripción de una metodología de diseño de un tajo abierto”. Perú: Tesis. Recuperado de: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9917>

Tinoco, Sergio (2006). Mejoramiento de la performance y gestión del Dispatch en Cerro Verde. Perú.

Untol, (2017). “Influencia del p80 en la recuperación de oro en el proceso de lixiviación en pads dinámicos mediante la optimización de los parámetros geométricos de perforación y voladura en taladros de producción en compañía minera San Simón”. Perú.

Zaki, Parthasarathy, Wei, & Ogihara, (1997). “Evaluation of sampling for data mining of association rules”. Birmingham- Reino Unido: Actas Séptimo Taller Internacional sobre Cuestiones de Investigación en Ingeniería de Datos. Gestión de bases de datos de alto rendimiento para aplicaciones a gran escala. Recuperado de: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/583696/>.

ANEXOS

Anexo n.º 1. Precio del oro del 2009 al 2018

AÑO	PRECIO DEL ORO
2009	972.4
2010	1224.5
2011	1571.1
2012	1668.0
2013	1409.7
2014	1265.6
2015	1159.0
2016	1250.7
2017	1257.8
2018	1268.6

Figura 26. Precio del oro del 2009 al 2018, Fuente Cochilco 2019.

Anexo n.º 2. Vista horizontal del gps aplicado al Dozer.



Figura 27. Vista horizontal del GPS aplicado al DOZER.

Vista perfil del GPS aplicado al Dozer.

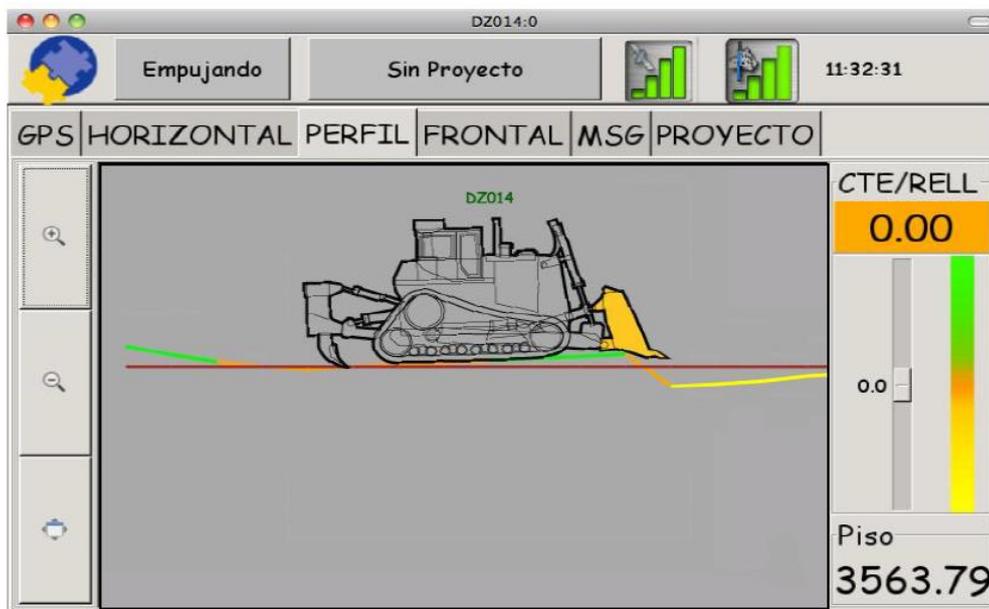


Figura 28. Vista perfil del GPS aplicado al DOZER.