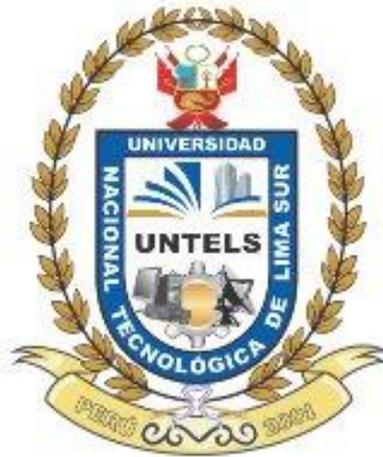


UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELÉCTRONICA Y
AMBIENTAL**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



**“SISTEMA ELECTRONICO DE CONTROL EN TIEMPO REAL DE
MAQUINARIA PESADA CATERPILLAR, PARA LA REDUCCION DE
TIEMPO DE PARADA POR FALLAS”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

QUISPE CHUCTAYA LUIS ALBERTO

**Villa El Salvador
2017**

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que formaron parte de mi vida universitaria y que han hecho posible que pueda desarrollarme y culminar con éxito mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por su comprensión incondicional
y mis profesores de la UNTELS por sus aportes
a mi conocimiento y mi crecimiento personal.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 9 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | |
| 1.1. Descripción de la Realidad Problemática..... | 11 |
| 1.2. Justificación del Problema..... | 12 |
| 1.3. Delimitación del Proyecto..... | 13 |
| 1.4. Formulación del Problema..... | 13 |
| 1.5. Objetivos..... | 14 |
| 1.5.1. Objetivo General..... | 14 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos..... | 14 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. Antecedentes de la Investigación..... | 15 |
| 2.2. Bases Teóricas..... | 18 |
| 2.3 Marco Conceptual..... | 38 |
| CAPÍTULO III: DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA | |
| 3.1. Diseño del sistema de Control..... | 47 |
| 3.2 Descripción del proceso a desarrollar..... | 49 |
| 3.2.1. Característica del PRODUCT LINK – GPS..... | 49 |
| 3.2.2. Componentes del PRODUCT LINK – GPS..... | 52 |
| 3.3 Revisión y Consolidación de resultados..... | 55 |
| CONCLUSIONES | 59 |
| RECOMENDACIONES | 60 |
| BIBLIOGRAFÍA | 61 |
| ANEXOS | 65 |

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 01: Orbita del sistema GPS

Figura N° 02: Latitud y longitud GPS

Figura N°03: Diseño del esquema de interconexión del PRODUCT LINK – GPS y el equipo Caterpillar

Figura N° 04: Diseño del esquema especificando los canales de comunicación

Figura N° 05: Integración del PRODUCT LINK – GPS a un equipo Caterpillar

Figura N° 06: Aplicación web Equipment manager

Figura N°07: Propuesta de solución - arquitectura de comunicación del PRODUCT LINK - GPS y el equipo Caterpillar

Figura N° 08: Propuesta de solución - componentes del PRODUCT LINK - GPS

Figura N° 09: Componente del PRODUCT LINK – GPS – ECM

Figura N° 10: Entradas y salidas del ECM

Figura N° 11: Radio Satelital PRODUCT LINK – GPS

Figura N° 12: Antena PRODUCT LINK – GPS

Figura N° 13: Plataforma VISION LINK – GPS a un equipo Caterpillar

Figura N° 14: Gestión del consumo de combustible de un equipo Caterpillar

Figura N° 15: Gestión de la ubicación de un equipo Caterpillar

Figura N° 16: Gestión del estado de un equipo Caterpillar

Figura N° 17: Comparación de pérdidas antes y después de implementado el proyecto.

INTRODUCCIÓN

Debido a la naturaleza cíclica de la industria de la minería y la construcción, mantenerlos márgenes es un desafío constante. En épocas austeras como esta, los márgenes se aprietan porque más compañías se ofrecen para menos trabajos. El aumento de los costos de capital y materiales, junto con la escasez de operadores calificados, también debilitan las posibles ganancias.

Una manera de combatir esas presiones es recurrir a una gestión de equipos eficaz. La gestión de equipos puede ser muy útil para reducir costos, elevar la eficiencia y mejorar considerablemente sus balances.

Independientemente de la cantidad de máquinas que tenga, la ecuación de la gestión de equipos es bastante simple: todo se reduce a monitorear y usar los equipos para asegurarse de que rindan al máximo al menor costo posible.

Parece simple, pero para conseguir ese objetivo hay que concentrarse en varios factores clave:

Rendimiento de las máquinas: los sistemas de máquinas bien mantenidos funcionan al máximo de sus capacidades y realizan más trabajo con menores costos operativos.

Salud de las máquinas: una máquina sana pasa menos tiempo en el taller y tiene un rendimiento más confiable cuando se la necesita, sin sorpresas.

Mantenimiento y reparaciones planificados: seguir un programa de mantenimiento recomendado ayuda a identificar y corregir pequeños problemas antes de que haya fallas importantes; esto reduce el tiempo de inactividad no programado y las alteraciones de la producción.

Seguridad y protección: con un equipo bien gestionado, se reduce el riesgo de accidentes, y el seguimiento estricto de la ubicación y uso de las máquinas garantiza que el equipo no sea robado o se use sin autorización.

La tecnología incorporada a los equipos actuales para la minería y la construcción facilita la recopilación de información exacta y actualizada al minuto sobre los equipos, Dónde están, Cómo están funcionando. Cuándo deben tener mantenimiento: Si hay algún problema con el sistema de una máquina. Si se están usando incorrectamente.

Y esa información, en forma de datos electrónicos sobre sus equipos, se le puede transmitir directamente a través de Visión Link GPS, por Internet o celular. No es necesario que le pida a alguien que la busque. No tendrá que malgastar tiempo valioso haciendo cálculos porque buena parte del análisis se hace en forma automática con el software avanzado Visión Link GPS.

Al final, lo que usted obtiene es información útil que le permite tomar decisiones más rápido. Decisiones basadas en datos, no en conjeturas. Decisiones que pueden servirle para mejorar su negocio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La Oficina Nacional de Delitos contra Seguros informa que la industria de la Minería y la Construcción pierde más de \$1000 millones al año por robo de equipos y herramientas, y esa cifra aumenta alrededor de un 20% cada año. Y desde el Registro Nacional de Equipos señalan que solo alrededor del 10% de esos bienes robados se recupera alguna vez.

El robo es apenas uno de los riesgos que se presenta en empresas con carencia de monitoreo o capacidad de control sobre sus equipos de maquinaria pesada tal cual es la situación de la Empresa Chinalco Perú S.A.

También se puede resaltar problemas asociados a la falta de monitoreo, la escasa capacidad de conocimiento respecto a las condiciones

operativas adecuadas de los equipos, para actuar oportunamente y reducir el de tiempo debido a paradas de equipos.

Este último punto está estrechamente relacionado al problema de no saber la disponibilidad máxima de la flota para una respuesta rápida a requerimientos necesarios en el proceso productivo, que conlleva a la incapacidad para reemplazar las máquina en el momento oportuno.

Finalmente la carencia de un sistema de monitoreo apoyado en la tecnología de las telecomunicaciones da lugar a que actualmente se siga realizando de forma tradicional, la recolección de datos de gestión de equipos mediante listas de verificación, hojas de trabajo apoyado en la memoria humana. Todo eso puede ser pesado y caro, ya que pueden conducir a errores y retrasar la toma de decisiones.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica en que proporciona una alternativa para monitorear el estado de funcionamiento de la Maquinaria Pesada Caterpillar, pudiendo así establecer planes de mantenimiento y reparaciones, es decir permitirá seguir un programa de mantenimiento recomendado que conlleve a identificar y corregir pequeños problemas antes de que haya fallas importantes.

Otra justificación es que este sistema de monitoreo conllevara a reducir el tiempo de inactividad no programado y las alteraciones de la producción.

Este sistema incorpora a los equipos actuales de Maquinaria Pesada Caterpillar, la recopilación de información exacta y actualizada al minuto sobre los equipos, dónde están y cómo están funcionando.

Si se sabe exactamente dónde están las máquinas y cuándo deben someterse a mantenimiento, se podrá tomar mejores decisiones operativas, más informadas.

La gestión de equipos contribuye a mejorar la eficiencia al monitorear el tiempo de trabajo productivo, la utilización de las máquinas, la logística, el desgaste de los equipos y la capacidad de respuesta de su equipo de trabajo.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto se desarrollará en la empresa Chinalco Perú S.A.

1.3.2 TEMPORAL

La investigación comprende el periodo de Octubre de 2016 a Diciembre de 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Carencia de un sistema de monitoreo inalámbrico en tiempo real de Equipos Pesados Caterpillar, que permita reducir el tiempo de parada por fallas, controlando permanentemente el estado de operación y de funcionamiento.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si es posible y de qué manera se establece un Monitoreo inalámbrico en tiempo real de la flota de Equipos pesados Caterpillar, para la reducción de tiempo de parada por fallas a través de la tecnología Product Link-GPS.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Determinar si es posible y de qué manera la tecnología Product Link – GPS se logra integrar a la flota de equipos Pesados Caterpillar.
- ✚ Determinar si mediante la aplicación de la tecnología Product Link-GPS se logra monitorear en tiempo real algún parámetro de funcionamiento de los Equipos Pesados Caterpillar.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Torres (2011), en su tesis titulada “Gestión del control de maquinaria pesada en obras viales usando tecnologías de la información”, para optar el Grado de Magister en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, concluye que: La recolección de información de la Maquinaria Pesada con el sistema propuesto se hará automáticamente en cualquier instante de tiempo y de manera exacta; esta además será registrada y almacenada en una base de datos de un ordenador y estará disponible a distintos usuarios del sistema; por lo que las labores de recolección, clasificación, registro, transcripción a un medio informático y la redacción de informes, que normalmente efectuaban las empresas, demandando tiempo y uso de recursos humanos en cada una

de sus etapas, quedará resuelto por el sistema y de esta manera generará un ahorro para las empresas”.¹

Noriega (2005), en su tesis titulada “Programa para el control de maquinaria pesada para construcción”, para optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Universidad de Piura de Lima, concluye que: El sistema propuesto, es un gestor de la productividad de la Maquinaria Pesada en obra, al obtener datos de producción reales, exactos e inmediatos de los centros de producción que permitirán un rápido análisis, evaluación, corrección y reprogramación de las actividades que desarrollan. Esto permitirá que las actividades de la Maquinaria Pesada, sean cada vez más industrializadas y mejoradas de forma continua, llegando así a tener una producción cada vez más homogénea y competitiva.²

CHAU (2010), en su tesis titulada “Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierras” para optar el Grado de Magister en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima, concluye que: La solución a través de software de sistemas integrados tiene que enfocarse a mejorar la gestión administrativa y operativa de activo fijo, mantenimiento, almacenes, compras, finanzas y contabilidad, buscando implementar las mejores prácticas en los procesos propios del software. La metodología de

¹TORRES, J. (2011). Gestión del control de maquinaria pesada en obras viales usando tecnologías de la información. (Tesis de Post Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

² NORIEGA, G. (2005). Programa para el control de maquinaria pesada para construcción. (Tesis de Pre Grado). Universidad de Piura, Piura, Perú.

planeamiento y control propuesta, permite integrar variables operativas y financieras, mejorando los canales de comunicación entre las áreas y por consecuencia los resultados de la empresa.³

Gonzales (2010), en su libro titulado “Instalación y Mantenimiento Electromecánico de maquinaria y conducción de líneas”, señala que: “En la actualidad, los cambios se están produciendo en el entorno productivo en aspectos tales como la incorporación de comunicación para el control entre los centros de producción y los centros de decisiones (oficinas); este sistema evitará que tengan que comunicarse constantemente con los ingenieros para obtener datos de producción, esto implica una eficiencia en la comunicación general de la obra y una manera de adelantar los trabajos al evitar demoras en las respuestas.”⁴

Soifer (2010), en su libro titulado “Tendencias tecnológicas y económicas en la industria de control electrónico digital de procesos”, señala que: “Hoy en día no se puede concebir una empresa si un departamento de Gestión de control de la productividad en obra, al obtener los datos de producción real, exactos e inmediatos de los centros de producción esto permitirá un rápido análisis, evaluación, corrección y reprogramación de las actividades que se desarrollan. Esto permite que las actividades, sean

³CHAU, J. (2010). Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierras. (Tesis de Post Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

⁴GONZALES, A. (2010). Instalación y Mantenimiento Electromecánico de maquinaria y conducción de líneas. Madrid, España: DE LIBROS S.A.

cada vez más industrializadas y mejoradas de forma continua, llegando así a tener una producción cada vez más homogénea y competitiva.⁵

Rosado (2002), en su libro titulado “Comunicación por Satélite: Principios, Tecnologías y Sistemas”, señala que: Los satélites de comunicación son útiles para muchos de los servicios de telecomunicación, aunque tienen ventajas notorias para algunos de ellos y limitaciones inherentes para otros. En la actualidad, aun con el gran avance en el uso de medios de alta capacidad y calidad, como las fibras ópticas, y de los nuevos servicios inalámbricos, puede preverse que los servicios por satélite de comunicación seguirán siendo competitivos y de gran utilidad, evolucionando también a nuevas aplicaciones. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas de satélites de comunicación está llegando en algunos aspectos a restricciones de índole técnica y encontrando otras dificultades que deben considerarse con cuidado en su planeación y operación”.⁶

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1 MINERIA CHINALCO PERU S.A.

2.2.1.1 PROYECTO TOROMOCHO

El Proyecto está localizado en un área que cuenta con una larga historia de operaciones mineras y que ha

⁵SOIFER, R. (2010). Tendencias tecnológicas y económicas en la industria de control electrónico digital de procesos. Buenos Aires, Argentina: SECYT

⁶ROSADO, E. (2002). Comunicación por Satélite: Principios, Tecnologías y Sistemas. México:LIMUSA

sido activamente explorada desde los años 60 por Cerro de Pasco Corporation, luego por Centromin y recientemente por Minera Perú Copper S.A. (ahora Minera Chinalco Perú S.A.), quien recibe la concesión de Centromin (ahora Activos Mineros) mediante un contrato de transferencia el 5 de mayo de 2008.

El titular del Proyecto Toromocho (el Proyecto) es Minera Chinalco Perú S.A. (Chinalco), de propiedad de Aluminum Corporation of China Ltd.

El proyecto Toromocho consiste en una mina de tajo abierto con reservas de cobre y molibdeno, localizada en la parte central de los Andes del Perú; en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín.

2.2.1.2 ETAPAS DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL COBRE

2.2.1.2.1 MINA

PERFORACIÓN Y DISPARO

Serpell (2002). Para alcanzar el mineral se debe remover la roca en el yacimiento, por lo que se perfora el terreno y se coloca una carga explosiva.

Una vez fracturada la roca se procede a la selección del material para determinar si debe ser empleado en la concentradora, en el proceso de lixiviación o en programas de vegetación.⁷

CARGUÍO Y ACARREO

Las minas a cielo abierto tienen forma crónica, por lo que para alcanzar el mineral se debe construir niveles a manera de escalones gigantes de 15 mts de altura, los que se encuentran comunicados por rampas o caminos a desnivel.

El mineral extraído con una ley mayor al 0.3% es cargado en palas y depositado en enormes camiones, los que trasladan y depositan el material en vagones de ferrocarril para ser transportado a la planta concentradora.

⁷SERPELL, A. (2002). Administración de Operaciones de Construcción. Chile: SANTIAGO

2.2.1.2.2 CONCENTRADORA

CHANCADO O TRITURACIÓN

Serpell (2002). El primer paso en la planta concentradora es el chancado.

El mineral proveniente de la mina es triturado hasta alcanzar un tamaño cercano a media pulgada.

Se inicia aquí el proceso de concentración, el cual consiste en la separación de los minerales de aquello que no tiene valor.⁸

MOLIENDA

Posteriormente, el material triturado es trasladado a los molinos, donde las rocas son pulverizadas.

En esta etapa del proceso se emplea agua, lo que permite liberar las partículas de Cobre y Molibdeno.

⁸SERPELL, A. (2002). Administración de Operaciones de Construcción. Chile: SANTIAGO

FLOTACIÓN

Luego de la molienda se pasa a la etapa de flotación, donde se obtiene el concentrado, partículas del mineral de cobre o molibdeno.

FILTRADO Y SECADO

El concentrado de cobre es deshidratado mediante filtros de alta presión o con el uso de calor.

Aquí culmina la operación minera. El concentrado obtenido debe ser trasladado a la fundición para su posterior procesamiento.

CARGUÍO Y ACARREO A FUNDICIÓN

Luego del filtrado y secado, el contenido metálico en el concentrado alcanza entre 26 y 28%. Tras la recuperación del agua empelada, esta se vuelve a usar, haciendo de nuestras operaciones una de las más amigables al ambiente.

Mediante el proceso de fundición, el cobre contenido se purifica adicionalmente hasta convertirse en una barra de metal con contenido de 99.7% de cobre, llamada ánodo.

2.2.2.1.3 FUNDICION

+ DESCARGA DE CONCENTRADO Y FORMACIÓN DE CAMAS

Al llegar a la fundición, el concentrado es descargado y organizado en “camas” que servirán para alimentar a la Fundición.

+ FUNDICIÓN Y CONVERTIDORES

El concentrado procedente de las minas es llevado a la Fundición donde será sometido a temperaturas mayores a los 1,100 grados centígrados.

En esta etapa, el concentrado se ha convertido en cobre líquido. La mata de cobre o cobre líquido que contiene aproximadamente 65% de cobre, se

envía a los convertidores en donde se transforma en cobre ampoloso con contenido de cobre de 98% a 99% o cobre anódico con 99.7% de cobre.

La etapa final del proceso de fusión del cobre es el moldeo.

El cobre líquido es vertido en moldes, donde una vez condensado se obtienen las barras de ánodos de cobre.

Los ánodos pesan 435 kg. Y tienen una pureza de 99.7% de cobre.

TRANSPORTE A REFINERÍA

A continuación, los ánodos pasan por un control de calidad. Los que reúnen los estándares de la empresa son agrupados en paquetes de 10 unidades y trasladados por ferrocarril o por camiones hacia la refinería.

Cabe señalar que en el mundo también existe demanda de ánodos, por lo que aquellos que no son enviados a la refinería son transportados hacia los puertos para ser comercializados.

2.2.2.1.4 REFINERÍA

+ PLANTA ELECTROLÍTICA

En la refinería, los ánodos son sometidos a un proceso de electro refinación, que consiste en introducirlos en tanques de ácido sulfúrico y sulfato de cobre.

Luego se les aplica una carga eléctrica de baja intensidad y, mediante una solución química, el cobre de los ánodos migra hacia las placas de arranque, dejando impurezas en la solución.

En adelante, al cobre contenido en las placas de arranque se le denominara

cátodos, cuyo contenido de cobre es de 99.99%.

Parte de la producción de cátodos es remitida a la planta de alambrón de nuestras operaciones mexicanas, donde las planchas son fundidas nuevamente para darle la forma característica de los alambres, los cuales son empleados como conductores de la energía eléctrica.

EMBARQUE

Esta es la fase final del proceso minero metalúrgico, mediante la cual se despachan nuestros principales productos concentrados, ánodos y cátodos y alambrón, a través del ferrocarril o por camiones hacia los puertos de la empresa, en algunos casos, para su posterior embarque hacia los principales centros industriales del mundo.

2.2.3 CONTROL DE MAQUINARIA PESADA

2.2.3.1 MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria o equipo. Existe además una necesidad de optimizar el rendimiento de las unidades y de los procesos dentro del ciclo productivo.

El objetivo buscado por el mantenimiento es contar con maquinarias y equipos en óptimas condiciones en todo momento, para asegurar una disponibilidad total del conjunto de maquinarias, lo cual está basado en minimizar los errores y fallas.

El mantenimiento debe procurar un desempeño continuo y operando bajo las mejores condiciones técnicas.

El mantenimiento además debe estar destinado a:

- ✚ Optimizar la producción del conjunto de maquinarias.
- ✚ Reducir los costos por averías.
- ✚ Disminuir el gasto por reposición de MP.
- ✚ Maximizar la vida útil de la MP.

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo.

Una MP puede estar “fallando” pero no estar malograda, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza con la misma “performance” que una MP en óptimas condiciones.

En cambio una MP malograda o averiada no podrá desarrollar faenas bajo ninguna circunstancia.

Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagerado, más bien debe estar acorde con los objetivos propios del mantenimiento, pero sin denotar, por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva.

Entre los factores de costo tendríamos: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la no producción.

2.2.4 GEOREFERENCIACION Y COMUNICACIÓN SATELITAL

2.2.4.1 SISTEMA GPS (GLOBAL POSITIONING SYSTEM)

García (2000). El sistema GPS o Sistema de Posicionamiento Global es un sistema que tuvo sus inicios en 1920, que está compuesto por una red de 24 satélites situados a 20.200 km repartidos en 6 planos orbitales de 4 satélites cada uno de la tierra con trayectorias sincronizadas para cubrir toda su superficie y por otro lado por unos receptores GPS, o terminales receptores que permiten determinar nuestra posición en cualquier lugar del planeta, bajo cualquier condición meteorológica.

La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y está gestionado por su Departamento de Defensa. Un receptor de GPS es básicamente un sistema que permite:⁹

- ✚ Calcular nuestra posición actual, con lo que, podemos localizarla en un mapa.
- ✚ Guiar o encaminar hacia un destino seleccionado (rutas).
- ✚ Guardar nuestra posición actual en memoria para ayudar a volver a ella cada vez que se desee.

⁹ GARCIA, J. (2000). Los Satélites de Comunicaciones. México: LIMUSA

Es decir, con el GPS se puede saber dónde se encuentra, dónde estuvo, y hacia dónde se dirige.

La tecnología GPS es un sistema mundial de localización constituido por una constelación de satélites, cada uno de ellos dotado con relojes atómicos, computadoras, emisores y receptores de radio y por estaciones terrenas que monitorean constantemente a cada uno de los satélites.

Los receptores GPS utilizan a estos satélites como puntos de referencias para calcular la latitud, longitud, altitud – con aproximaciones en el orden de metros, inclusive centímetros, velocidad y tiempo exacto.

Cada satélite transmite su posición y el tiempo exacto cada 1000 veces por segundo a la tierra, donde – cada milisegundo – un receptor computarizado puede calcular a qué distancia se encuentra de un satélite en particular que se encuentra a la vista, multiplicando la velocidad de la luz por el tiempo transcurrido de la señal del satélite al receptor GPS.

Al combinar las señales de varios satélites, el receptor puede establecer con "exactitud" su propia posición, altitud e inclusive la velocidad.

La idea básica de la determinación de la posición se basa en la triangulación de los satélites. Para "triangular" un receptor GPS calcula la distancia en base al tiempo de travesía de la señal a través de las capas de la atmósfera, conociendo de antemano la velocidad de la luz.

Para calcular el tiempo de travesía, los receptores GPS necesitan calcular los tiempos en ambos relojes el del receptor y el del satélite de una manera muy precisa, lo cual se realiza con algunos trucos.

Además de la distancia, se necesita saber dónde están los satélites en el espacio. Las altas órbitas y el minucioso monitoreo son el secreto. Finalmente se debe corregir cualquier retardo que experimenta la señal al viajar a través de la atmósfera.

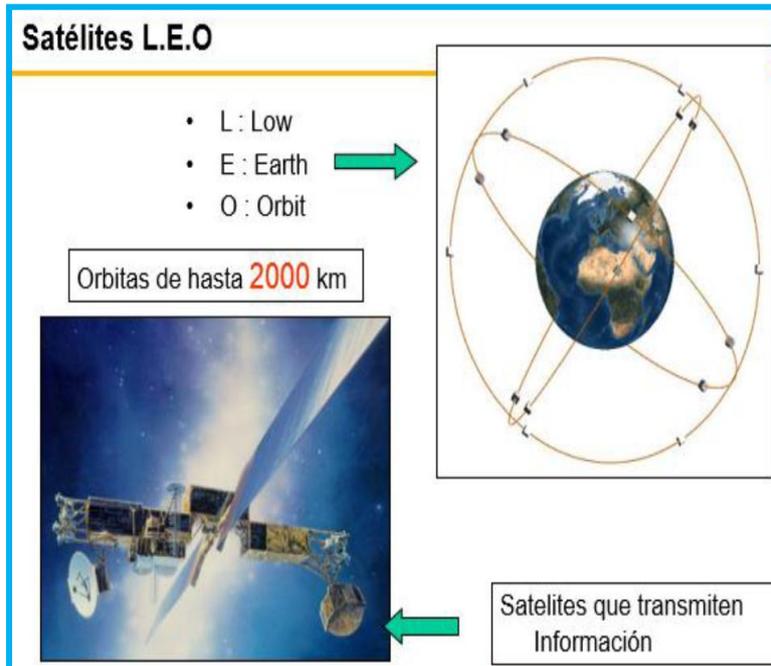


FIGURA N°1: ORBITA DEL SISTEMA GPS

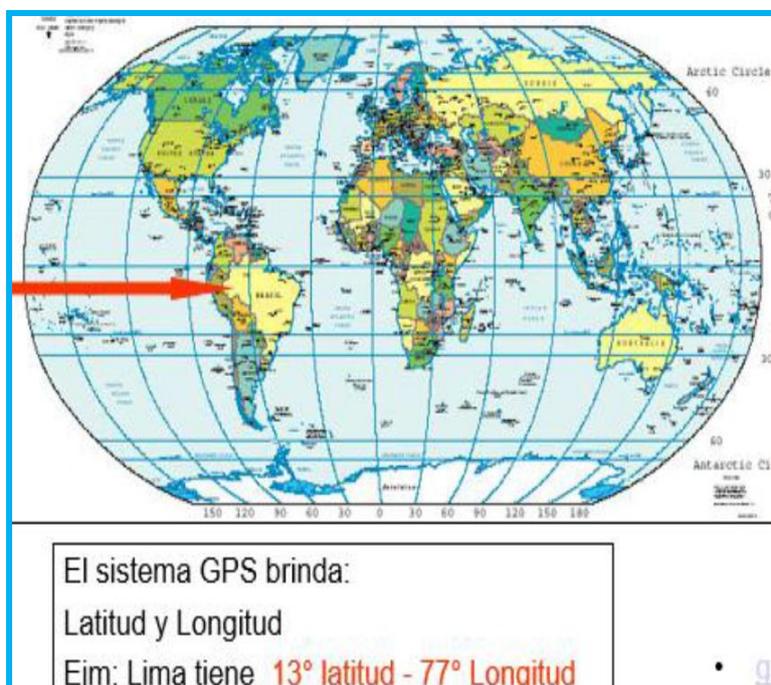


FIGURA N°2: LATITUD Y LONGITUD GPS

2.2.4.2 APLICACIONES DE LA COMUNICACIÓN SATELITAL

Lawremce (2001). En la actualidad, empresas dedicadas a la fabricación de MP han agregado valor a sus productos implementándolos con un sistema de localización y comunicación telemétrica en respuesta a las necesidades de los clientes de poder controlar la operación de su MP desde ubicaciones remotas.

Las ventajas que se han podido identificar con el uso de esta tecnología son muchas, como se puede ver en los siguientes casos.¹⁰

2.2.4.3 CASO “CATERPILLAR”

Neri (2007). Los difíciles entornos de operación de las máquinas Caterpillar, es susceptible a que de vez en cuando se produzcan averías; aunque estas están equipadas con modernos sistemas de administración de información, la detección de averías, los diagnósticos y los pronósticos se basan en límites establecidos para evitar falsas alarmas.¹¹

¹⁰LAWREMCE, E. (2001). GPS Fácil: Uso del Sistema de Posicionamiento Global. México: PAIDOTRIBO

¹¹ NERI, E. (2007). Comunicaciones por satélite. México: THOMSON

Los fallos de los componentes contribuyen a aumentar los costos de los contratos de mantenimiento y reparación, los problemas operativos y los pagos de las garantías de disponibilidad; sin embargo, es posible identificar posibles averías cuando empiezan a producirse.

García (2012). Caterpillar ofrece los siguientes productos tecnológicos para mejorar la operación de las flotas:¹²

- ✚ Sistema de seguridad de máquina: Sistema antirrobo de MP
- ✚ Product Link: Sistema inalámbrico que simplifica el trabajo de seguimiento de una flota.
- ✚ Equipment Manager: Software que permite una nueva forma de administrar una flota.
- ✚ RAC: Control de análisis de carretera
- ✚ VIMS: Sistema de Administración de Información Vital.

Cuando las maquinarias son operadas en diferentes sitios de trabajo, se torna más difícil el registro de ocurrencias de estas, lo cual lleva a que se pierda

¹² GARCIA, J. (2012). Instalación de Radiocomunicaciones. México: PARANINFO.

tiempo en los procesos de mantenimiento, si es que no se tiene un control y registro histórico de estas.

El producto que ofrece Caterpillar bajo la denominación de “Product Link” provee dos opciones para el intercambio de información entre la máquina y los computadores de una central de equipos.

Estos productos son el PL121SR y el PL321SR, que son accesorios que usan tecnología satelital.

Los beneficios de estos son los siguientes:

- ✚ Localización de la máquina en cualquier punto de la tierra.
- ✚ Registrar la información del estado de la maquinaria.
- ✚ Evita las labores y costos que acarrea el registro de horas máquina.
- ✚ Permite monitorear la cantidad y el consumo de combustible.
- ✚ Permite hacer programas de mantenimiento eficientes.
- ✚ Puede usarse para maquinarias Caterpillar y para otras marcas.

Rabbany (2002). "Product Link" puede interactuar con un software llamado Equipment Manager, que es un programa de administración de flotas de maquinarias; el mismo que permite realizar muchas funciones, dependiendo de las necesidades del usuario.

Este software puede realizar las siguientes funciones:¹³

Control Activo:

- ✚ Localización de maquinaria
- ✚ Localización de maquinaria en plano cartográfico
- ✚ Historial de localización de maquinaria
- ✚ Reportes de no localización
- ✚ Lecturas de horómetro
- ✚ Historial de horas trabajadas
- ✚ Tiempo fuera del área de trabajo
- ✚ Alertas cuando sale del área de trabajo

Control de Mantenimiento:

- ✚ Plan de mantenimiento
- ✚ Notas de plan de mantenimiento
- ✚ Alertas de próximo mantenimiento
- ✚ Checklist del programa de mantenimiento

¹³RABBANY, E. (2002). Introducción a los Sistemas de Posicionamiento Global. Chile: ARTECH HOUSE

- ✚ Lista de partes y componentes necesarios en el plan de mantenimiento
- ✚ Seguimiento al programa de mantenimiento
- ✚ Pedidos online de repuestos
- ✚ Historial de reparaciones
- ✚ Elaboración de solicitudes o programas de mantenimiento

Control de alertas (plan que contiene el control activo)

- ✚ Diagnóstico y código de eventos
- ✚ Procedimiento según código de eventos y diagnóstico
- ✚ Historial de eventos y alertas.
- ✚ Nivel de Combustible
- ✚ Combustible consumido
- ✚ Alerta de nivel de combustible - Historial de consumo de combustible
- ✚ Historial de abastecimiento de combustible
- ✚ Cuatro salidas adicionales para circuito central de maquinaria.

Descripción del Sistema:

Tomasi (2003). EL hardware de Product Link, consiste en una antena, que tiene la función de recibir información de “ubicación” de un sistema satelital GPS,

y de transmitir y recibir datos de una red de satélites denominada “LEO”; el mismo que cuenta con 33 satélites en órbita, que es administrada por la empresa ORBCOMM.

La información es enviada por una frecuencia VHF (Very High Frequency) en el espectro de (137 – 150 MHZ).

Los usuarios pueden acceder a esta información a través de Internet y por medio del software Equipment Manager.¹⁴

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- ✚ ABOVEDADO: Forma curva de una carretera.
- ✚ ADITIVOS: Elementos naturales o químicos que se añaden a un producto para añadir o potenciar alguna de sus características. Se utilizan en los lubricantes, combustibles, líquidos refrigerantes, etc.
- ✚ ALCALINIDAD: Es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa.
- ✚ ANTICONGELANTE: Líquido utilizado en el circuito de refrigeración del motor que desciende el punto de congelación del agua.
- ✚ BOMBA: Artefacto para mover fluidos y gases.

¹⁴TOMASI, S. (2003). Sistema de Comunicaciones Electrónicas. Chile: LIMUSA

- ✚ BORNE: Es el nombre dado en electricidad a cada uno de las terminales de metal en que suelen terminar algunas máquinas y aparatos eléctricos, y que se emplean para su conexión a los hilos conductores.
- ✚ BUJE: Pieza metálica que se coloca en ciertas piezas de maquinarias y ruedas para protegerlas del roce interior del eje.
- ✚ CAUDAL: Es la cantidad de fluido que pasa por un lugar en una unidad de tiempo.
- ✚ CAVITACIÓN: Es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido.
- ✚ CEBAR: Cargar de combustible una máquina o cualquier dispositivo para que funcione.
- ✚ CIZALLAMIENTO: Se refiere a la tensión de corte y es aquella que, fijado un plano, actúa tangente al mismo.
- ✚ COJINETE: Es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.
- ✚ COMBUSTIÓN: La combustión es una reacción química en la que un elemento (combustible) se combina con otro (comburente, generalmente oxígeno en forma de O_2 gaseoso), desprendiendo calor y produciendo un óxido.
- ✚ CORROSIÓN: Ataque químico y electroquímico gradual sobre un metal producido por la atmósfera, la humedad y otros agentes.

- ✚ DESARRAIGAR: Arrancar de raíz una planta o un árbol.
- ✚ DISOLVENTE: Es una sustancia que permite la dispersión de otra en su seno.
- ✚ DRENAR: Es cualquier medio por el que el agua contenida en una zona fluye a través de una superficie.
- ✚ EFICACIA: Es la capacidad de lograr un efecto deseado o esperado.
- ✚ EMBRAGUE: El embrague es un sistema que permite transmitir una energía mecánica a su acción final.
- ✚ EMPERNADO: Atornillado.
- ✚ ENSAYO NO DESTRUCTIVO: Cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.
- ✚ EROSIÓN: Proceso de sustracción o desgaste de material.
- ✚ ESCARIFICADO: Consiste en "arañar" superficialmente el terreno para romper y eliminar todo lo posible.
- ✚ ESTATOR: Un estator es una parte fija de una máquina rotativa, la cual alberga una parte móvil (rotor).
- ✚ EXTREMA PRESIÓN: En aditivos se refiere al utilizado para ayudar a crear una película que reduce la soldadura de las virutas bajo presiones altas.
- ✚ FRENO: Un freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor.
- ✚ FRICCIÓN: Fuerza que se opone al movimiento

- ✚ FUSIBLE: Es un dispositivo que se funde cuando la intensidad de la corriente supera por un corto circuito o un exceso de carga un determinado valor.
- ✚ HIDROSTÁTICO: Se refiere a fluidos donde no existan fuerzas que alteren su movimiento o posición.
- ✚ INHIBIDOR: Cualquier sustancia que reduce o previene las reacciones químicas de corrosión o de oxidación.
- ✚ HOUSING: Caja o contenedor.
- ✚ FLUIDO: Es aquél cuya viscosidad varía con la tensión cortante
- ✚ NEWTONIANO: que se le aplica. Como resultado, un fluido no-newtoniano no tiene un valor de viscosidad definido y constante.
- ✚ MULTIGRADO: Aceite lubricante para motores que no varía sus propiedades con el cambio de temperatura.
- ✚ MUÑÓN: Parte del cigüeñal donde es alojado este sobre el block y donde se alojan las bielas, se mantienen en movimiento giratorio.
- ✚ OXIDACIÓN: Degeneración por el ataque del oxígeno a un material o lubricante.
- ✚ PAR MOTOR: Es la fuerza que es capaz de ejercer un motor en cada giro.
- ✚ PERALTE: Es la pendiente transversal que se da en las curvas a la calzada de una carretera, con el fin de compensar con una componente de su propio peso la inercia del vehículo.
- ✚ RADIADOR: Elemento utilizado en los motores refrigerados por líquido para realizar el intercambio de calor entre el líquido refrigerante y la atmósfera.

- ✚ REFRIGERANTE: Es un producto químico que se emplea para producir refrigeración, y esta a su vez es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura de un objeto o espacio.
- ✚ REVOLUCIÓN: Rotación.
- ✚ SARRO: Acumulación de sales.
- ✚ SEDIMENTO: Es un material sólido, acumulado sobre la superficie
- ✚ TÁNDEM: Se le llama así al uso de dos ruedas consecutivas en camiones y motoniveladoras para ofrecer mejor tracción y soportar la carga.
- ✚ TERMOGRAFÍA: La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar.
- ✚ TURBINA: Éstas son máquinas de fluido, a través de las cuales pasa un fluido en forma continua y este le entrega su energía a través de un rodete con paletas o álabes.
- ✚ TURBOALIMENTADOR: Un dispositivo de supercarga, que usa gases de escape para girar una turbina que fuerza mezcla adicional, de aire/ combustible en los cilindros.
- ✚ VÁLVULA: Un dispositivo que controla la dirección del fluido o la tasa de flujo.
- ✚ VISCOSIDAD: Medida de la resistencia de un líquido a fluir.
- ✚ ZAPATA: Piezas formadas por un soporte, que se acopla a la leva de freno, y un compuesto especial que fricciona con el elemento a frenar.

- ✚ BANDA L: Grupo de frecuencias de radio comprendidas entre 390MHz y 1550MHz entre las que se incluyen las frecuencias GPS.
- ✚ CARRIER FREQUENCY: Frecuencia de una señal no modulada que emite un radio transmisor.
- ✚ ATRIBUCIÓN: Significa la distribución de segmentos del espectro radioeléctrico entre varios usos y servicios.
- ✚ CANAL DE TRANSMISIÓN: Medio de transmisión unidireccional de señales entre dos puntos.
- ✚ CIRCUITO: Combinación de dos canales de transmisión que permite la transmisión bidireccional de señales entre dos puntos, para sustentar la comunicación.
- ✚ CONMUTACIÓN: Proceso consistente en la interconexión de canales o circuitos con o sin almacenamiento intermedio por el tiempo necesario para transportar señales.
- ✚ EQUIPO TERMINAL: Todo equipo o aparato que envía y recibe señales sobre una red de telecomunicaciones a través de puntos de interconexión definidos y de acuerdo a las especificaciones establecidas.
- ✚ ESPECTRO RADIOELÉCTRICO: Es el recurso natural empleado para las transmisiones de radio.
- ✚ ESTACIÓN TERRENA: Estación fija o móvil, localizada en tierra, con el fin de establecer un enlace de comunicación por satélite.
- ✚ FRECUENCIA RADIOELÉCTRICA: Parte del espectro radioeléctrico que se destina a ser utilizado para la transmisión de señales y que puede determinarse por dos límites específicos.

- ✚ HOMOLOGACIÓN: Acto por el cual el ente regulador reconoce oficialmente que las especificaciones de un equipo destinado a las telecomunicaciones, satisface las normas previamente expedidas o aprobadas.
- ✚ INTERCONEXIÓN: Asociación de canales, de circuitos, equipos de conmutación y otras unidades funcionales establecidas para hacer posible la transferencia de información entre dos o más puntos de una red de telecomunicaciones.
- ✚ INTERFERENCIA PERJUDICIAL: Perturbación de las señales utilizadas por un usuario u operador, debidamente autorizado por el ente regulador; por la presencia de señales indeseadas, de corrientes o tensiones parásitas, originadas por aparatos eléctricos, que comprometen, degradan, interrumpen repetidamente o impiden el funcionamiento de un servicio de radiocomunicación.
- ✚ OPERADOR: Es una persona natural o jurídica debidamente autorizada por el ente regulador para brindar un servicio de telecomunicaciones.
- ✚ RADIOCOMUNICACIÓN: Toda telecomunicación transmitida por medio de ondas radioeléctricas que se propagan por el espacio sin guía artificial.
- ✚ RED DE TELECOMUNICACIONES: Conjunto de canales de transmisión, circuitos y, en su caso, dispositivos o centrales de conmutación que proporcionan conexiones entre dos o más puntos definidos para facilitar la telecomunicación entre ellos, ya sea por línea física o radiocomunicación.

- ✚ SATÉLITE: Estación espacial destinada a transmitir o retransmitir señales de radiocomunicación y a realizar enlaces con estaciones terrenas.
- ✚ TELECOMUNICACIÓN: Toda emisión, transmisión, o recepción a distancia de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos, datos o informaciones de cualquier naturaleza, por línea física, radioeléctrica, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos o de cualquier otra naturaleza.
- ✚ BANDA K: Gama de frecuencias entre 10,7 y 36 GHz. La Banda Ku, de la que forma parte, es la más utilizada en Europa. La Banda Ka también forma parte de ella.
- ✚ BANDA KA: Esta gama de frecuencias se utiliza mucho para la transmisión de datos. Por ejemplo, Astra la explotará con este fin dentro de poco (20-30 GHz).
- ✚ BANDA KU: Esta gama, utilizada por la televisión y la radio, se extiende de 10,70 a 12,75 GHz. Es la banda más extendida en Europa, teniendo en cuenta del pequeño tamaño de las parabólicas necesarias para su recepción. Se subdivide en sub-bandas: Télécom, DBS y otras.
- ✚ BANDA L: Banda que utiliza las frecuencias de 1,5 a 2,7 GHz. Esta gama debería ser muy utilizada por las cadenas de radio digital DAB. Una parte de esta banda, entre 2,5 y 2,7 GHz se utiliza en muchos países para la difusión en MMDS (cable sin cable).
- ✚ BANDA S: Gama que utiliza las frecuencias que van de 2,7 a 3,5 GHz. Este tipo de frecuencias son explotadas (aunque cada vez

menos) sobre todo para los enlaces intercontinentales de telecomunicación.

- ✚ BANDA TÉLÉCOM: Esta gama de frecuencias, comprendidas entre los 12,5 y los 12,7 GHz, es una subdivisión de la Banda Ku. Se encuentra en la parte alta de la porción de la banda utilizada en televisión y radio.
- ✚ BANDA X: Gama que cubre las frecuencias de 7,25 a 8,40 GHz. Esta banda está reservada exclusivamente para usos militares.
- ✚ BAUDIO, BYTE Y BIT: Existe una enorme confusión entre el público, y lamentablemente también entre los profesionales, sobre el significado de los tres términos. El bit o bitio es la unidad mínima de información y puede tomar un valor cero (0) ó uno (1). El bit se indica en múltiplos de mil (Kilobit) y millón (Megabit).
- ✚ BF (BAJAS FRECUENCIAS): Es lo opuesto a HF (High Frecuencias o Altas Frecuencias). La BF se refiere a las señales sin modular. Por ejemplo, las señales sonoras transportadas por los cables de una cadena HI-FI (de 20 a 20.000 Hz).
- ✚ BIRD: Expresión inglesa para designar familiarmente a un satélite. Por ejemplo, los satélites Hot Bird, de Eutelsat.
- ✚ BROADCAST: Nivel de calidad mínimo que tiene que tener una señal de televisión para poder ser emitida. Estándar mínimo de calidad aceptado por las emisoras de televisión de todo el mundo y por sus organismos reguladores.
- ✚ CACHING: Este es un término que se ha puesto de moda con el satélite pero que ya existía desde hace tiempo.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

Considerando que el propósito es establecer un sistema de control inalámbrico, a continuación se detalla el diseño mediante el diagrama de bloques resaltando la conexión entre el módulo de comunicación electrónica del Equipo Caterpillar y el hardware del Product Link – GPS.

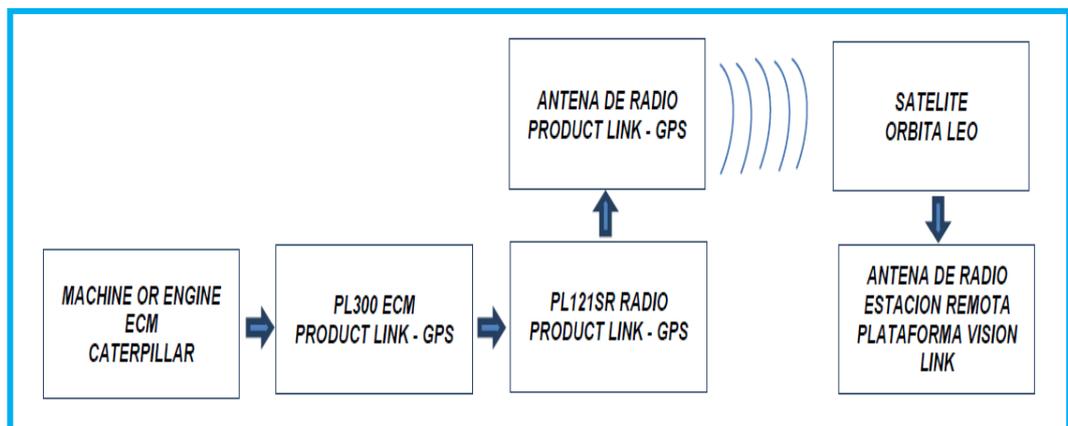


FIGURA N°3: DISEÑO DEL ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN DEL PRODUCT LINK – GPS Y EL EQUIPO CATERPILLAR

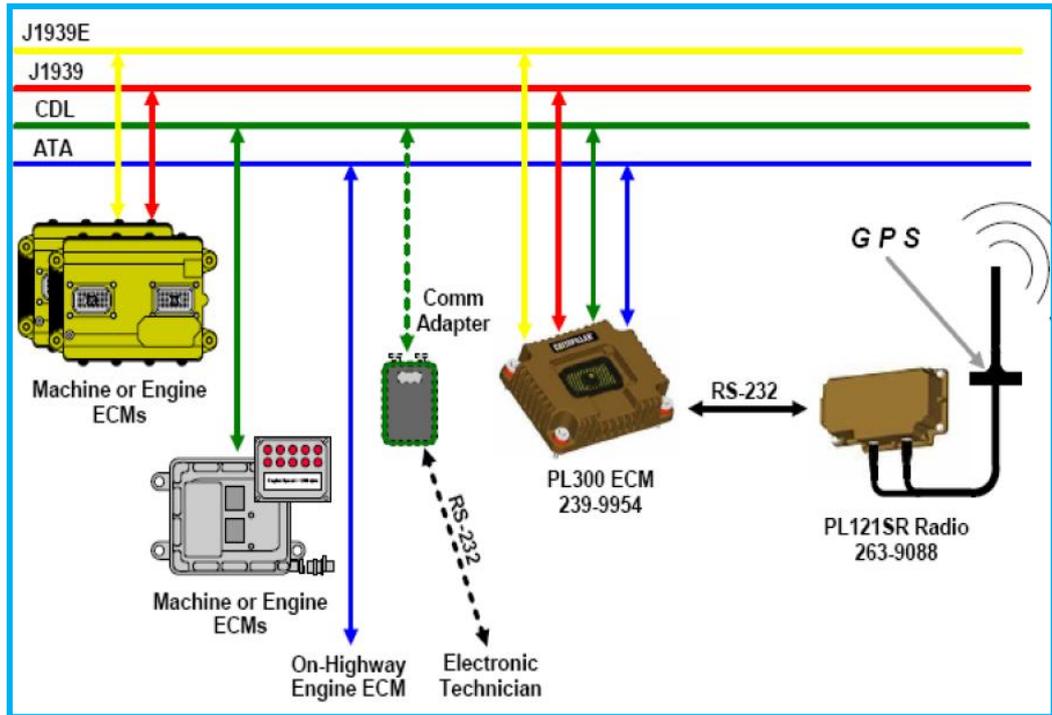


FIGURA N°4: DISEÑO DEL ESQUEMA ESPECIFICANDO LOS CANALES DE COMUNICACIÓN

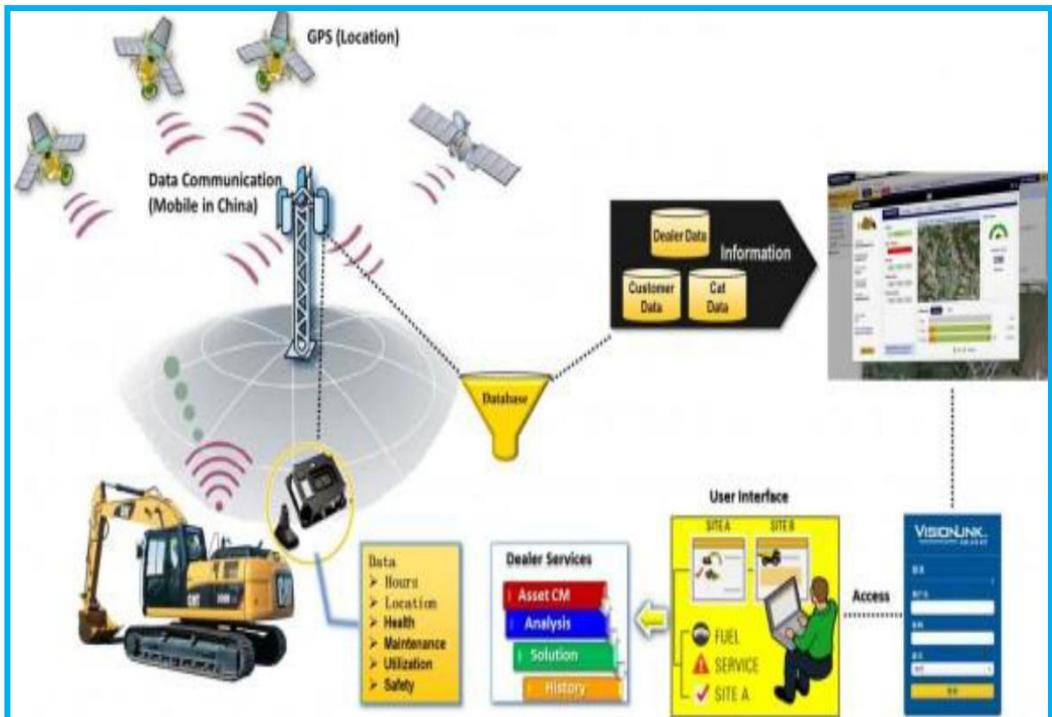


FIGURA N°5: INTEGRACIÓN DEL PRODUCT LINK – GPS A UN EQUIPO CATERPILLAR

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A DESARROLLAR

Según los objetivos planteados en este trabajo de suficiencia profesional, a continuación se detalla la descripción de la tecnología Product Link – GPS que se aplicará a la flota de Equipos Pesados:

3.2.1 CARACTERÍSTICA DEL PRODUCT LINK – GPS

La tecnología Product Link – GPS, es una solución de supervisión remota que permite una administración eficiente de la flota, que transmite la información a través de la telefonía móvil y de satélite, y su aplicación basada en web, permite obtener informes personalizados sobre el estado y uso, junto con mejores asignaciones y funciones de flota mixta.

Está totalmente integrado en el equipo e interactúa con los módulos de control electrónico que activan y supervisan los sistemas, como el motor, el sistema hidráulico y la transmisión. Puede mantener el contacto con el equipo independientemente de dónde esté trabajando.

Las opciones de hardware admiten la comunicación a través de redes de telefonía móvil, para áreas metropolitanas o suburbanas, o satélites de órbita terrestre baja para zonas de trabajo rurales o aisladas en las que no es posible disponer de cobertura de telefonía móvil.

La tecnología Product Link - GPS es un dispositivo de comunicación que escanea y transmite inalámbricamente información importante del equipo. Esta tecnología a su vez hace uso de una plataforma VisionLink, basada en web disponible las 24 horas del día, los siete días de la semana.

No necesita ningún software por parte del cliente ni sistemas de almacenamiento de datos. Una conexión común a Internet y un explorador web es todo lo que se necesita para acceder a todas las características y datos telemáticos transmitidos desde su equipo.

Product Link - GPS provee dos canales de información entre los sistemas de la máquina y la computadora del cliente mediante el una aplicación Web llamada Equipment Manager.

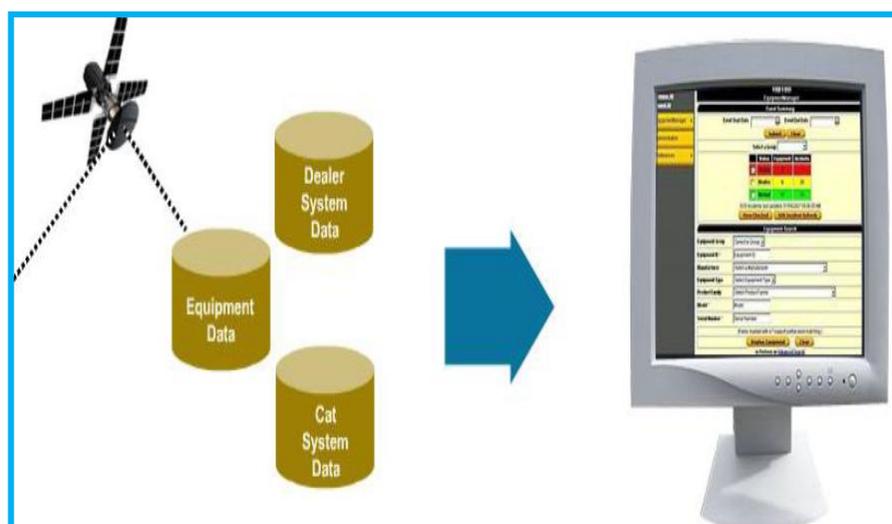


FIGURA N°6: APLICACIÓN WEB EQUIPMENT MANAGER

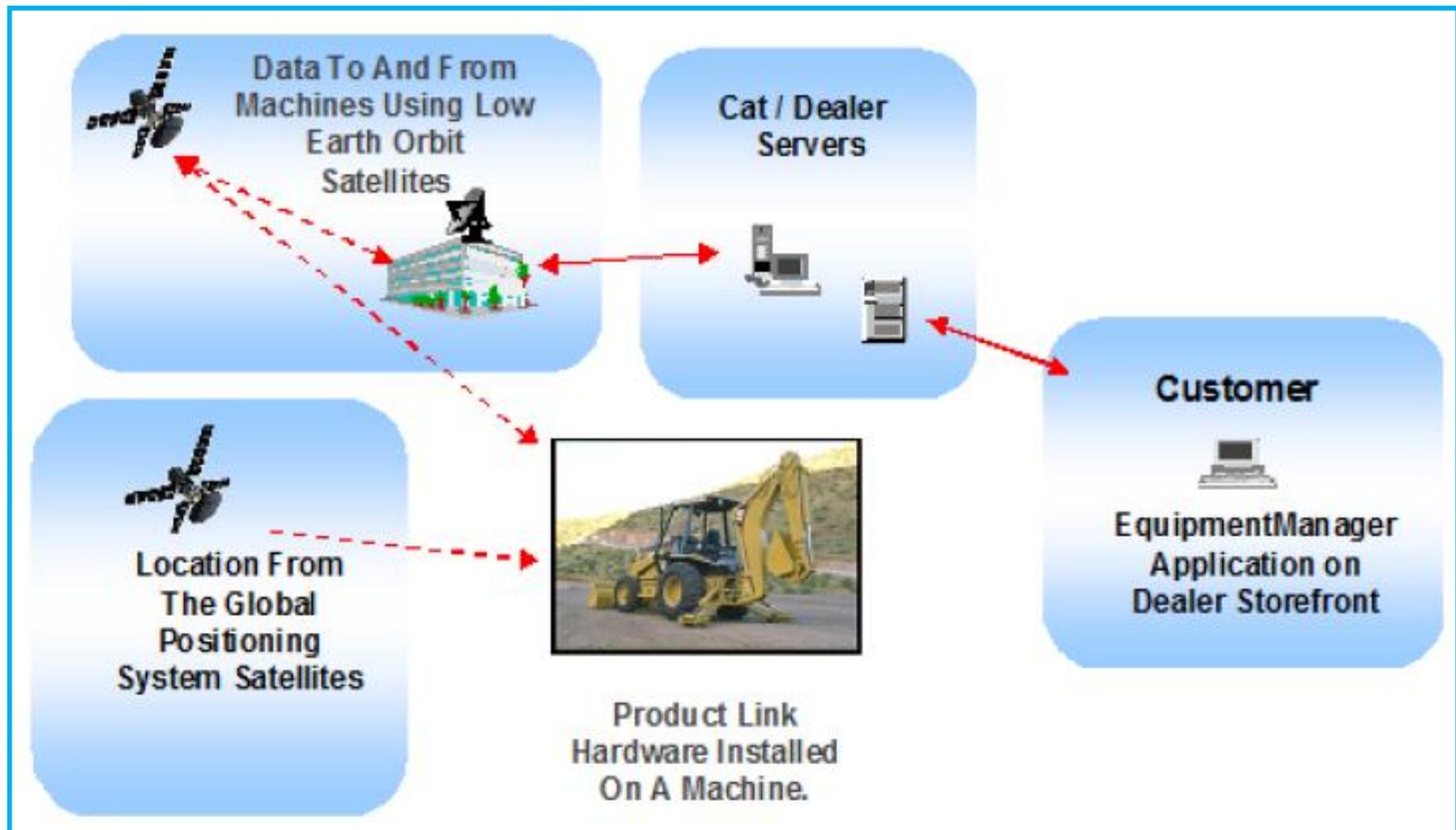


FIGURA N°7: PROPUESTA DE SOLUCIÓN - ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN DEL PRODUCT LINK – GPS Y EL EQUIPO CATERPILLAR

3.2.2 COMPONENTES DEL PRODUCT LINK - GPS

Los componentes del Product Link GPS son instalados en la misma máquina, estos componentes son: Radio Satelital, Modulo de control electrónico (ECM) y una antena satelital.



FIGURA N°8: PROPUESTA DE SOLUCIÓN - COMPONENTES DEL PRODUCT LINK – GPS

El Módulo de Control Electrónico (ECM) es un computador que controla el motor u otro componente del equipo. El módulo de personalidad contiene el software que determina la función del ECM. Estos trabajan en conjunto.

El ECM consta de las siguientes partes: Un microprocesador que ejecuta las siguientes funciones en un del ECM de motor: regulación, control de sincronización de la inyección, funciones de

diagnóstico del sistema y comunicación a través del enlace de datos.

Una memoria permanente que almacena los parámetros programables y los códigos de diagnóstico.

Circuitos de entrada que filtran el ruido eléctrico o campos electromagnéticos de las señales que provienen de los sensores.

Circuitos de entrada que protegen los circuitos internos en el ECM contra niveles potencialmente perjudiciales de voltaje.

Circuitos de salida que proporcionan voltajes para alimentar los solenoides de los inyectores, los sensores, relés, etc.

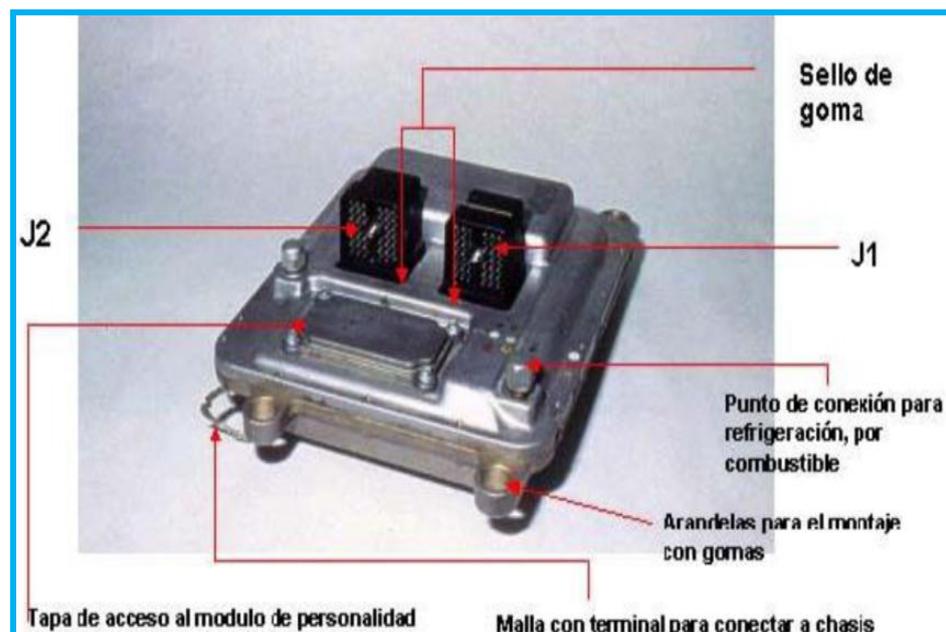


FIGURA N°9: COMPONENTE DEL PRODUCT LINK – GPS – ECM

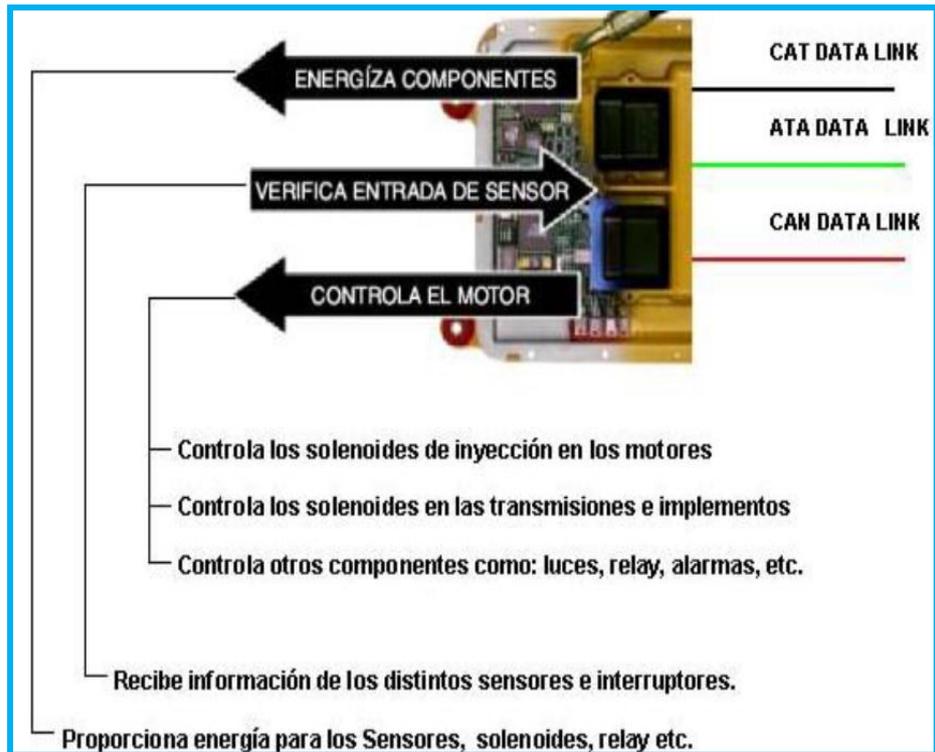


FIGURA N°10: ENTRADAS Y SALIDAS DEL ECM



FIGURA N°11: RADIO SATELITAL PRODUCT LINK - GPS



FIGURA N° 12: ANTENA PRODUCT LINK – GPS

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

El sistema de control inalámbrico apoyado en los sistemas de comunicación satelital hace uso de una plataforma de monitoreo llamado Vision Link. A continuación mostramos la gestión de flota de maquinaria Caterpillar:



FIGURA N°13: PLATAFORMA VISION LINK – GPS A UN EQUIPO CATERPILLAR

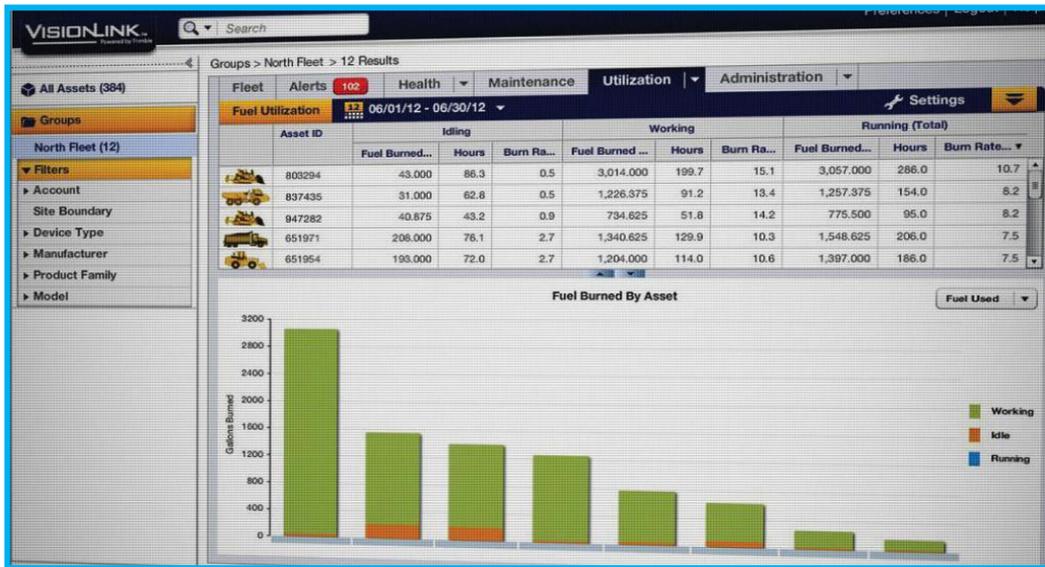


FIGURA N°14: GESTIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UN EQUIPO CATERPILLAR

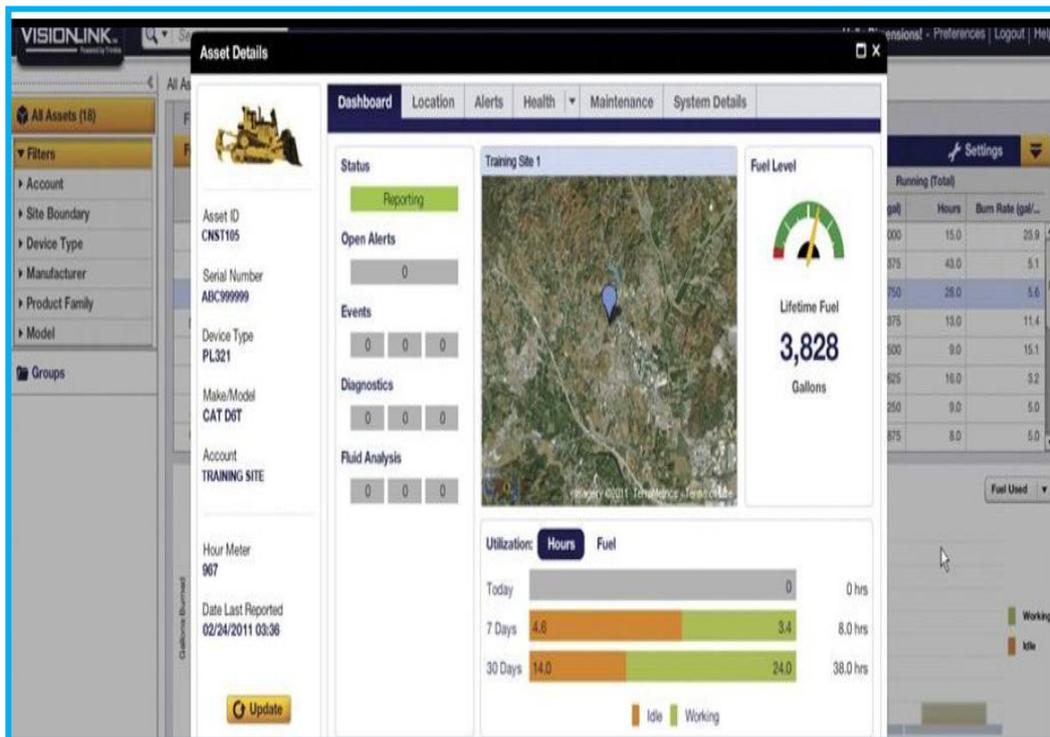


FIGURA N°15: GESTIÓN DE LA UBICACIÓN DE UN EQUIPO CATERPILLAR

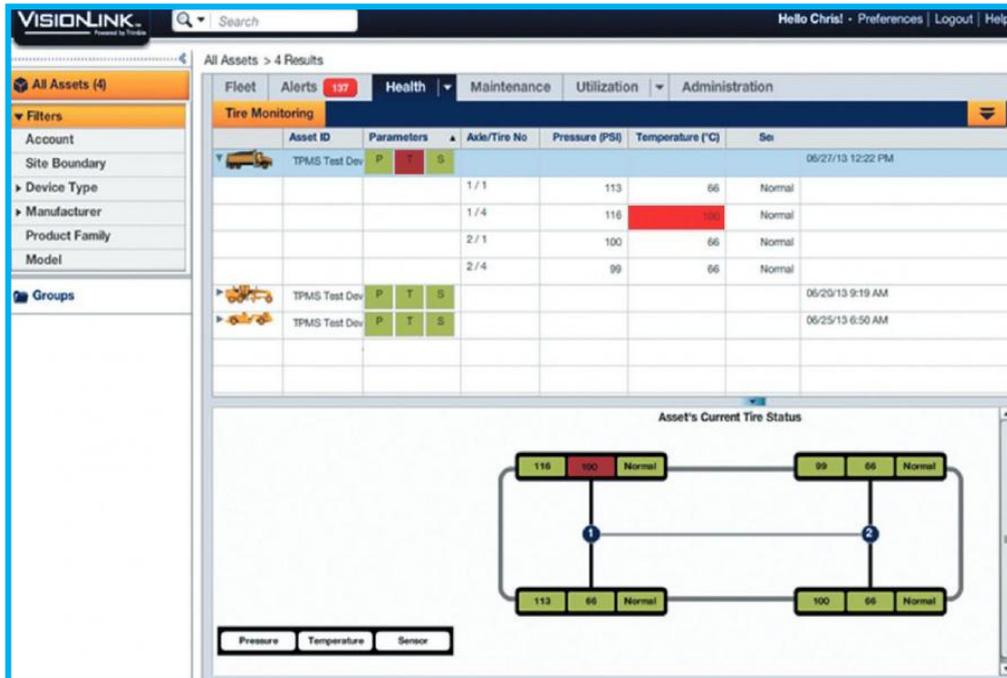


FIGURA N°16: GESTIÓN DEL ESTADO DE UN EQUIPO CATERPILLAR

A continuación se muestra un análisis comparativo entre las pérdidas económicas antes y después de implementar de la solución.

Así, antes de implementar la solución según la base de datos de la disponibilidad de Flota de Equipo Pesado se ha establecido un promedio de 3 sucesos diarios que se presentan durante un mes, tal es así que tenemos 72 sucesos en un mes los cuales repercuten en 40,000.00 mil dólares de dinero perdido y por la cantidad de eventos en el mes dan un total de 2'880,000.00 millones de dólares.

Después de instalada la solución con la implementación del Monitoreo Inalámbrico en Tiempo Real de la Flota de Equipos Pesados Caterpillar el tiempo que se optimizaría en costo por equipo se reduciría a \$10.000.00

dólares, considerando que tenemos 72 eventos estos ascenderían a un subtotal de \$ 720,000.00 miles de dólares.

Quedando como ahorro después de instalada la solución de 2'160,000.00 millones de dólares a favor de la empresa.

Se puede concluir que la instalación del sistema de monitoreo, desde el punto de vista económico es factible, ya que en el tiempo se logra recuperar el monto total de inversión para la implementación de este proyecto.

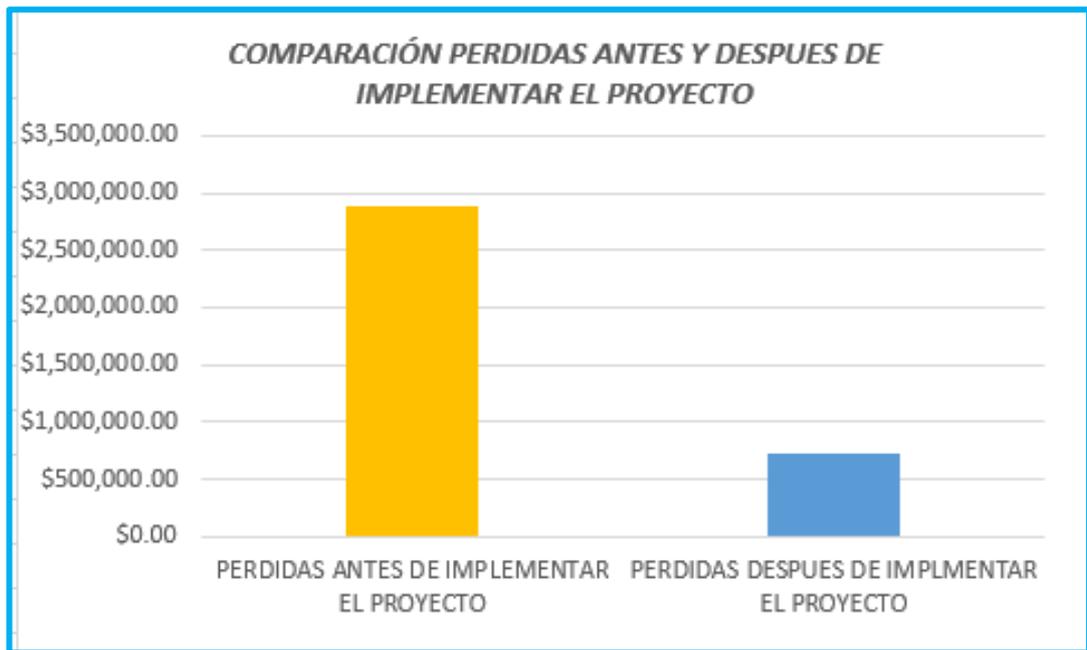


FIGURA N°17: COMPARACIÓN ANTES Y DESPUES DE IMPLEMENTAR EL PROYECTO

CONCLUSIONES

- Se concluye que si es posible monitorear inalámbricamente y en tiempo real los Equipos Pesados Caterpillar, mediante la tecnología Product Link– GPS, con la finalidad de reducir el tiempo de parada por fallas, ya que constantemente se gestionaría el estado de operación de los equipos.
- Se concluye que si es posible integrarla tecnología Product Link – GPS a la flota de equipos Pesados Caterpillar, mediante la interconexión del Módulo de Comunicación electrónica de la maquinaria pesada y los componentes a nivel de hardware del Product Link – GPS.
- Se concluye que mediante la aplicación de la tecnología Product Link - GPS se logra monitorear en tiempo real el estado de operación de la flota de equipos Pesados Caterpillar, mediante la plataforma de monitoreo Vision Link.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar el sistema de monitoreo inalámbrico en la Minera Chinalco Perú S.A. para la gestión de equipos Pesados Caterpillar, mediante la tecnología Product Link - GPS.
- Se recomienda integrar los equipos de maquinaria pesada Caterpillar con los componentes a nivel de hardware de la Tecnología Product Link – GPS, con la finalidad de monitorear en tiempo real el estado y condición de funcionamiento de los equipos Caterpillar.
- Se recomienda utilizar la plataforma de monitoreo Vision Link en la Minera Chinalco Perú S.A. para monitorear en tiempo real el estado de operación de la flota de equipos Pesados Caterpillar y reducir el tiempo de operación por fallas.

BIBLIOGRAFÍA

- TORRES, J. (2011). Gestión del control de maquinaria pesada en obras viales usando tecnologías de la información. (Tesis de Post Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

- NORIEGA, G. (2005). Programa para el control de maquinaria pesada para construcción. (Tesis de Pre Grado). Universidad de Piura, Piura, Perú.

- CHAU, J. (2010). Gestión del mantenimiento de equipos en proyectos de movimiento de tierras. (Tesis de Post Grado). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

- GONZALES, A. (2010). Instalación y Mantenimiento Electromecánico de maquinaria y conducción de líneas. Madrid, España: DE LIBROS S.A.

- SOIFER, R. (2010). Tendencias tecnológicas y económicas en la industria de control electrónico digital de procesos. Buenos Aires, Argentina: SECYT

- ROSADO, E. (2002). Comunicación por Satélite: Principios, Tecnologías y Sistemas. México: LIMUSA

- SERPELL, A. (2002). Administración de Operaciones de Construcción. Chile: SANTIAGO

- WILDI, F. (2007). Maquinas Eléctricas y sistemas de Potencia. México: PEARSON

- GARCIA, J. (2000). Los Satélites de Comunicaciones. México: LIMUSA

- LAWREMCCE, E. (2001). GPS Fácil: Uso del Sistema de Posicionamiento Global. México: PAIDOTRIBO

- NERI, E. (2007). Comunicaciones por satélite. México: THOMSON

- GARCIA, J. (2012). Instalación de Radiocomunicaciones. México: PARANINFO.

- RABBANY, E. (2002). Introducción a los Sistemas de Posicionamiento Global. Chile: ARTECH HOUSE

- TOMASI, S. (2003). Sistema de Comunicaciones Electrónicas. Chile: LIMUSA

BIBLIOGRAFÍA ELECTRONICA

- **MANUALES Y DATOS CATERPILLAR**
<http://datoscaterpillar.blogspot.pe/2012/11/modulos-de-control-electronico-ecm-con.html>

- **PRINCIPIOS DE COMUNICACION POR SATÉLITE**
<https://books.google.com.pe/books?id=wGjmPAAACAAJ&dq=COMUNICACION+POR+SATELITE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjLyvG93OLPAhVCqx4KHYMRDncQ6AEIzAA>

- **LOS SATELITES DE COMUNICACIONES**
https://books.google.com.pe/books?id=_4vApljJBzMC&printsec=frontcover&dq=COMUNICACION+POR+SATELITE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjLyvG93OLPAhVCqx4KHYMRDncQ6wEIKTAB#v=onepage&q&f=false

- **SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRONICAS**
https://books.google.com.pe/books?id=_2HCio8aZiQC&pg=PA835&dq=COMUNICACION+POR+SATELITE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjLyvG93OLPAhVCqx4KHYMRDncQ6AEIMzAD#v=onepage&q=COMUNICACION%20POR%20SATELITE&f=false

- **COMUNICACIONES POR SATELITE**
<https://books.google.com.pe/books?id=d9mTPuUaVigC&dq=COMUNICACION+POR+SATELITE&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjLyvG93OLPAhVCqx4KHYMRDncQ6AEIPTAF>

- **INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**
<https://books.google.com.pe/books?id=U2JmghrrB8cC&printsec=frontcover&dq=gps&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiz4u3I4uLPAhXCpB4KHWWP B-kQ6AEIMjAA#v=onepage&q=gps&f=false>

- **SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO GLOBAL**

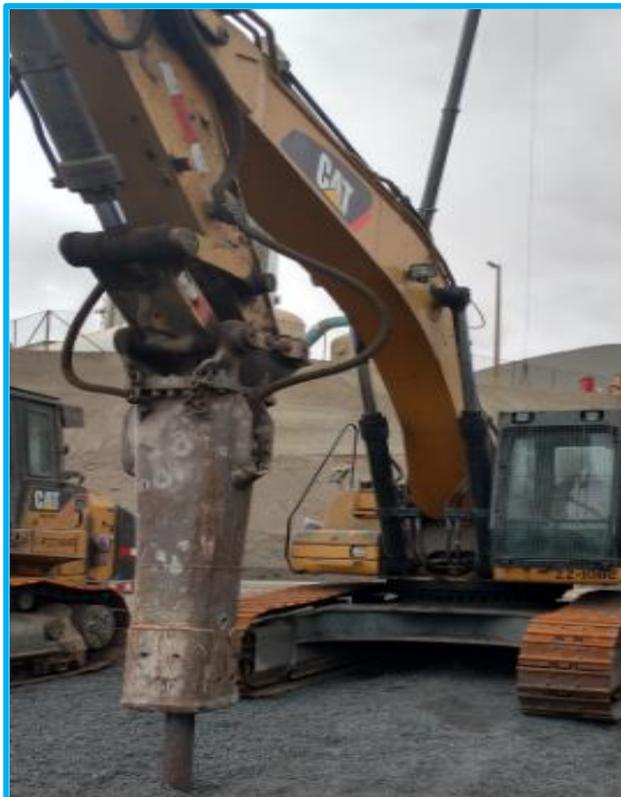
<https://books.google.com.pe/books?id=orjnvjPqELcC&printsec=frontcover&dq=sistemas+de+posicionamiento+global&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiT9Jzp4-LPAhXD8x4KHUMCCUAQ6AEIzA>

ANEXOS

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

| Nº | DESCRIPCIÓN | COSTO |
|--------------|--|------------------------|
| 1 | PAQUETE KIT PRODUCT LINK (HARWARE 23 MÁQUINAS PESADAS + LICENCIA) - 5000.00 DOLARES | \$. 115,000.00 |
| 2 | MANO DE OBRA DE INSTALACIÓN (10 PERSONAS -\$. 80 - 15 DIAS) | \$. 12,000.00 |
| TOTAL | | \$. 127,000.00 |

EXCAVADORA MARCA CAT MODELO 336D PLACA: ZZ1065



RADIO UBICADO EN LA PARTE INTERIOR DEL EQUIPO AL COSTADO DEL ECM



ANTENA UBICADA EN LA PARTE SUPERIOR DEL EQUIPO



RADIO UBICADO EN LA CABINA DEBAJO DEL ASIENTO DEL OPERADOR AL COSTADO DEL ECM



HARNES DEL PRODUCT LINK UBICADO EN LA CABINA DETRÁS DEL ASIENDO DEL OPERADOR, EN ESTE EQUIPO EL HARNES ESTA DENTRO DE LAS MOLDURAS DE LA CABINA

