

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA - ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA



“ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ DE MONITOREO DE TEMPERATURAS CON TERMOCUPLAS PARA EL DIAGNÓSTICO ANTICIPADO DE FALLAS EN INYECTORES DE MOTORES CAT® 3516B HD EUI”

Tesis presentada por los Bachilleres:

HURTADO MIRANDA, Ricardo Luis

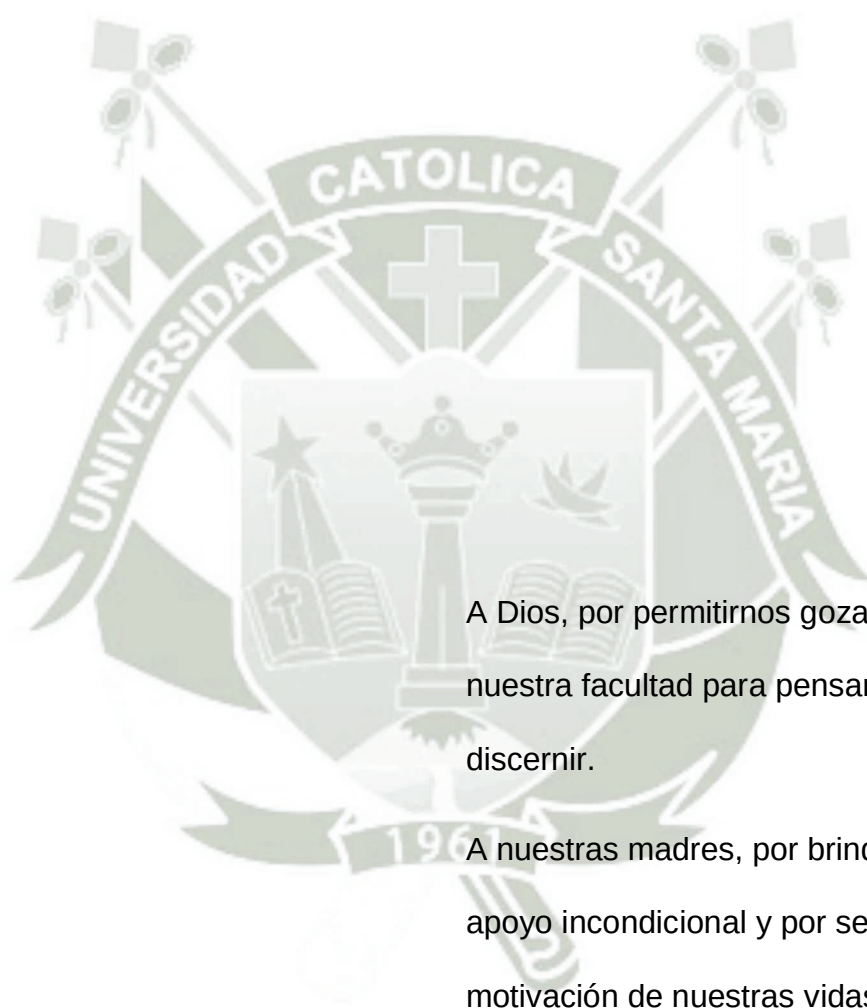
ROMANÍ CÁCERES, Israel Patricio

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECATRÓNICO

AREQUIPA – PERÚ

2016



A Dios, por permitirnos gozar de toda
nuestra facultad para pensar y
discernir.

A nuestras madres, por brindarnos su
apoyo incondicional y por ser la
motivación de nuestras vidas.

A nuestros padres, por darnos el
ejemplo para ser trabajadores,
persistentes y buenos profesionales.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a nuestros asesores, los ingenieros Sergio Mestas y Camilo Fernández por su valiosa colaboración en el desarrollo de la investigación.

Asimismo a nuestros padres, amigos, compañeros, colegas y seres queridos porque sin su aporte este trabajo no sería realidad.

Gracias por sus consejos, conocimientos, aportes técnicos y sobre todo paciencia.



INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1	17
MARCO METODOLÓGICO	17
1.1 Nombre del proyecto	17
1.2 Planteamiento del problema	17
1.3 Formulación interrogativa del problema	18
1.4 Antecedentes	18
1.5 Justificación del proyecto	19
1.6 Objetivos del proyecto	21
1.6.1 Objetivo general	21
1.6.2 Objetivos específicos	21
1.7 Alcance	21
1.8 Hipótesis	22
1.9 Descripción del desarrollo del proyecto	22
CAPÍTULO 2	24
FUNDAMENTO TEÓRICO	24
2.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM	24
2.1.1 Funciones	26
2.1.2 Fallas funcionales	26
2.1.3 Fallas potenciales	27
2.1.4 El intervalo P-F	28
2.1.5 Intervalo P-F neto	28
2.1.6 Tareas a condición	29
2.1.7 Disponibilidad (DISP)	29
2.1.8 Intervalos de búsqueda de falla (FFI)	29
2.1.9 Confiabilidad	29

2.2 Motor 3516B EUI	30
2.2.1 Camión de acarreo CAT® 793D	30
2.2.2 Motor de combustión CAT® 3516B HD EUI.....	35
2.2.3 Sistema de control electrónico en motores EUI.....	42
2.2.4 Sistema de Admisión y Escape.....	50
2.3 Sensores y Transductores	54
2.3.1 Los transductores analógicos	55
2.3.2 Los transductores digitales	55
2.3.3 Características de funcionamiento.	55
2.3.4 Clasificación de los sensores.	58
2.3.5 Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento:	58
2.3.6 Clasificación de los sensores según el fenómeno o estímulo físico que se desea medir.	59
2.4 Microcontroladores	64
2.4.1 Controlador y microcontrolador	64
2.4.2 Aplicaciones de los Microcontroladores	67
2.4.3 Elegir un tipo o familia de Microcontroladores	70
2.4.4 Experiencia previa:	70
2.4.5 Documentación existente:.....	71
2.4.6 Herramientas de desarrollo disponibles y su precio:	71
2.4.7 Precio del Microcontrolador:	72
2.4.8 Elegir un modelo concreto de Microcontrolador	72
2.4.9 Entradas, salidas y recursos internos:.....	72
2.4.10 Velocidad y consumo:.....	74
2.4.11 Memoria:	75
2.4.12 Ancho de palabra:	76
2.4.13 Disponibilidad:	77
2.4.14 Diseño del circuito y de la PCB:.....	77
2.4.15 Fabricantes y modelos de Microcontroladores.....	78
2.5 Comunicación de Datos.....	81
2.5.1 Medios, Formas Y Tipos De Transmisión	82
2.5.2 GPRS	83
2.6 Interfaz gráfica.....	88

CAPITULO 3.....	97
DESARROLLO E IMPLEMENTACION	97
3.1 Estudio de Confiabilidad	97
3.2 Desarrollo electrónico	108
3.2.1 Sistema electrónico de adquisición de datos.....	108
3.2.2 Diseño del sistema electrónico	110
3.2.3 Comunicación GPRS	136
3.3 Programación	138
3.3.1 Arquitectura principal del sistema de termocuplas	138
3.3.2 Aplicación de recepción de datos de la unidad móvil	140
3.3.3 Base de datos.....	147
3.3.4 Módulo de visualización.....	148
3.4 Análisis de costos	158
3.4.1 Materiales de elaboración	158
3.4.2 Costos de Ingeniería.....	159
CAPÍTULO 4.....	161
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	161
4.1 Análisis de datos y gráficas	163
4.2 Cálculo de beneficio	169
CONCLUSIONES	173
RECOMENDACIONES	175
BIBLIOGRAFÍA.....	176
ANEXOS.....	178

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva e intervalo P-F. Fuente: (Moubray, 2004).....	27
Figura 2 Intervalo P-F neto. Fuente: (Moubray, 2004)	28
Figura 3 Camión CAT® 793D. Fuente: (Caterpillar, 2005)	30
Figura 4 Ubicación de inyector y varillaje de accionamiento. Fuente: (Caterpillar, 1997)	36
Figura 5 Circuito de suministro de combustible 3500B. Fuente: (Caterpillar, 1997).....	37
Figura 6 Componentes electrónicos del sistema EUI en motores 3500 EUI. Fuente: (Caterpillar, 1997)	38
Figura 7 Elementos de sincronización Fuente: (Caterpillar, 1997).....	39
Figura 8 Vista de inyector EUI. Fuente: (Caterpillar, 1997).....	41
Figura 9 Lógica de Control de la inyección EUI. Fuente: (Caterpillar, 1997)	44
Figura 10 Control de cantidad de combustible. Fuente: (Caterpillar, 1997)	45
Figura 11 Rueda de sincronización montado en eje de levas Fuente: (Caterpillar, 1997)	47
Figura 12 Señal recibida por el sensor speed/timing. Fuente: (Caterpillar, 1997)	49
Figura 13 Esquema sistema Admisión y Escape. Fuente: (Caterpillar, Meeting Guide 793D, 2006).....	50
Figura 14 Pirómetros ópticos. Fuente: (Pallás Areny, 2005)	62
Figura 15 Termómetros de vidrio (Fuente: (Pallás Areny, 2005)	63
Figura 16 Termómetros de Bulbo. Fuente: (Pallás Areny, 2005)	64
Figura 17 Uso de Microcontroladores. Fuente: (Angulo Usategui, Romero Yesa, & Angulo Martínez, 2000).....	69
Figura 18 Comunicación de Datos. Fuente: (Jorquera, 2011)	82
Figura 19 Modelos de Interfaz gráfica. Fuente: (Jorquera, 2011)	89
Figura 20 Ejemplo de distintos elementos que pueden formar parte de la interfaz de usuario de un hipertexto. Fuente: (Lamarca Lapuente, 2013).....	96
Figura 21 Esquema de funcionamiento del módulo	97
Figura 22 Etapas de circuito electrónico.....	112
Figura 23 Circuito fuente/alimentación. Fuente: Elaboración propia	113

Figura 24 Tolerancias límite para termopares según DIN IEC 584-2	114
Figura 25 Circuito de termocuplas. Fuente: Elaboración propia	116
Figura 26 Circuito conmutador. Fuente: Elaboración propia	116
Figura 27 Circuito de excitación. Fuente: Elaboración propia.....	117
Figura 28 Circuito completo de conmutación. Fuente: Elaboración propia	120
Figura 29 Circuito amplificador de señal. Fuente: Elaboración propia	121
Figura 30 Circuito amplificador inversor. Fuente: Elaboración propia	123
Figura 31 Circuito amplificador con filtros de ruido. Fuente: Elaboración propia	124
Figura 32 Circuito de filtro pasabajos. Fuente: Elaboración propia	125
Figura 33 Principio de funcionamiento de termocupla y compensación de temperatura ambiente. Fuente: Elaboración propia.....	126
Figura 34 Circuito de compensación de temperatura ambiente. Fuente: Elaboración propia	127
Figura 35 Circuito de filtro de entrada de señales. Fuente: Elaboración propia	128
Figura 36 Sistema de transferencia de datos, desde la adquisición hasta su visualización.....	139
Figura 37 Recepción y almacenamiento de datos	140
Figura 38 Los datos (temperaturas) se imprimen una vez recibidos (captura desde el servidor)	147
Figura 39 Configuración de los datos almacenados	147
Figura 40 Flujo de aplicaciones que intervienen en la interfaz gráfica	149
Figura 41 Ventana de inicio e ingreso al sistema	149
Figura 42 Sección de elección de opciones de visualización.....	150
Figura 43 Visualización de temperaturas en el tiempo, tanto grupal como individual	151
Figura 44 Ventana de configuración de visualización y de descarga de datos	153

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Características y especificaciones del camión CAT® 793D. Fuente: (Caterpillar, 2005)	34
Cuadro 2 Clasificación de los sensores según el fenómeno o estímulo físico que se desea medir. Fuente: (Pallás Areny, 2005).....	60
Cuadro 3 Sensores de temperatura. Fuente: (Pallás Areny, 2005).....	61
Cuadro 4 Fabricantes de Microcontroladores. Fuente: (Angulo Usategui, Romero Yesa, & Angulo Martínez, 2000)	81
Cuadro 5 Disponibilidad individual de camiones 793D durante el 2013. Fuente: Área de confiabilidad.....	99
Cuadro 6 Distribución de fallas por sistema. Fuente: Área de confiabilidad...	100
Cuadro 7 Top ten de fallas del sistema motor. Fuente: Área de confiabilidad	101
Cuadro 8 Top ten de fallas por pérdida de potencia. Fuente: Área de confiabilidad	101
Cuadro 9 Top ten de fallas por diferencia de temperatura entre bancos elevada. Fuente: Área de confiabilidad	102
Cuadro 10 Top ten de fallas por cambio de inyector(es). Fuente: Área de confiabilidad.....	102
Cuadro 11 Top ten de fallas por humo negro. Fuente: Área de confiabilidad	102
Cuadro 12 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores de forma correctiva. Fuente: Elaboración propia	105
Cuadro 13 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores de forma preventiva. Fuente: Elaboración propia.....	106
Cuadro 14 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores por el método tradicional. Fuente: Elaboración propia	107
Cuadro 15 Costos de materiales de elaboración. Fuente: Elaboración propia	159
Cuadro 16 Costos de ingeniería. Fuente: Elaboración propia.....	160
Cuadro 17 Calendario de toma de datos de los meses setiembre a diciembre del 2014. Fuente: Elaboración propia.....	163
Cuadro 18 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 17/09/14	164
Cuadro 19 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 25/09/14	165

Cuadro 20	Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 01/10/14	166
Cuadro 21	Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 08/10/14	167
Cuadro 22	Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 26/11/14	168
Cuadro 23	Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 03/12/14	169
Cuadro 24	Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores por el método de monitoreo propuesto. Fuente: Elaboración propia	172



RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el estudio para la implementación de una interfaz entre termocuplas instaladas en motores diésel de equipo pesado, en este caso para motores CAT® 3516B HD EUI montado en camiones CAT® 793D y un módulo para el monitoreo de las temperaturas de tal forma que se pueda detectar desde el inicio la falla potencial de los inyectores antes de que éstos fallen y originen pérdida de potencia y por ende la parada del equipo, lo que a su vez se traduce en pérdidas de producción y confiabilidad.

Este trabajo se divide en tres secciones, las cuales son:

- *Estudio de Confiabilidad*, del cual se extrae la problemática de nuestra investigación que es la pérdida de horas de trabajo de los equipos móviles de la industria minera a causa de la falla en operación de los inyectores de combustible. Este estudio nos indica, luego del análisis, que en promedio se pierde un 0.38% de disponibilidad por la falta de métodos de monitoreo eficaces que permitan su reducción hasta en un 100%. Esta sección valida nuestro primer objetivo específico.
- Con el problema ya planteado, se inicia la etapa del *Desarrollo Electrónico*, en el cual el primer reto es investigar acerca de las tecnologías actuales con las que se pueda lograr la correcta adquisición de datos con los rangos y precisión adecuados que nos permita un correcto análisis posterior. Es esta etapa y luego de la comparación de distintas tecnologías, se decide emplear tarjetas electrónicas unidas en un módulo único que cuenta de tres fases: la primera que es básicamente de adquisición de datos de forma secuencial y basada en

transistores MOSFET industriales; la segunda fase es la de control, conformada por un PIC cuya programación toma los voltajes de las termocuplas y las convierte en una secuencia de datos o trama de 18 bytes que contiene un byte de conexión o entrada, 16 bytes de información (uno por cada termocupla con una posibilidad de 256 combinaciones) y un byte de fin o salida. La tercera fase es la de comunicación, en la cual usamos una tarjeta comercial de comunicación GSM¹ para el envío de la información tomada. Esta sección valida nuestro segundo objetivo específico.

- Con la información disponible para su envío se necesita una interfaz para su visualización y análisis, por esto, en la etapa de *Desarrollo de Programación*, se crea una página web completa cargada a un servidor para el almacenamiento, visualización y análisis de datos en tiempo real de la información. Esta página es capaz de configurarse tanto en lo visual (tiempo de refresco, tiempo de análisis, etc.) como en lo funcional (cantidad de termocuplas a analizar, cantidad de datos a analizar, rangos de falla, etc.). Esta sección valida nuestro tercer objetivo específico.

Como se verá en el desarrollo del presente informe, estas tres etapas han sido claramente cubiertas e integradas, lo que a su vez nos ha permitido validar todos nuestros objetivos y alcanzar los resultados esperados. Y a su vez poder emitir las conclusiones de la investigación.

¹ Becvar, Mach, & Pravda (2013). *Redes Móviles*, pág. 23

ABSTRACT

This paper is about of the study for the implementation of an interface between thermocouples installed on diesel engines of heavy equipment, in this case for Cat® 3516B HD EUI engines mounted on trucks CAT ® 793D and a module for monitoring temperatures which can detect the beginning of the potential issue of the injectors and before they give equipment issues like loss of power, which in turn results in lost production and reliability.

This paper is divided into three sections, which are:

- *Reliability Study*, which give us the investigation topic and it is the loss of working hours of mobile equipment in the mining industry because of the failure of fuel injectors. This study indicates after analysis, which the 0.38% of availability is lost by the lack of effective monitoring methods that allow its reduction by up to 100%. This section validates our first specific objective.
- With the problem already raised, the stage of *Electronic Development* begins, in which the first challenge is to research about current technologies that can achieve the correct data acquisition with appropriate ranges and precision that allows us to correct further analysis. After comparing different technologies we decided to use electronic cards together in a single module that has three phases: the first one is basically data acquisition sequentially and industrial MOSFET transistors based; the second phase is the control, consisting of a PIC whose programming takes voltages of thermocouples and converts them into a data stream or frame of 18 bytes containing one byte to connection

or input, 16 bytes of information (one for each thermocouple with a possibility of 256 combinations) and one byte to output or end. Third phase is the communication, which we use a GSM communication card for sending information taken. This section validates our second objective.

- With the information available in the cloud, an interface for viewing and analysis is needed, therefore, in the stage of *Programming Development*, a complete web page loaded to a server for storage, visualization and analysis of data in real time is created. This page is able to configure both the visual (refresh time, time analysis, etc.) and the functional (number of thermocouples to analyze, amount of data to analyze, fault ranges, etc.). This section validates our third specific objective.

In the development of this paper you can see that the three stages are clearly covered and integrated, which in turn has allowed us to validate our objectives and achieve the expected results. And let us to give the conclusions of the investigation.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolla en torno a una necesidad real, la cual es dar mayor confiabilidad a los equipos pesados móviles utilizados en industrias como minería, construcción, marina donde los tiempos de parada de los equipos equivalen a grandes costos de producción. Según datos estadísticos, se tiene que uno de los *top ten* de paradas de equipos es por temas de pérdida de potencia, de las cuales una parte corresponde a falla de inyectores de combustible.

Un tema bastante relacionado a este tema es la contaminación del combustible -en este caso diésel- en el Perú que está considerado entre los peores a nivel mundial, el cual por ejemplo se promedia en unas 7000 ppm de azufre mientras que Bolivia promedia 350 ppm y en Chile y Estados Unidos se promedian unas 50 ppm.

Otro punto que anima a desarrollar el presente proyecto es en el sentido medioambiental, ya que si bien es cierto que un equipo pesado puede operar con un inyector con inicios de falla, también es muy cierto que mientras lo hace contamina el medio ambiente de forma innecesaria al perder su capacidad de realizar una buena combustión. Por otro lado operar con pérdida de potencia alarga los ciclos de trabajo y a su vez deteriora y encarece futuras reparaciones.

En la actualidad en el mercado se comercializan sistemas completos para el monitoreo global de equipos, sobre todo mineros. La intención de proyecto es llevar en una segunda etapa a industrias -en las cuales no puedan adquirir los

sistemas mencionados- una alternativa más práctica y económica que pueda elevar la confiabilidad de sus equipos.

Para esto, se llevará a cabo la implementación de la interfaz entre termocuplas y un módulo que monitoree el estado de cada cámara de combustión y mediante algoritmos matemáticos montados en un software amigable, pueda alertar sobre el inicio de falla de uno o varios inyectores, con lo cual se pueda programar adecuadamente su sustitución y se evite hasta en un 100% las paradas no programadas por este tema.



CAPÍTULO 1

MARCO METODOLÓGICO

1.1 Nombre del proyecto

ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ DE MONITOREO DE TEMPERATURAS CON TERMOCUPLAS PARA EL DIAGNÓSTICO ANTICIPADO DE FALLAS EN INYECTORES DE MOTORES CAT® 3516B HD EUI.

1.2 Planteamiento del problema

Como se sabe, actualmente Los indicadores más importantes en el mundo del mantenimiento de equipo pesado son la disponibilidad y la confiabilidad, esto sin dejar de lado el ahorro de costos.

Basado en la recurrencia de fallas, se aprecia que el componente más crítico dentro del mantenimiento es el motor, y dentro de este los inyectores originan paradas inesperadas y recurrentes lo que afecta nuestros indicadores antes mencionados.

Un método que se aplica en la actualidad para el diagnóstico es el uso de termocuplas. Pero este método tiene limitaciones ya que al tomarse datos durante un periodo corto y de forma alternada, se pueden perder datos importantes.

El problema entonces, es que en la actualidad no existe un método dedicado exclusivamente al diagnóstico de fallas anticipado de inyectores y es así que surge la idea de implementar un interfaz para solucionar el mismo.

1.3 Formulación interrogativa del problema

Dado el planteamiento del punto anterior, el problema que da inicio a la presente tesis puede ser formulada con la siguiente pregunta:

¿Se puede mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que utilizan motores diésel CAT® respecto a la falla recurrente de los inyectores de combustible?.

1.4 Antecedentes

Debido a que esta investigación es multidisciplinaria, sería extenso mencionar los avances en cada campo, por esto, vamos a considerar los que abarcan los mismos objetivos que nuestro proyecto.

En el ámbito local y nacional, se tiene como referencia más cerca el artículo publicado por Tecsup, titulado “Monitoreo de temperatura de los gases de escape del motor de combustión interna utilizando microcontrolador (PIC) y asistida por PC”, que trata sobre el estudio e implementación de un módulo para el monitoreo de temperaturas de motores de combustión, sin embargo, la limitación que encontramos es que sólo muestra los valores de las temperaturas en cada momento, no es posible transmitir las en tiempo real ni se tiene una base de datos para revisar y compararlas el historial.

Si se analiza el ámbito global, se tiene que en el mercado existen sistemas de monitoreo remoto que se enlazan con los sistemas de monitoreo propios de los equipos móviles.

Claro ejemplo de este es el CAT® MineStar™ el cual utiliza el sistema de monitoreo de los equipos CAT® (y compatible con otras marcas) para enviar en tiempo real a las centrales de análisis todos los parámetros medidos mediante los sensores propios del equipo.

El problema es justamente que al utilizar el envío sólo de los datos propios del equipo, el mismo no cuenta con un monitoreo individual de la temperatura de escape de cada cilindro y a lo mucho cuenta con dos sensores, uno para el lado izquierdo y el otro para el derecho que si bien es cierto nos puede ayudar con el diagnóstico del problema de pérdida de potencia, sólo nos descarta el 50% de probabilidades. De igual forma, estos sistemas por su capacidad, permiten adaptar y agregar mayor cantidad de señales para el monitoreo de sensores específicos, tal es el caso de la nueva versión de monitoreo de temperaturas lanzada por CAT® el año 2014, llamada SuperComm, que permite el monitoreo en tiempo real pero su aplicación es costosa y requiere de capacitación específica para su aplicación y uso.

1.5 Justificación del proyecto

El presente proyecto se justifica inicialmente en el ámbito académico debido a que por los objetivos planteados, se hace necesario el estudio e integración de las todas ramas de la Ingeniería Mecatrónica de la siguiente manera: El estudio de Confiabilidad, el cual plantea la problemática de nuestra investigación, es un tema de importancia global en el área de Mantenimiento y que busca disminuir o eliminar las consecuencias negativas por pérdidas parciales o totales de las funciones de los activos,

que por lo general son sistemas mecánicos, eléctricos o integrados entre sí. El desarrollo electrónico, de comunicaciones y de programación, completan y complementan el presente estudio, logrando la sinergia de todas las ramas como se mencionó al principio para el cumplimiento de los objetivos planteados.

También se justifica económicamente ya que según las proyecciones y datos históricos, el costo por paradas inesperadas o no programadas alcanza sumas elevadas de dinero entre pérdidas de producción y mano de obra involucrada. Por otro lado, cualquier esfuerzo por aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la industria es válido por la magnitud de los mismos y más aún si su aplicación puede ser replicada en diferentes modelos sin mucha variación y a un precio razonable.

Este estudio sería a su vez la base para poder ampliar la gama de marcas y modelos en los que se podría aplicar a un bajo costo. Además de un buen inicio para la implementación del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad (RCM) en cualquier empresa.

Por otro lado y no menos importante se trata de un proyecto que sin ser su intención inicial, aporta con la reducción de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente al evitar preventivamente la combustión inadecuada en las cámaras del motor. Esto es muy importante en la actualidad ya que vivimos en un momento en que el cuidado del Medio Ambiente debe ser mayor y cualquier aporte es bienvenido. Además de que las regulaciones en este ámbito son cada vez más estrictas y buscan niveles de cuidado mayores.

1.6 Objetivos del proyecto

1.6.1 Objetivo general

Demostrar que es posible aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los motores CAT® (y por ende de los camiones) mediante un método predictivo en el cual se utilizará un módulo de adquisición y transferencia de datos y su análisis en tiempo real mediante un software propio. Todo esto a un costo razonable y que justifique su aplicación en todas las industrias.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Demostrar mediante un estudio de confiabilidad que los inyectores impactan en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que utilizan motores CAT®.
- b) Diseñar e implementar un módulo de adquisición de datos y la transferencia de estos en tiempo real mediante un protocolo de comunicación.
- c) Desarrollar un software adecuado, el cual pueda diagnosticar anticipadamente la falla de un inyector.
- d) Implementar en su conjunto un módulo a un costo razonable y que sea fácilmente adaptable para su aplicación en otras industrias.

1.7 Alcance

El presente trabajo se basará en el estudio en motores CAT® modelo 3516B HD EUI aplicados en camiones de acarreo modelo 793D.

1.8 Hipótesis

Dado que la implementación de un interfaz capaz de monitorear las temperaturas de escape de cada culata del motor CAT® empleado en las distintas industrias; es probable predecir las fallas de los inyectores con anticipación, permitiendo atender el equipo oportunamente y por ende aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.

1.9 Descripción del desarrollo del proyecto

El proyecto abarcará las siguientes etapas en su ejecución:

- Estudio de confiabilidad
- Recolección de datos
- Diseño del interfaz
- Implementación del interfaz
- Prueba de interfaz
- Análisis y discusión de resultados
- Redacción del informe final

En la sección de *Estudio de confiabilidad*, se presentará un estudio de confiabilidad con el cual se justifica el presente estudio y que ha sido desarrollado en función a datos reales de la aplicación en una importante unidad minera del sur de Perú.

En la *Recolección de datos*, se incluirá un resumen de casos en los cuales con la evaluación actual con termocuplas se ha podido diagnosticar acertadamente la falla de inyectores.

Paralelamente se realizará el *Diseño del interfaz*, el cual deberá poder grabar los datos tomados periódicamente por las termocuplas para el posterior análisis de los mismos.

Luego del paso anterior, se procederá con la *Implementación del interfaz*, cuando se procederá a convertir el diseño en un prototipo físico.

Conseguido lo anterior, se deberá realizar la *Prueba del interfaz*, para lo cual se realizarán pruebas reales con el equipo a fin de verificar que cumpla con las funciones antes mencionadas de manera confiable.

Terminadas todas las evaluaciones, se procederá con el *Análisis y discusión de resultados*, en este paso se dará validez a lo que estamos buscando, es decir, reducir el costo por paradas imprevistas por fallas de inyectores.

Para finalizar, se debe realizar la *Redacción del informe final*, en el cual se presentará el detalle de cada uno de los pasos incluyendo conclusiones.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTO TEÓRICO

En este capítulo se definirán los principales conceptos de los tópicos tocados durante el desarrollo del presente trabajo como son: aplicaciones de motores en la industria, fundamentos de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), sistemas de monitoreo remoto, información referente a termocuplas y almacenamiento de información, software para programar el algoritmo de análisis de información.

2.1 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM

Desde el punto de vista de Ingeniería hay dos elementos que hacen al manejo de cualquier activo: debe ser mantenido y de tanto en tanto quizás también debe ser modificado. Esto sugiere que “mantenimiento” significa preservar algo y modificarlo significa cambiarlo de alguna manera. Por ello una definición de mantenimiento sería: “asegurar que los activos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que hagan”².

Ahora los requerimientos de los usuarios van a depender de cómo y cuándo se utilice el activo (contexto operacional); esto lleva a la siguiente definición formal de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad: “proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo en su contexto operacional”³. A la luz de la anterior definición de mantenimiento, una definición más completa de RCM sería: “proceso

² Moubray (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, pág. 8

³ Moubray (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, pág. 9

utilizado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo activo continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan en su actual contexto operacional”⁴.

El proceso RCM formula siete preguntas acerca del activo que se va a someter al análisis RCM⁵:

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

¿En qué sentido es importante cada falla?

¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para llevar a cabo lo anterior el RCM emplea técnicas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo. Los siete puntos anteriores son detallados a continuación.

⁴ Moubray (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, pág. 9

⁵ Moubray (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, pág. 7

2.1.1 Funciones

La descripción de la función de un activo debe consistir de un verbo, un objeto y un parámetro de funcionamiento deseado, los que deben ser descritos tomando en cuenta el contexto operacional del activo.

Todo activo físico tiene más de una función, frecuentemente varias, y todas ellas deben ser identificadas junto con sus parámetros de funcionamiento específicos.

Las funciones se dividen en dos categorías principales: funciones primarias y secundarias.

2.1.2 Fallas funcionales

Un activo falla cuando no hace lo que el usuario desea que haga.

Una falla funcional puede ser una pérdida total de una función o también puede ser en las que el comportamiento funcional queda al margen de los parámetros de funcionamiento establecidos.

Cada activo tiene más de una función, por lo tanto al ser posible que cada una de éstas falle, se deduce que cualquier activo puede tener una variedad de estados de fallas diferentes. Entonces es preciso definir una falla en términos de “pérdida de una función específica” y no con la “falla del activo como un todo”. Dado que este se aplica a funciones individuales, podemos definir una falla funcional como: “la

incapacidad de cualquier activo de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario”⁶.

2.1.3 Fallas potenciales

La figura 1 ilustra lo que sucede en los estados finales de la falla.

Se llama curva P-F, porque muestra como comienza la falla, como se deteriora al punto en que puede ser detectada (P) y luego, si no es detectada y corregida, continúa deteriorándose, generalmente muy rápido, hasta que llega al punto de falla funcional (F).

El punto en el proceso de la falla en el que es posible detectar si la falla está ocurriendo o si está a punto de ocurrir se conoce como falla potencial. En otras palabras una falla potencial es un estado identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o en el proceso de ocurrir.



Figura 1 Curva e intervalo P-F. Fuente: (Moubray, 2004)

⁶ Moubray (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, pág. 18

2.1.4 El intervalo P-F

Además de la falla potencial en sí misma, necesitamos considerar la cantidad de tiempo que transcurre entre el punto en el que ocurre una falla potencial y el punto en el que se deteriora llegando a la falla funcional. Como lo muestra la figura 1 este rango se conoce como el intervalo P-F. El intervalo P-F nos permite decir con qué frecuencia deben realizarse las tareas a condición.

Si queremos detectar la falla potencial antes de que se convierta en falla funcional, el intervalo entre las revisiones debe ser menor al intervalo P-F. En la práctica generalmente basta con seleccionar una frecuencia de tarea igual a la mitad del intervalo P-F. Esto lleva al concepto de intervalo P-F neto.

2.1.5 Intervalo P-F neto

El intervalo P-F es el mínimo intervalo que es probable que transcurra entre el descubrimiento de una falla potencial y la ocurrencia de la falla funcional. Esto se ilustra en la figura 2, la que muestra una falla con un intervalo P-F de nueve meses, lo que indica que si el elemento es inspeccionado mensualmente, el intervalo P-F es de 8 meses.

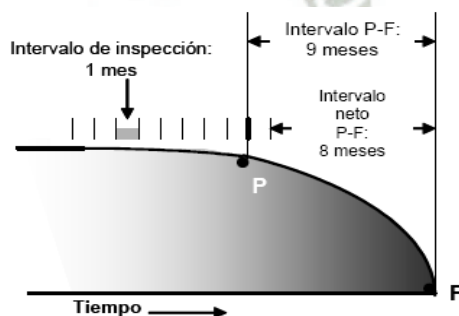


Figura 2 Intervalo P-F neto. Fuente: (Moubray, 2004)

Ahora las tareas a condición consisten en chequear si hay fallas potenciales, que permitan actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional

2.1.6 Tareas a condición

Las tareas a condición son conocidas como mantenimiento predictivo, ya que se evalúa el estado del componente y se decide cuál acción tomar.

2.1.7 Disponibilidad (DISP)

La disponibilidad de un equipo o activo se define como el porcentaje de tiempo en que está operativo, o disponible a funcionar en cualquier instante. Las unidades de medida pueden ser horas, días, etc.

2.1.8 Intervalos de búsqueda de falla (FFI)

En inglés Failure Finding Interval y está dado por la expresión:

$$(100\% - \text{FFI})x$$

2.1.9 Confiabilidad

La confiabilidad se define como la probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas (por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones, etc.).

2.2 Motor 3516B EUI

El motor en que llevaremos a cabo el presente proyecto es el CAT® 3516B EUI, que es el que da funcionamiento a los camiones 793D. Para dar una visión general del equipo y el motor, incluiremos características y explicaremos las mismas en esta sección.

2.2.1 Camión de acarreo CAT® 793D

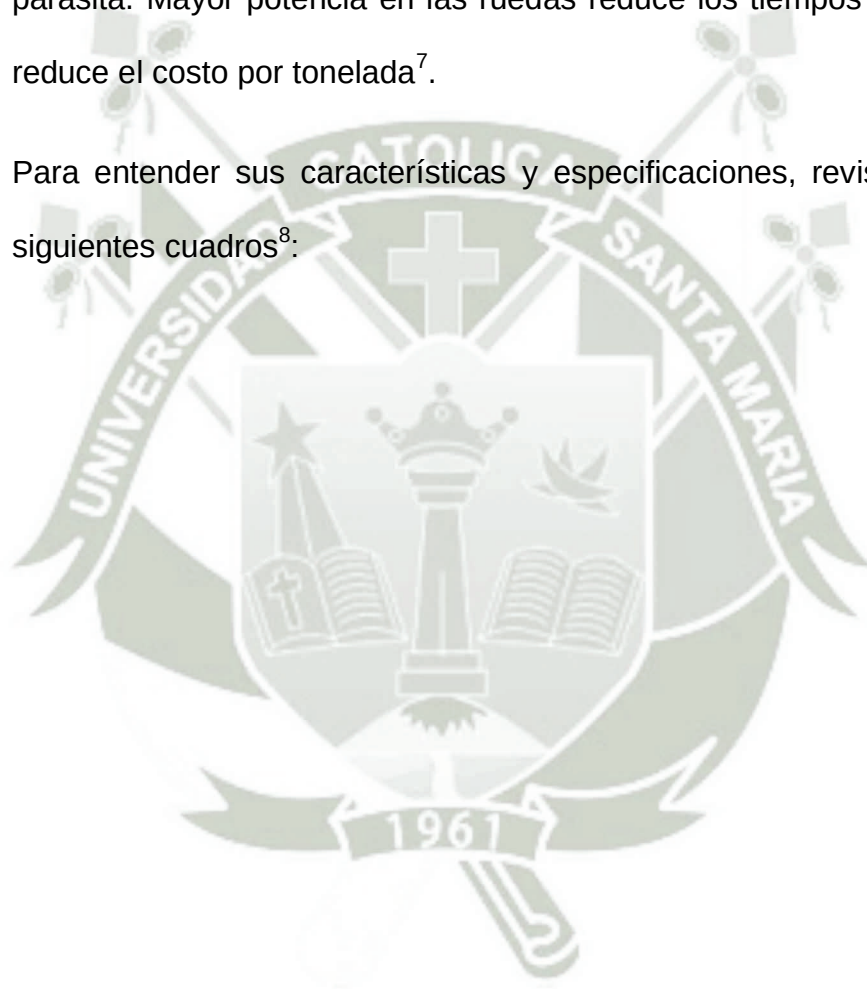


Figura 3 Camión CAT® 793D. Fuente: (Caterpillar, 2005)

Se muestra el lado izquierdo del camión 793D. El 793D está disponible en cuatro diferentes configuraciones de altitud normal y un arreglo de mayor altitud. Todas las configuraciones entregan velocidad incrementada y son componentes claves que corresponden a la aplicación de tracción y condiciones del lugar. Para nuestro estudio se utilizaron camiones con el arreglo estándar, ya que son los que la Empresa Minera usa.

El arreglo estándar tiene un gran rendimiento. Tres factores se combinan para producir un incremento de hasta 9% más de potencia en las cuatro ruedas que el 793C, incluyendo 5% más de potencia del motor; un riel común del sistema hidráulico para mayor eficiencia del tren de potencia; y un ventilador impulsado hidráulicamente que funciona cuando es necesario por demanda que reduce la carga parásita. Mayor potencia en las ruedas reduce los tiempos de ciclo y reduce el costo por tonelada⁷.

Para entender sus características y especificaciones, revisemos los siguientes cuadros⁸:



⁷ Caterpillar (2006). *Meeting Guide 793D*, pág. 7

⁸ Caterpillar (2005). *Brochure 793D*, pág. 20-22

Motor

Modelo de motor	Cat 3516B HD EUI	
Potencia nominal	1.750 RPM	
Potencia bruta – SAE J1995	1.801 kW	2.415 hp
Potencia neta – SAE J1349	1.743 kW	2.337 hp
Potencia neta – ISO 9249	1.743 kW	2.337 hp
Potencia neta – 80/1269/EEC	1.743 kW	2.337 hp
Reserva de par	23%	
Calibre	170 mm	6,7 pulg
Carrera	215 mm	8,5 pulg
Cilindrada	78 L	4.760 pulg ³

- Estos valores se aplican a 1.750 rpm cuando se prueban según las condiciones indicadas para la norma especificada
- Valores nominales basados en condiciones normales del aire SAE J1995 a 25°C (77°F) y 99 kPa (29,61 mm Hg) en seco. Potencia estimada con un combustible de gravedad API de 35 grados a 16° C (60° F) y un poder calorífico bajo de 42.780 kJ/kg (18.390 BTU/lb) cuando el motor se usa a 30° C (86° F).
- No se requiere reducir la capacidad del motor hasta altitudes inferiores a 2.750 m (9.000 pies)
- Cumple con las normas de emisión de la Agencia de protección del Medio Ambiente de EE.UU. Tier I.

Pesos – aproximados

Peso bruto de la máquina en operación	383.749 kg	846.000 lb
Peso del chasis	116.707 kg	257.294 lb
Gama de pesos de la caja	21.795 – 54.431 kg/ 48.050 – 120.000 lb	

- Peso del chasis con 100% de combustible, grúa, grupo de montaje de la caja, aros y neumáticos.
- El peso de la caja depende del equipamiento de la caja.

Especificaciones de operación

Capacidad nominal de carga útil	218 toneladas métricas	240 toneladas cortas
Capacidad de la caja – SAE (2:1)	129 m ³	169 yd ³
Capacidad máxima	Especial	
Velocidad máxima-con carga	54,3 kph	33,7 mph
Ángulo de la dirección	36 Grados	
Radio de giro – delantero	28,42 m	93,2 pie
Diámetro del círculo de giro	32,66 m	107,15 pie

- Capacidad de la caja (SAE 2:1) con caja de doble declive.
- Consulte la norma de carga útil 10/10/20 para Camiones de Minería Caterpillar para obtener información sobre las limitaciones de peso bruto máximo de la máquina.

Transmisión

Avance 1	11,8 kph	7,3 mph
Avance 2	15,9 kph	9,9 mph
Avance 3	21,5 kph	13,4 mph
Avance 4	29 kph	18,1 mph
Avance 5	39,4 kph	24,5 mph
Avance 6	54,3 kph	33,7 mph
Retroceso	10,9 kph	6,8 mph

- Velocidades de desplazamiento máximas con neumáticos estándar 40.00-R57.

Mandos finales

Relación de diferencial	1:8:1
Relación de planetario	16:1
Relación de reducción total	28:8:1

- Planetario de movimiento libre.

Suspensión

Carrera efectiva del cilindro – delantero	130,5 mm	5,2 pulg
Carrera efectiva del cilindro – trasero	105,5 mm	4,2 pulg
Eje trasero – oscilación	± 4,9°	

Frenos

Diámetro externo	874,5 mm	34,5 pulg
Superficie de freno – delantero	89.817 cm ²	13.921 pulg ²
Superficie de freno – trasero	134.500 cm ²	20.847 pulg ²
Normas	J-ISO 3450 JAN88, ISO 3450:1996	

- El peso bruto de la máquina en operación es 382.749 kg (846.000 lb).

Sistemas de levantamiento de la caja

Flujo de la bomba – alto vacío	846 L/min	224 gal/min
Ajuste de la válvula de alivio – levantamiento	20.370 kPa	2.955 lb/pulg ²
Tiempo de subida de la caja – alto vacío	20,25 Segundos	
Tiempo de bajada de la caja – libre	19,26 Segundos	
Bajada automática de la caja – alto vacío	17,51 Segundos	

- Cilindros hidráulicos gemelos de dos etapas montados dentro del bastidor principal, de doble acción en la segunda etapa.
- Levantamiento hidráulico en ambas etapas y bajada hidráulica en la segunda etapa.
- La modulación de la bajada automática de la caja reduce los impactos en el bastidor.

Distribuciones de peso – Aproximadas

Eje delantero – Vacío	46%
Eje trasero – Vacío	54%
Eje delantero – Cargado	33%
Eje trasero – Cargado	67%

Capacidad – Doble declive – Factor de llenado del 100%

A ras	96 m³	126 yd³
Colmado (2:1) SAE	129 m³	169 yd³

Capacidades de servicio de llenado

Tanque de combustible	4.354 L	1.150 gal
Tanque de combustible (opcional)	4.922 L	1.300 gal
Sistema de enfriamiento	973 L	257 gal
Cárter	265 L	70 gal
Caja del eje trasero	1.022 L	270 gal
Tanque de dirección	227 L	60 gal
Sistema de dirección (incluye el tanque)	341 L	90 gal
Tanque hidráulico del freno/dispositivo de levantamiento	769 L	203 gal
Sistema de freno/de levantamiento (incluye tanque)	1375 L	363 gal
Convertidor de par/Sumidero de la transmisión	1.02 L	27 gal
Sistema de transmisión y convertidor de par (incluye sumidero)	189 L	50 gal

ROPS

Normas ROPS

- La ROPS (Estructura de protección antivuelco) para la cabina que ofrece Caterpillar cumple los criterios ISO 3471:1994 ROPS.
- La FOPS (Estructura de protección contra caída de objetos) cumple la norma ISO 3449:1992 Nivel Level II FOPS.

Sonido

Normas de ruido

- Nivel de presión de sonido del operador medido según los procedimientos especificados en ANSI/SAE J1166 MAY90 es 76 dB(A) para la cabina proporcionada por Caterpillar cuando está correctamente instalada, mantenida y probada con las puertas y ventanas cerradas.
- El nivel de presión de sonido exterior para la máquina estándar medido a una distancia de 15 m (49 pies) según los procedimientos de prueba especificados en SAE J88 APR95, operando con un desplazamiento a una marcha intermedia, es 89 dB(A).
- Puede necesitarse protección auditiva cuando se trabaja en una estación de operador abierta o en una cabina (a la que no se ha hecho el mantenimiento adecuado o con las puertas y ventanas abiertas) por un periodo de tiempo prolongado, o en un ambiente ruidoso.

Dirección

Normas de la dirección	SAE J15111 OCT90, ISO 5010:1992
------------------------	------------------------------------

- El peso bruto de la máquina en operación es 382.749 kg (846.000 lb)

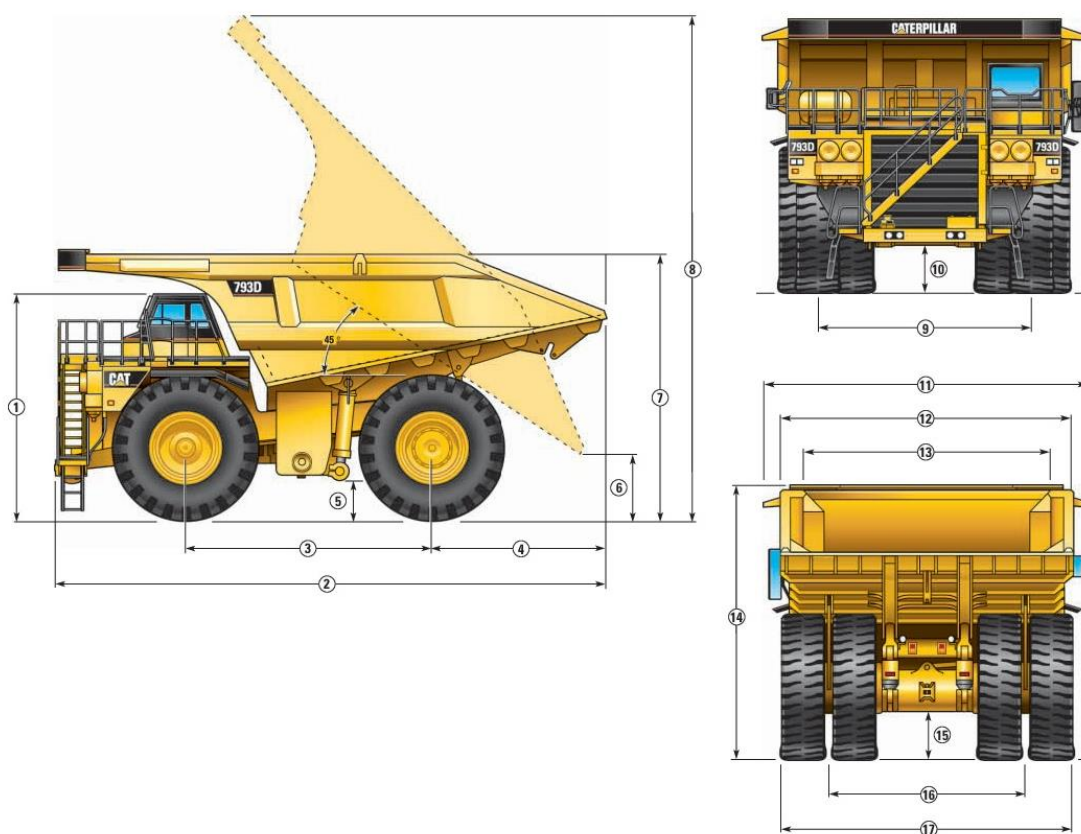
Neumáticos

Neumático estándar	40.00 R57
--------------------	-----------

- La capacidad de producción del Camión 793D es tal que, bajo ciertas condiciones de trabajo, se pueden exceder las capacidades en TKPH (TMPH) de los neumáticos estándar u opcionales y, por lo tanto, limitar la producción.
- Caterpillar recomienda al cliente que evalúe todas las condiciones de trabajo y consulte con el fabricante de neumáticos para seleccionar los neumáticos apropiados.

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas. Mostrado con caja MSD II. Dimensiones con caja de doble declive.



1	Altura hasta la parte superior de ROPS	5.584 mm	18,32 pie
2	Longitud total	12.862 mm	42,2 pie
3	Distancia entre ejes	5.905 mm	19,37 pie
4	Eje trasero a la cola	3.772 mm	12,38 pie
5	Espacio libre sobre el suelo	1.005 mm	3,3 pie
6	Espacio libre de descarga	1.364 mm	4,48 pie
7	Altura de carga – Vacío	5.871 mm	19,26 pie
8	Altura total – Caja subida	13.113 mm	43,02 pie
9	Ancho entre líneas de centro de los neumáticos delanteros	5.610 mm	18,41 pie

10	Espacio libre del protector del motor	1.294 mm	4,25 pie
11	Ancho total del techo	7.680 mm	25,2 pie
12	Ancho exterior de la caja	6.940 mm	22,77 pie
13	Ancho interior de la caja	6.500 mm	21,33 pie
14	Altura delantera del techo	6.494 mm	21,31 pie
15	Espacio libre del eje trasero	1.128 mm	3,66 pie
16	Ancho entre las líneas de centro de los neumáticos dobles traseros	4.963 mm	16,25 pie
17	Ancho total de los neumáticos	7.605 mm	24,92 pie

22 **Camión de minería 793D** especificaciones

Cuadro 1 Características y especificaciones del camión CAT® 793D.
Fuente: (Caterpillar, 2005)

Los datos más importantes de los cuadros anteriores y que intervienen directamente en nuestro estudio son: la carga, que es de 240 toneladas cortas (218 T), este dato interviene activamente en la sección de análisis de resultados, sobre todo en el cálculo de los beneficios. El otro dato importante, es que usa un motor CAT® 3516B HD EUI. Por lo cual en el siguiente punto se detallará su funcionamiento.

2.2.2 Motor de combustión CAT® 3516B HD EUI

Iniciamos con explicar el significado de su nomenclatura:

- 3516B: 3500 es la serie de motores CAT® con sistema de inyección accionada mecánicamente. El 16 indica la cantidad de cilindros y el sufijo B indica que esta serie es la segunda y en este caso en específico que la inyección es gobernada electrónicamente.
- HD: viene de “High Displacement” o alta cilindrada, por sus 79 l de capacidad de los cilindros.
- EUI: de “Electronic Unit Injector” o inyectores controlados electrónicamente, para especificar qué tipo de sistema de inyección de combustible usado.

Para entender mejor el funcionamiento de este tipo de motores, se citará la información brindada por CAT®⁹.

⁹ Caterpillar (1997). *3500B Engine Controls EUI*, pág. 2-19

Los motores 3500B reemplazan directamente a los motores 3500, tienen características y beneficios adicionales los cuales veremos más adelante en esta presentación.

Los motores 3500B equipados con unidades de inyección controladas electrónicamente, están disponibles para máquinas de movimiento de tierra y usos industriales.

a) Característica del sistema

Los 3500 EUI tienen muchas características y beneficios que no son posible lograr por motores con sistema de combustible mecánico. Esas características incluyen una salida de gases más limpia, mejoras en consumo de combustible y arranque, así como un mantenimiento más simple, con menor movimiento de partes y reducción de costos de operación.

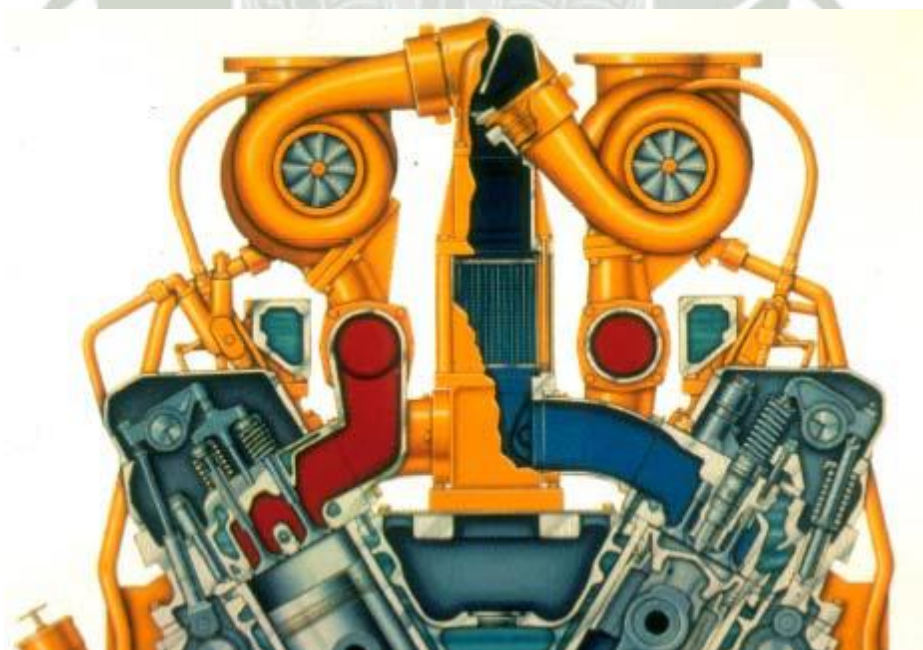


Figura 4 Ubicación de inyector y varillaje de accionamiento. Fuente: (Caterpillar, 1997)

Esta vista seccionada del motor muestra la ubicación del inyector y la varilla de empuje en relación a la parte superior del motor.

Principales diferencias son el resorte, varilla de empuje y el mayor diámetro del eje de levas.

b) Componentes del sistema de combustible

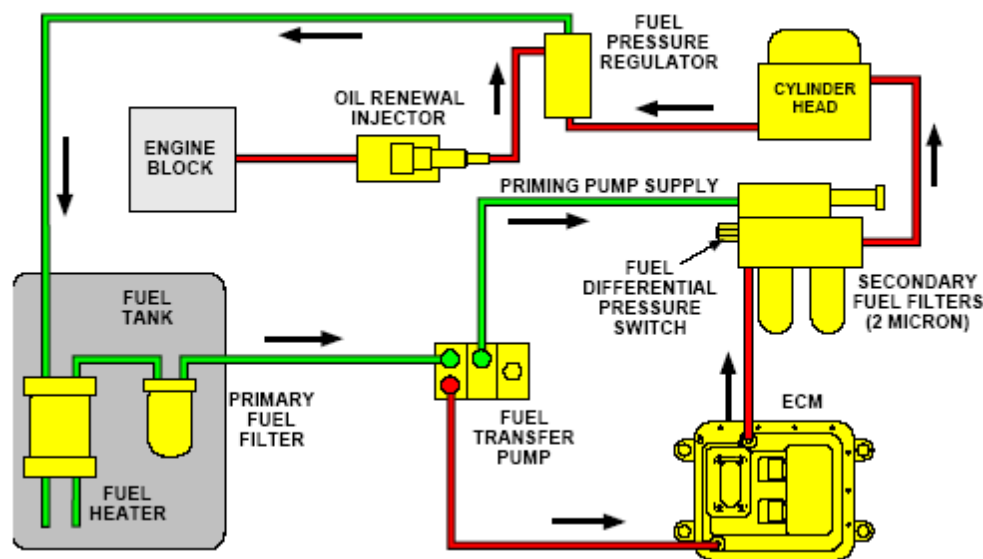


Figura 5 Circuito de suministro de combustible 3500B. Fuente: (Caterpillar, 1997)

Este esquema muestra los componentes en el 3500B EUI para la entrega de combustible. Posteriormente se detallara mejor el sistema.

El esquema muestra como ejemplo el sistema de combustible del motor 3516B instalado en el camión 793D.

Los componentes electrónicos en el 3500B EUI son muy similares a los usados en otros EUI y también al HEUI. Sin embargo en

este sistema, los inyectores son actuados por ejes de levas. Los inyectores reciben señales eléctricas como en el original 3500 EUI.

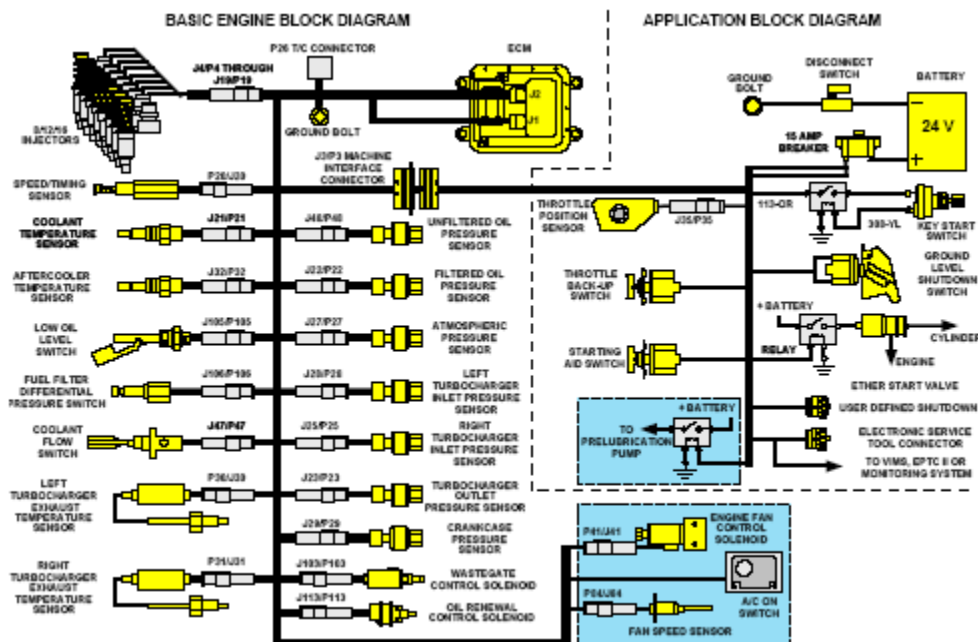


Figura 6 Componentes electrónicos del sistema EUI en motores 3500 EUI.
Fuente: (Caterpillar, 1997)

Este diagrama eléctrico muestra los componentes en el sistema y como están localizados.

El lado izquierdo del esquema se muestra los componentes montados en el motor, y al lado derecho están los componentes montados en la máquina.

La conexión entre ambos circuitos es realizada por el conector de interface de la maquina (Machine Interface Connector).

Algunos componentes o circuitos no son usados por el sistema de combustible, pero son controlados por el ECM del Motor. Por ejemplo:

- Circuito de prelubricación.
- Control de salida de gases excesivos (Exhaust Wastegate Control)
- Control de demanda de ventilación.
- Sistema de inyección de Ether.

c) Componentes de sincronización electrónica

El sensor está montado sobre la caja de engranajes posteriores. Este sensor es usado para calcular la velocidad del motor y la posición del cigüeñal para propósitos de calibración.

El sensor es auto ajustable, pero especiales precauciones son necesarias durante la instalación para prevenir daños.

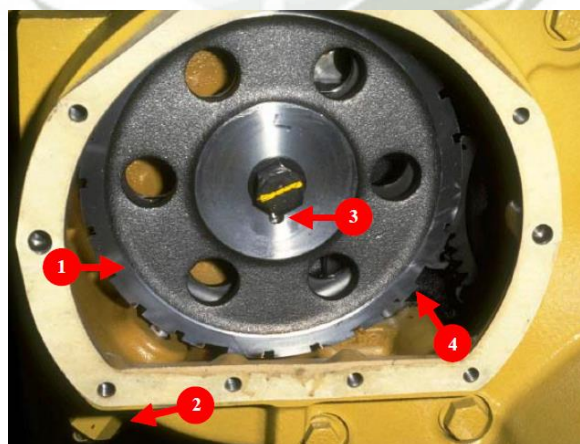


Figura 7 Elementos de sincronización Fuente: (Caterpillar, 1997)

Esta vista muestra la rueda de Sincronización (1) y el sensor Speed/Timing (2) sobre el motor. Un pasador (3) sobre el eje de levas y un agujero u hoyo sobre la rueda de sincronización son usados para sincronizar la rueda en relación al eje de levas. El eje de levas es luego sincronizado con el cigüeñal en TDC. Nótese el ancho de la hendidura 50/50 e igual medida de los dientes (4) en la rueda. Tres pares de hendiduras de igual medida y están sobre la rueda. Las otras 21 hendiduras son de 80/20. Esas características de la rueda son utilizadas para generar una señal digital necesaria para la sincronización.

La rueda de Sincronización señalada está montada sobre el eje de levas izquierdo e impulsado por el mismo (left camshaft). El eje de levas es impulsado por el tren de engranajes posterior, como se muestra en la figura.

d) Eje de levas

El eje de levas tiene tres lóbulos por cilindro. El lóbulo central es usado para la actuación de la unidad inyectora. El eje de levas del 3500B tiene un diámetro más grande para adaptarse a las altas presiones generadas en los inyectores.

El Block tiene un alojamiento más grande para asentar el eje de levas. Todos los motores 3500 ahora son fabricados bajo este estándar.

e) Inyectores EUI



Figura 8 Vista de inyector EUI. Fuente: (Caterpillar, 1997)

Los inyectores son accionados por el eje de levas. Esta vista también muestra el tren de válvulas el cual está en ambos lados del mecanismo del inyector debajo de la tapa de válvula.

Nótese el resorte de la varilla de empuje del inyector de 3500B, el cual mantiene contacto entre el rodillo levantador y el lóbulo del eje de levas. Este resorte está diseñado para mantenerse el contacto entre el seguidor de la leva y el eje de levas y protegiendo el mecanismo durante una posible sobre velocidad del motor (amortiguando y absorbiendo las vibraciones por sobre velocidad).

El inyector EUI es accionado por la varilla de empuje y el balancín. El flujo de combustible en el inyector es controlado por el ECM a través de un solenoide ubicado sobre el inyector.

El ciclo de inyección es iniciado y terminado por el ECM con una señal de 105 V. El comienzo de la inyección y sincronización son

determinados por el comienzo de la señal. La duración de la señal desde el ECM (y las rpm) determinan la cantidad de combustible para entregar por golpe.

2.2.3 Sistema de control electrónico en motores EUI

En este punto se explica el sistema de control electrónico incluyendo los siguientes componentes:

- ECM
- Módulo Personalizado.
- Solenoides del inyector EUI.
- Rueda sincronización.

El ECM funciona como el gobernador y es la computadora del sistema de combustible, el ECM recibe las señales desde los sensores y energiza el solenoide del inyector para controlar la sincronización y la velocidad del motor.

El ECM está sellado, excepto para acceder al programa (software) que contiene el módulo de personalidad. Este ECM es la segunda generación del “Administrador de sistemas diésel avanzados”, y frecuentemente es conocido como el “ADEM II”.

Adicionalmente este ECM tiene mucha confiabilidad y es lo último en malograrse en el sistema.

El módulo de personalidad contiene el programa con todos los parámetros de información de combustible para el sistema de combustión (HP, Mapa de torque, relación aire combustible), lo cual determinara como el motor funcionara (performance). El módulo de personalidad está instalado sobre la Cara inferior del ECM, debajo del panel de acceso del ECM.

Hasta el momento dos métodos pueden ser usados para actualizar o cambiar el programa:

- Quitar y reemplazar el módulo de personalidad.
- Reprogramar electrónicamente el módulo de personalidad flasheo (con una computadora).

El inyector del motor 3500B EUI es muy similar al original inyector 3500 EUI.

El inyector es controlado eléctricamente por el ECM. La señal desde el ECM controla la abertura o cerrada de la válvula de solenoide. El solenoide controla el flujo de alta presión de combustible hacia el cilindro.

Este sistema habilita al ECM para controlar el volumen de combustible y la sincronización de la inyección.

Los Inyectores 3500B actuales tienen códigos de barras y numéricos marcados en la parte superior del inyector. El código numérico debe ser ingresado en el ECM utilizando el ET. El propósito de este código

es asegurar que todos los inyectores están perfectamente armonizados para un buen rendimiento.

Si un inyector es reemplazado o movido hacia otra posición en el motor, o si dos inyectores son cambiados, el código del inyector debe ser reprogramado. Los códigos de los inyectores son programados en el ECM usando el ET.

Un fallo al ingresar el código en un nuevo ECM puede originar resultar en una inadecuada sincronización y mala entrega de combustible.

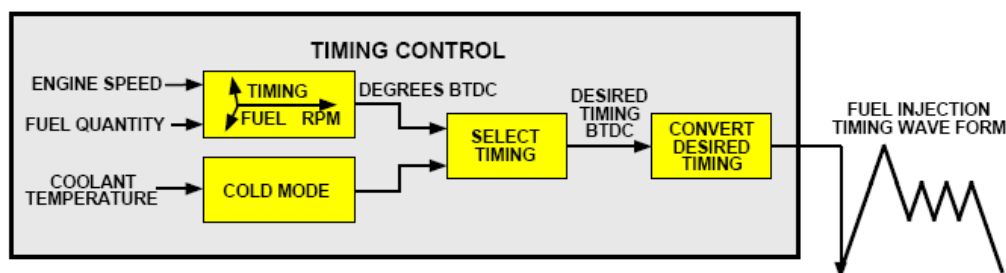


Figura 9 Lógica de Control de la inyección EUI. Fuente: (Caterpillar, 1997)

Este diagrama muestra el control lógico de sincronización dentro del ECM.

Datos de velocidad del motor y cantidades de combustible son recibidos por el control de sincronización. Estos valores combinados determina el comienzo de la inyección de combustible.

El control de sincronización provee la sincronización óptima para todas las condiciones. Los beneficios de un control de sincronización inteligente son:

- Reduce las emisiones de gases.
- Mejora el consumo de combustible manteniendo altas performances.
- Prolonga la vida del motor.
- Mejora el arranque en frío.

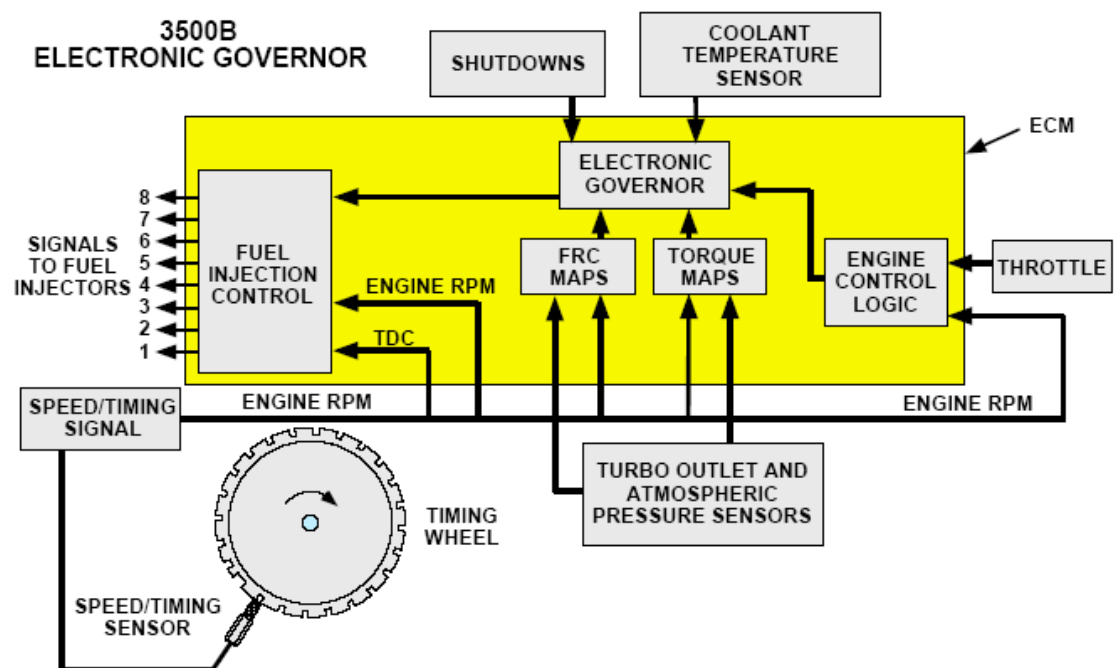


Figura 10 Control de cantidad de combustible. Fuente: (Caterpillar, 1997)

Para el control de cantidad de combustible, se utiliza tres entradas de datos:

- Velocidad del motor.
- Posición del acelerador.
- Presión de Gas (aire alta presión) de salida del turbo.

Tres señales son recibidas por el gobernador electrónico del ECM. El gobernador luego envía la señal de combustible deseado hacia el control de inyección. El gobernador electrónico también recibe señales desde el control de relación de combustible y el control de torque.

Dos variables determinan la cantidad y la sincronización de la inyección:

- El comienzo de inyección determina la sincronización del motor.
- La duración de la inyección determina la cantidad de combustible a ser inyectado.

El sensor Speed/Timing cumple tres funciones básicas en el sistema:

- Medir la velocidad del motor.
- Medir la sincronización del motor.
- Identificar la localización del punto muerto superior (TDC) de los cilindros.

El sensor Speed/Timing está montado sobre el housing posterior debajo de la rueda de sincronización. Este sensor es auto ajustable.

Instalación del Sensor

La cabeza del sensor esta prolongada previa a la instalación. Luego se enrosca el sensor, hasta que hace contacto con la rueda de

sincronización. Este contacto es momentáneo, mientras el motor está arrancando. Después de arrancado, la cabeza del sensor funcionara con una luz de cero.

El sensor Speed/Timing (parte izquierda posterior del motor), mide la velocidad del motor y la posición del cigüeñal con el propósito de sincronizar e identificar los cilindros (principalmente el punto muerto superior del cilindro número uno).

El ECM abastece de 12.5 ± 1 voltios al sensor Speed/Timing.

Los conectores A y B transmiten al sensor una potencia común (voltaje de alimentación). El conector C transmite las señales desde el sensor hacia el ECM.

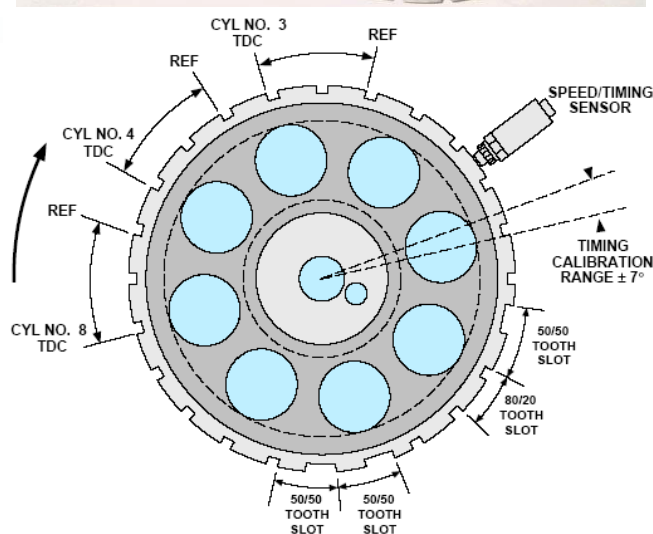


Figura 11 Rueda de sincronización montado en eje de levas Fuente: (Caterpillar, 1997)

La rueda de sincronización esta indexada con un hoyo taladrado el cual esta acoplado a una espiga sobre el eje de levas. Esta espiga localiza la rueda en la correcta posición relacionando correctamente el eje de levas con el cigüeñal.

La rueda de sincronización tiene 24 dientes, 21 dientes son más grandes con una relación con sus respectivos espacios de (80/20) y los otros 3 dientes menores con una relación con sus respectivos espacios de (50/50).

Esta configuración es usada por el ECM como punto de referencia para determinar la posición del motor para la sincronización de la inyección de combustible.

El sensor speed/timing puede identificar la diferencia de tamaño y las separaciones de los dientes de la rueda.

El sensor de velocidad y sincronización (speed/timing) esta posicionado sobre la circunferencia externa de los dientes.

Los dientes y generan en el sensor una señal Pulso ancho modulado (PWN) con el propósito de realizar las medidas de velocidad y sincronización del motor.

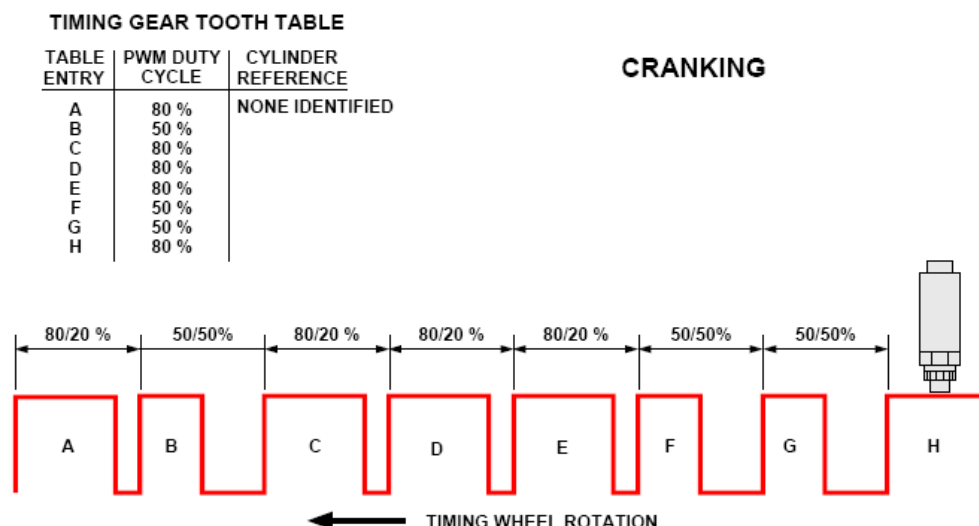


Figura 12 Señal recibida por el sensor speed/timing. Fuente: (Caterpillar, 1997)

El sensor de velocidad y sincronización (speed/timing) utiliza la rueda de sincronización con los dientes y el sensor acomodados como se muestra en la figura, para inicialmente determinar:

- Punto muerto superior del cilindro número uno (cuando lo encuentra los demás cilindros pueden ser identificados).
- Velocidad del motor.

La secuencia de señales mostrada en la segunda columna de la tabla (PWN duty cycle) es analizada por el ECM. En este punto no se inyectará combustible hasta saber las condiciones que ha encontrado.

Por último, se revisará información referente al sistema de escape que interactúa directamente en nuestro proyecto al tener éste las temperaturas de escape en su ciclo.

2.2.4 Sistema de Admisión y Escape¹⁰

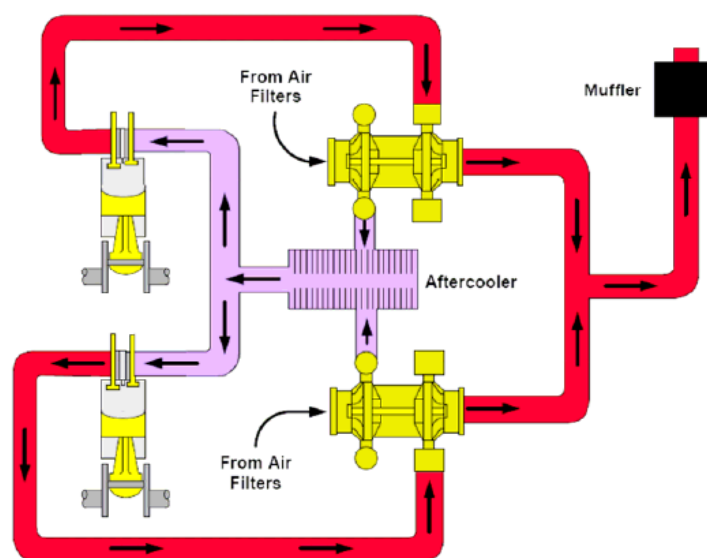


Figura 13 Esquema sistema Admisión y Escape. Fuente: (Caterpillar, Meeting Guide 793D, 2006)

Este esquema muestra el flujo a través del sistema de aire de inducción y escape. Los turbo cargadores son impulsados por los gases de escape desde los cilindros los cuales entran en el lado de la turbina de los turbo cargadores. Los gases de escape fluyen a través de los turbo cargadores, la tubería de escape y los silenciadores.

El aire limpio desde los filtros ingresa por el lado del compresor de los turbo cargadores. El aire comprimido de los turbo cargadores fluye hacia los pos-enfriadores. Después que el aire es enfriado por los pos-enfriadores circula a los cilindros y se combina con el combustible para la combustión.

¹⁰ Caterpillar (2006). *Meeteing Guide 793D*, pág. 111-121

El VIMS también provee al operador con una advertencia de restricción del filtro de aire cuando la restricción del filtro es aproximadamente 6.2 kPa (25 pulgadas de agua). El humo negro del escape también es una indicación de restricción del filtro de aire.

Ubicado debajo de los alojamientos del filtro de aire están los pre-limpiadores para una limpieza adicional. Reemplace la válvula de polvo si el jebe no está flexible.

Dos filtros elementos son instalados en los alojamientos del filtro. El elemento grande es el elemento primario y el elemento pequeño es el elemento secundario.

Un sensor de presión de entrada al turbo cargador está ubicado en ambos tubos de admisión de los limpiadores de aire hacia los turbo cargadores. El ECM de Motor utiliza los sensores de presión de entrada a los turbo cargadores en combinación con el sensor de presión atmosférica para determinar la restricción del filtro de aire. El ECM provee la señal de entrada al VIMS que informa al operador de la restricción del filtro de aire.

Si la restricción del filtro de aire se excede de 6.25 kPa (25 pulgadas de agua), un evento de restricción de filtro de aire será registrado y el ECM disminuirá la entrega de combustible (máxima disminución de potencia del 20%) para impedir temperaturas excesivas del escape. Se necesita una contraseña de fábrica para aclarar este evento. Si el ECM de Motor detecta una falla del sensor de presión de entrada al

turbo cargador, el ECM disminuirá la potencia del motor hasta un índice máximo del 20%. Si el ECM de Motor detecta una falla del sensor de presión de entrada al turbo cargador y del sensor de presión atmosférica al mismo tiempo, el ECM disminuirá la potencia del motor a un índice máximo del 40%.

El aire limpio desde los filtros ingresa a los turbo cargadores. El aire comprimido circula hacia los pos-enfriadores.

Después que el aire es enfriado por los pos-enfriadores, el aire circula hacia los cilindros y se combina con el combustible para la combustión.

Los turbo cargadores son impulsados por los gases de escape desde los cilindros. Los gases de escape ingresan a los turbo cargadores desde el múltiple de escape. Los gases de escape después fluyen hacia los tubos de escape y los silenciadores.

Un sensor de temperatura de escape está ubicado en cada múltiple de escape antes de los turbo cargadores. Los dos sensores de temperatura de escape proporcionan señales de entrada al ECM de Motor. El ECM provee la señal de entrada al VIMS, que informa al operador de la temperatura de escape.

Algunas causas de temperatura alta de escape pueden ser inyectores averiados, filtros de aire taponados o una restricción en los turbo cargadores o el silenciador.

Si la temperatura de escape está por encima de 750°C (1382°F), el ECM de Motor disminuirá la entrega de combustible para impedir las excesivas temperaturas de escape. El ECM disminuirá la potencia del motor un 2% por cada 15 segundos de intervalo que la temperatura de escape está por encima de 750°C (1382°F) (disminución de potencia máxima del 20%). El ECM también registrará un evento que necesita una contraseña de fábrica para aclararlo.

El sensor de presión de salida del turbo cargador envía una señal de entrada al ECM de Motor. El ECM de Motor compara el valor del sensor de presión de salida del turbo con el valor del sensor de presión atmosférica y calcula la presión de refuerzo.

Usar la pantalla del ET o el VIMS para ver las rpm del motor y la presión de refuerzo. Las especificaciones de refuerzo y las rpm a máxima carga son:

- Motores con número de serie 7TR con turbo cargadores en serie y una derivación de gases de escape:
 - Presión de refuerzo: 207 ± 35 kPa (30 ± 5 psi)
 - RPM a máxima carga: 1750 ± 10 rpm
- Motores con número de serie 8WM HD con turbo cargadores no en serie o derivación de gases de escape:
 - Presión de refuerzo: 191 ± 35 kPa (28 ± 5 psi)

- RPM a máximas carga: 1750 ± 10 rpm¹¹

2.3 Sensores y Transductores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de magnitudes, con el objetivo de enviar una señal y permitir que continúe un proceso, o bien detectar un cambio; dependiendo del caso que éste sea. Es un dispositivo que a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir.

Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones.

De igual forma, existen otros dispositivos llamados transductores, que son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno.

Un transductor es el dispositivo que transforma una magnitud física (mecánica, térmica, magnética, eléctrica, óptica, etc.) en otra magnitud, normalmente eléctrica.

Un sensor es un transductor que se utiliza para medir una variable física de interés.

Algunos de los sensores y transductores utilizados con más frecuencia son los calibradores de tensión (utilizados para medir la fuerza y la presión), los termopares (temperaturas), los velocímetros (velocidad).

¹¹ Caterpillar (1997). *3500B Engine Controls EUI*, pág. 31-51

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida.

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son:

- Transductores analógicos.
- Transductores digitales

2.3.1 Los transductores analógicos

Proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.

2.3.2 Los transductores digitales

Producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos.

2.3.3 Características de funcionamiento.

Las siguientes características definen el funcionamiento de un sensor:

a) Exactitud:

La exactitud es la cualidad o grado de un instrumento de medida de dar una lectura próxima al verdadero valor de la magnitud medida. En otras palabras, es el grado de conformidad de un valor indicado a un valor estándar aceptado o valor ideal, considerando este valor ideal como si fuera el verdadero. El grado de confiabilidad independiente es la desviación máxima entre la curva de calibración de un instrumento y una curva característica específica, posicionada de modo tal que se reduce al mínimo dicha desviación máxima.

b) Precisión:

La precisión de la medición debe ser tan alta como fuese posible. La precisión significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones será mínima.

c) Rango de funcionamiento:

El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.

d) Velocidad de respuesta:

El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

e) Calibración: El sensor debe ser fácil de calibrar:

El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos. Además, el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente. El término desviación se aplica con frecuencia para indicar la pérdida gradual de exactitud del sensor que se produce con el tiempo y el uso, lo cual hace necesaria su recalibración.

f) Fiabilidad:

El sensor debe tener una alta fiabilidad. No debe estar sujeto a fallos frecuentes durante el funcionamiento.

g) Distancia operativa:

Es la distancia característica más importante de un sensor. Depende básicamente del diámetro del sensor (bobina o condensador). Una influencia adicional tiene las dimensiones y la composición del material, como también la temperatura ambiente. Con los sensores magnéticos se debe tener en cuenta además la alineación y la fuerza del campo magnético.

h) Histéresis:

La histéresis es la diferencia máxima que se observa en los valores indicados por el índice o la pluma del instrumento o la señal de salida para el mismo valor cualquiera del campo de medida, cuando la variable recorre toda la escala en los dos sentidos, ascendente y descendente. Se expresa en porcentaje del margen de la medida.

2.3.4 Clasificación de los sensores.

Los sensores según la energía pueden ser:

- Activos: Emiten energía a partir de la transformación realizada. Dentro de este tipo de sensores podemos citar a las termocuplas, cristales piezoeléctricos, etc.
- Pasivos: Reciben energía para realizar la transformación. En este grupo están los termistores (su resistencia varía en función de la temperatura), micrófonos de condensador, los fotodiodos, etc.

2.3.5 Clasificación de los sensores según el principio de funcionamiento:

Dentro de esta categoría los sensores se pueden clasificar en:

- Sensores primarios.
- Sensores resistivos.
- Sensores de reactancia variable y electromagnética.
- Sensores generadores.

- Sensores digitales Clasificación de los sensores según la magnitud a medir.

2.3.6 Clasificación de los sensores según el fenómeno o estímulo físico que se desea medir.

Los sensores pueden ser de:

MAGNITUD DETECTADA	TRANSDUCTOR	SEÑAL DE SALIDA
Posición lineal o angular	Finales de carrera	Todo – nada
	Potenciómetros	Analógica
	Encoder (absolutos/incrementales)	Digital
Pequeños desplazamiento o deformaciones	Transformadores diferenciales (LVDT)	Analógica
	Galgas extensiométricos	Analógica
Velocidad lineal o angular	Dinamos tacométricas	Analógica
	Encoder (absolutos/incrementales)	Digital
	Detectores inductivos	Digital
Aceleración	Acelerómetros	Analógica
	Sensores de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y par	Medición indirecta (mediante galgas o transformadores diferenciales)	Analógica
Nivel	Flotador + detector de desplazamiento	Analógica
	Capacitivos	Analógica
	Ultrasonidos	Digital
Presión	Membrana + detector de desplazamiento	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
Caudal	Presión diferencial(diafragmas / tubos de Venturi)	Analógica

	De turbina	Analógica
	Magnético	Analógica
Temperatura	Termostatos	Todo – nada
	Termopares	Analógica
	Termo resistencias(PT100)	Analógica
	Resistencias NTC	Analógica
	Resistencias PTC	Analógica
	Pirómetros	Analógica
Sensores de presencia o proximidad	Inductivos	Todo – nada
	Capacitivos	Todo – nada
	Ópticos (Células fotoeléctricas)	Todo – nada
	Ultrasonidos	Analógica
Sistemas de visión artificial	Cámaras de video y tratamiento de imagen	Procesamiento por puntos o pixels
	Cámaras CCD	

Cuadro 2 Clasificación de los sensores según el fenómeno o estímulo físico que se desea medir. Fuente: (Pallás Areny, 2005)

a) Sensores de Temperatura.

A menudo la temperatura se define como aquella propiedad que miden los termómetros. También se introduce la temperatura basándose en alguna propiedad termométrica, por ejemplo la expansión de un líquido, un gas, la resistencia de un conductor, la tensión eléctrica generada por un par termoelectrico (termocuplas), etc.

En la práctica existen numerosos tipos de sensores de temperatura o termómetros que, según la aplicación específica,

pueden ser los más adecuados. En la tabla siguiente se indican algunos tipos de termómetros y sensores de temperatura usuales junto a algunas de sus características más notables

Tipo de termómetro	Rango Nominal [°C]	Costo	Linealidad	Características Notables
Termómetro de mercurio	-10 a 300	Bajo	Buena	Simple, lento y de lectura manual.
Termorresistencia (Pt, Ni, etc.) RTD (Resistance Temperature Detectors)	-150 a 600	Medio	Alta	Exactitud
Termocupla	-150 a 1500	Bajo	Alta	Requiere referencia de temperatura.
Termistor	-15 a 115	Medio	No lineal	Muy sensible.
Integrado Lineal		Medio	Muy alta	Fácil conexión a sistemas de toma de datos.
Gas	-20 a 100	Medio	Buena	No muy versátil
Diodos	-200 a 50	Bajo	Alta	Bajo costo

Cuadro 3 Sensores de temperatura. Fuente: (Pallás Areny, 2005)

b) Termopares /termocuplas:

Son sensores activos. Usan el efecto Seebeck circula una corriente cuando dos hilos de metales distintos se unen y se calienta uno de los extremos

- Se puede medir el voltaje, que es proporcional a la diferencia de temperaturas.
- Señal de salida muy baja: milivoltios. Necesita acondicionamiento de la señal.
- Sensibilidad baja: microvoltios por grado

- Aguantan altas temperaturas (p.e. calderas).
- Bastante lineales

c) Pirómetros ópticos:

Se basan en el hecho de comparar visualmente la luminosidad del objeto radiante con el filamento de una lámpara incandescente.

Para ello se superponen ambas ondas luminosas y se varía la corriente eléctrica de la lámpara hasta que deja de ser apreciable a la vista.

La variación de la corriente nos da un valor de la T° , pero hay que calibrar la luminosidad de la lámpara previamente.

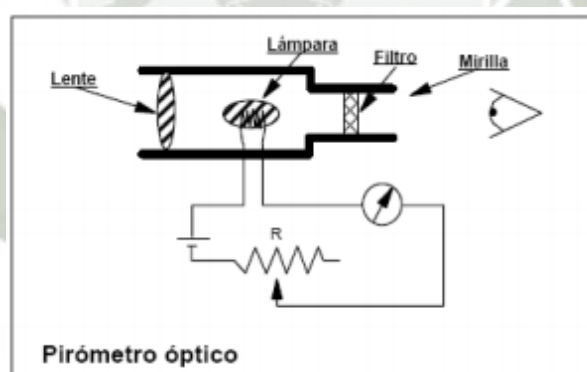


Figura 14 Pirómetros ópticos. Fuente: (Pallás Areny, 2005)

Trabajan en la banda de ondas visibles: 0,45 micras (violeta)-0,75 micras (rojo).

Fueron los primeros aparatos de pirometría, todavía se usan pero no son elementos convencionales.

d) Termómetros de vidrio:

Indican la T° como diferencia entre el coeficiente de dilatación del vidrio y del líquido empleado. Los más comunes son:

- Mercurio: $(-37^\circ \text{C}, 315^\circ \text{C})$,
- Mercurio con gas inerte (N_2): $(-37^\circ \text{C}, 510^\circ \text{C})$,
- Alcohol: hasta -62°C
- Precisión 1% del rango.

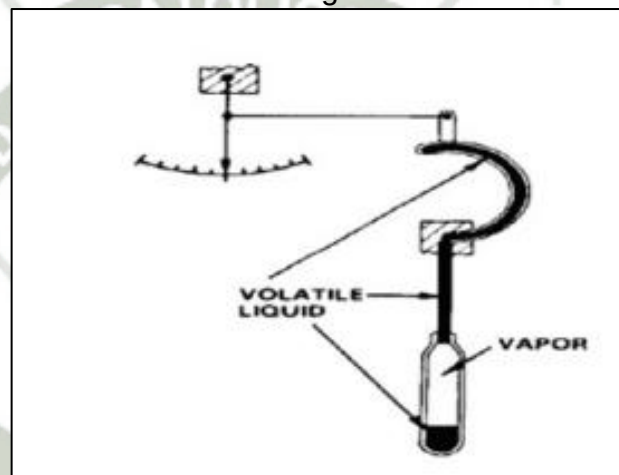


Figura 15 Termómetros de vidrio (Fuente: (Pallás Areny, 2005))

e) Termómetros de Bulbo:

La variación de temperatura produce la expansión o contracción del fluido lo que deforma el recinto que lo contiene. La deformación es apreciada por un muelle Bourdon y transmitida a un indicador o transmisor¹².

- Rango: $(-40^\circ \text{C} \text{ a } +425^\circ \text{C})$

¹² Pallás Areny, R. (2005). *Sensores y Acondicionadores de señal (4a ed.)*.

- Precisión: 1%

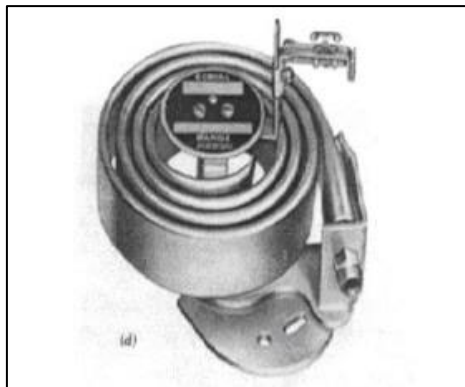


Figura 16 Termómetros de Bulbo. Fuente: (Pallás Areny, 2005)

2.4 Microcontroladores

Los microcontroladores están conquistando el mundo. Están presentes en nuestro trabajo, en nuestra casa y en nuestra vida, en general. Se pueden encontrar controlando el funcionamiento de los ratones y teclados de los computadores, en los teléfonos, en los hornos microondas y los televisores de nuestro hogar. Pero la invasión acaba de comenzar y el siglo XXI será testigo de la conquista masiva de estos diminutos computadores, que gobernarán la mayor parte de los aparatos que fabriquemos y usamos los humanos.

2.4.1 Controlador y microcontrolador

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento de un horno eléctrico dispone de un sensor que mide constantemente su temperatura interna y actúa sobre las

resistencias para mantener la temperatura dentro del rango establecido.

Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores electrónicos se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un solo circuito integrado, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencillo pero completo ordenador contenido en un circuito integrado.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador y que contiene todos los componentes fundamentales de un ordenador, aunque de limitadas prestaciones y que se suele destinar a gobernar una sola tarea.

En su memoria sólo reside un programa que controla en funcionamiento de una tarea determinada, sus líneas de entrada/salida se conectan a los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y, debido a su pequeño tamaño, suele ir integrado en el propio dispositivo al que gobierna.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para contener los datos.-
- Memoria para el programa tipo ROM/EPROM/EEPROM/Flash.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertos serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los productos que para su regulación incorporan un microcontrolador disponen de las siguientes ventajas:

- Aumento de prestaciones: un mayor control sobre un determinado elemento representa una mejora considerable en el mismo.
- Aumento de la fiabilidad: al reemplazar el microcontrolador por un elevado número de elementos disminuye el riesgo de averías y se precisan menos ajustes.

- Reducción del tamaño en el producto acabado: La integración del microcontrolador en un circuito integrado disminuye el volumen, la mano de obra y los stocks.
- Mayor flexibilidad: las características de control están programadas por lo que su modificación sólo necesita cambios en el programa de instrucciones.

2.4.2 Aplicaciones de los Microcontroladores

Si sólo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciados todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. Esta potenciación supondría en muchos casos un despilfarro. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el número de líneas de E/S, la cantidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y coste, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo.

Algunos fabricantes de microcontroladores superan el millón de unidades de un modelo determinado producidas en una semana. Este

dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes.

Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes en nuestra vida diaria, como pueden ser juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, ordenadores, impresoras, módems, el sistema de arranque de nuestro coche, etc. Y otras aplicaciones con las que seguramente no estaremos tan familiarizados como instrumentación electrónica, control de sistemas en una nave espacial, etc. Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

Los microcontroladores se encuentran por todas partes: (Angulo Usategui, Romero Yesa, & Angulo Martínez, 2000)

- Sistemas de comunicación: en grandes automatismos como centrales y en teléfonos fijos, móviles, fax, etc.
- Electrodomésticos: lavadoras, hornos, frigoríficos, lavavajillas, batidoras, televisores, vídeos, reproductores DVD, equipos de música, mandos a distancia, consolas, etc.
- Industria informática: Se encuentran en casi todos los periféricos; ratones, teclados, impresoras, escáner, etc.

- Automoción: climatización, seguridad, ABS, etc.
- Industria: Autómatas, control de procesos, etc.
- Sistemas de supervisión, vigilancia y alarma: ascensores, calefacción, aire acondicionado, alarmas de incendio, robo, etc.
- Otros: Instrumentación, electromedicina, tarjetas (smartcard), sistemas de navegación, etc.

La distribución de las ventas según su aplicación es; una tercera parte se absorbe en las aplicaciones relacionadas con los ordenadores y sus periféricos. La cuarta parte se utiliza en las aplicaciones de consumo (electrodomésticos, juegos, TV, vídeo, etc.). El 16% de las ventas mundiales se destinó al área de las comunicaciones. Otro 16% fue empleado en aplicaciones industriales. El resto de los microcontroladores vendidos en el mundo, aproximadamente un 10% fueron adquiridos por las industrias de automoción.

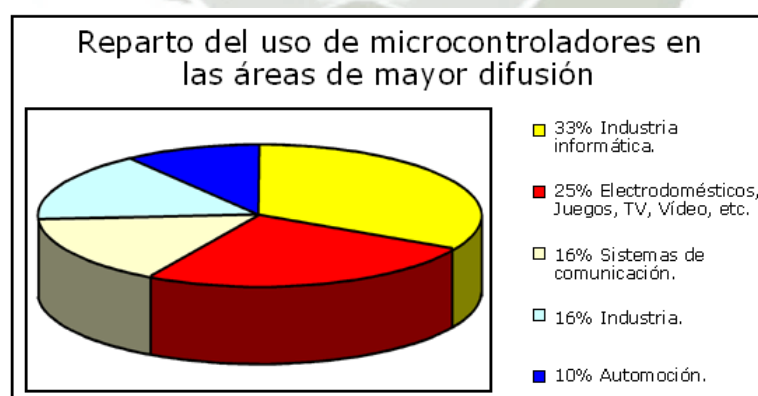


Figura 17 Uso de Microcontroladores. Fuente: (Angulo Usategui, Romero Yesa, & Angulo Martínez, 2000)

También los modernos microcontroladores de 32 bits van afianzando sus posiciones en el mercado, siendo las áreas de más interés el procesamiento de imágenes, las comunicaciones, las aplicaciones militares, los procesos industriales y el control de los dispositivos de almacenamiento masivo de datos.¹³

2.4.3 Elegir un tipo o familia de Microcontroladores

A la hora de decidirse en términos generales sobre qué tipo o familia de microcontroladores emplear hay que tener en cuenta varios factores.

2.4.4 Experiencia previa:

Si ya se ha trabajado con algún microcontrolador en particular, lo mejor es ver que nuevas posibilidades ofrecen los diversos fabricantes que trabajen con ese microcontrolador como núcleo. Por ejemplo, el 8051 fue muy popular hace algún tiempo, y hay muchos microcontroladores actuales que derivan de este, como pueden ser los AT89 de Atmel, MCS251 de Intel, DS8 de Maxim (Dallas), P8 de Philips y MSC12 de Texas Instruments. Lo bueno es que salvo en determinados detalles se mantiene el conjunto de instrucciones, modos de direccionamiento, nombres de registros, y en definitiva la filosofía de trabajo del 8051. Con pequeños cambios podrían

¹³ Angulo Usategui, J., Romero Yesa, S., & Angulo Martínez, I. (2000). *Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones*.

recuperarse programas diseñados para el 8051 con estos microcontroladores.

2.4.5 Documentación existente:

Este es un factor importante si se quiere conocer bien el tipo de microcontrolador elegido y su entorno de desarrollo. Además, si existe una amplia literatura de aplicaciones podrán utilizarse programas y diseños ya realizados para adaptarlos a nuestras necesidades. Mediante libros especializados, revistas de electrónica y sobre todo Internet, puede encontrarse la información necesaria sobre cualquier microcontrolador, si bien parece que la mayor cantidad de información disponible corresponde a los microcontroladores PIC de Microchip.

2.4.6 Herramientas de desarrollo disponibles y su precio:

Uno de los factores que más importancia tiene a la hora de seleccionar un microcontrolador entre todos los demás es el soporte tanto software como hardware de que dispone. Un buen conjunto de herramientas de desarrollo puede ser decisivo en la elección, ya que pueden suponer una ayuda inestimable en el desarrollo del proyecto. Algunos fabricantes de microcontroladores ofrecen paquetes IDE de calidad de forma completamente gratuita, como política para inclinarse por el uso de sus microcontroladores. Ejemplos de ello son AVR studio de Atmel, Code Warrior de Freescale (Motorola), MPLAB de Microchip o Eclipse de Texas Instruments. Estos paquetes IDE gratuitos permiten programar en código ensamblado, puesto que los

compiladores de lenguaje de alto nivel (BASIC y C) no suelen ser gratis.

Una forma de reducir costes en una producción de dispositivos con microcontroladores es utilizar una única familia de microcontroladores para optimizar el uso de las herramientas de apoyo que se van a necesitar, tales como emuladores, simuladores, ensambladores, compiladores, etc.

2.4.7 Precio del Microcontrolador:

Como es lógico, los fabricantes de microcontroladores compiten duramente para vender sus productos. Para que nos hagamos una idea, para una producción a gran o mediana escala de dispositivos que utilizan un microcontrolador, una diferencia de precio en el mismo de algunos céntimos es importante (el consumidor deberá pagar además el coste del empaquetado, el de los otros componentes, el diseño del hardware y el desarrollo del software).

2.4.8 Elegir un modelo concreto de Microcontrolador

Una vez se decida qué tipo o familia de microcontroladores se van a emplear hay que elegir el modelo de microcontrolador concreto para la aplicación y resulta imprescindible analizar los requisitos de la aplicación:

2.4.9 Entradas, salidas y recursos internos:

Uno de los aspectos más atractivos de los microcontroladores es que la circuitería externa puede reducirse al mínimo. Para determinar las necesidades de entradas y salidas así como los recursos del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Habrá que tener en cuenta:

- Número de entradas y salidas necesarias.
- Número y tamaño (8, 16 ó 32 bits) de los temporizadores necesarios.
- Necesidad de un CAD o CDA, incluyendo la resolución y número de entradas.
- Necesidad de puertos de comunicaciones (I2C, RS232, USB, bus CAN, SPI u otros).
- Necesidad de una o más salidas PWM.
- Necesidad de interfaces específicas como la de control LCD.

Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externo. Esto puede ser una mejor opción que utilizar un microcontrolador de altas prestaciones pero caro. Si por ejemplo necesitamos un conversor A/D (CAD) de unas determinadas características y no está disponible con la familia de microcontroladores deseada es posible utilizar un conversor externo con una interfaz I2C. Esto sirve también para conseguir memoria

programable no volátil extra (con una EEPROM externa). Si necesitamos un puerto USB, el lugar de vernos limitados a elegir entre alguno de los modelos aparecidos más recientemente en el mercado, podemos elegir un controlador USB externo. Por último no olvidemos que también pueden implementarse algunos recursos por software, como una comunicación I2C o RS232 o una salida PWM.

2.4.10 Velocidad y consumo:

Actualmente pueden encontrarse modelos de microcontroladores que pueden utilizar velocidades de reloj de hasta 100 MHz, pero además de eso, en la velocidad de ejecución del programa repercute la arquitectura del microcontrolador, siendo más rápido uno con arquitectura RISC que otro con CISC. Las velocidades altas incrementan las interferencias electromagnéticas radiadas y el consumo de los microcontroladores al estar la mayoría realizados con tecnologías CMOS, por lo que habrá que tener en cuenta la velocidad si el consumo es importante en la aplicación. Por todo esto el uso de velocidades altas debe reservarse para cuando sea necesario que el microcontrolador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello.

Hay que tener en cuenta que algunos productos que incorporan microcontroladores están alimentados con baterías y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el

microcontrolador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla. En las situaciones donde un dispositivo se relaciona con el entorno humano suele utilizarse el modo de bajo consumo, como por ejemplo en un mando a distancia de un televisor, que la mayor parte del tiempo no está haciendo nada, de manera que cuando el usuario pulsa una tecla el microcontrolador pasa al modo normal y ejecuta las operaciones necesarias. De esta manera la duración de la batería puede llegar casi a la vida de la misma puesto que en modo de bajo consumo un microcontrolador puede reducir 1000 veces sus necesidades de corriente comparándolo con el modo normal.

2.4.11 Memoria:

Para determinar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, Flash, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

El tipo de memoria a emplear vendrá determinado por el volumen de ventas previsto del producto: de menor a mayor volumen será conveniente emplear Flash, EEPROM, OTP y ROM. Los dos primeros tipos han sido pensados y diseñados para ser utilizados en etapas de desarrollo o en pequeñas series, para una producción en masa a

pequeña escala es preferible utilizar el tipo OTP (que puede programarse como los dos tipos anteriores pero no se puede borrar y es normalmente más barato). El último tipo, ROM, necesita ser programado mediante una máscara por el fabricante de manera que sólo es práctico para cuando se necesiten varios miles de dispositivos idénticos. También debemos tener en cuenta que no siempre hay versiones con diferentes tipos de memoria para un modelo de microcontrolador en particular.

En cuanto a la cantidad de memoria necesaria puede ser necesario realizar una versión preliminar de la aplicación y a partir de ella hacer una estimación de cuánta memoria volátil y no volátil es necesaria y si es conveniente disponer de memoria no volátil modificable.

2.4.12 Ancho de palabra:

El criterio de diseño debe ser seleccionar el microcontrolador de menor ancho de palabra que satisfaga los requerimientos de la aplicación. Los modelos de 4 bits han desaparecido prácticamente del mercado de manera que utilizar un microcontrolador de 8 bits supone la mejor elección si el programa a desarrollar sólo controla unas pocas entradas y salidas y no utiliza cálculos complejos ni accede a grandes bases de datos. También resultan perfectos si el ancho de los datos es de un byte. Los microcontroladores de 16 y 32 bits, deberán utilizarse si se realizan cálculos matemáticos o científicos, una gestión de Entrada/Salida potente o si se necesita un espacio de direccionamiento muy elevado. Si una aplicación necesita un

microcontrolador con más de 8 bits, es recomendable utilizar microcontroladores de 32 bits frente a los de 16 bits dada la poca diferencia de precio que actualmente existe entre ellos. Si la velocidad no es crítica también puede acudir a la utilización de librerías para manejar los datos de alta precisión, que resulta una alternativa más barata y quizá suficiente.

2.4.13 Disponibilidad:

Hay pocas cosas más frustrantes que elegir para el desarrollo de un diseño un componente electrónico y después de haberlo terminado comprobar que no está disponible en las tiendas de electrónica de tu ciudad. No obstante hoy es muy fácil realizar compras por medio de catálogos por correo o a través de Internet, incluso pueden solicitarse componentes directamente al fabricante. El problema está en el número de dispositivos que se deben pedir. El fabricante sólo nos atenderá si se solicitan cantidades realmente grandes, aparte de los problemas sobre licencias, permisos o aduanas que puedan surgir. La venta por catálogo mediante correo o por Internet dentro del país resulta muy interesante apenas se compre el suficiente material como para amortizar los gastos de transporte.

2.4.14 Diseño del circuito y de la PCB:

La selección de un microcontrolador concreto condicionará el diseño del circuito de manera que debe tenerse en cuenta que quizá usar un microcontrolador barato encarezca el resto de componentes del

diseño. Tampoco debemos olvidarnos del encapsulado, podríamos elegir un determinado modelo de microcontrolador y luego encontrarnos que en lugar de venir con el tradicional encapsulado DIL sólo esté disponible en encapsulados PLCC o PGA, si bien siempre podremos utilizar un zócalo adecuado. Tampoco se podría trabajar manualmente con encapsulados BGA. Afortunadamente, de momento, estos problemas se dan sólo con los últimos modelos de microcontroladores con muchas patillas. En cuanto al diseño de la placa de circuito impreso (PCB) a no ser que el esquema sea simple o se afine mucho en el mismo será necesario el uso de puentes (su uso está mal visto) o de placas de c.i. de doble cara. Si se utilizan componentes SMD conviene saber que la primera generación de componentes SMD tiene una separación de terminales de 1,27 milímetros que todavía pueden soldarse manualmente con paciencia y una punta fina pero los últimos circuitos SMD tienen una separación de 0,64 milímetros para lo cual es necesario utilizar máquinas de soldadura.

2.4.15 Fabricantes y modelos de Microcontroladores

A continuación se muestra una relación de algunos fabricantes y modelos de microcontroladores incluyendo su dirección en Internet, si es CISC o RISC, el número de bits del bus de datos y el núcleo del

que deriva (8051, ARM, etc.) así como si está disponible un IDE gratuito: ¹⁴

FABRICANTE	FAMILIA	ARQUITECTURA	IDE
Analog Device	ADUC8xx	CISC 8 bits 8051	-
	ADUC7xx	RISC 32 bits ARM7	-
Atmel	AT89xxx	CISC 8 bits 8051	prog. independientes
	TS87xxx	CISC 8 bits	prog. independientes
	AVR	RISC 8 bits	AVR studio
	AT91xxx	RISC 16 bits ARM7/9	-
Cirrus Logic	EP73xxx	RISC 32 bits ARM7	-
	EP93xxx	RISC 32 bits ARM9	-
Cygnal	C8051F	CISC 8 bits 8051	-
Freescale (Motorola)	HC05	CISC 8 bits 6800	-
	HC08	CISC 8 bits 6809	Code Warrior
	HC11	CISC 8 bits 6809	-
	HC12	CISC 16 bits	-
	HCS12	CISC 16 bits	Code Warrior
	HC16	CISC 16 bits	-
	56800	CISC 16 bits	-
	68K	CISC 32 bits 68000	-
	ColdFire	CISC 32 bits	-
	MAC7100	RISC 32 bits ARM7	-

¹⁴ Angulo Usategui, J., Romero Yesa, S., & Angulo Martínez, I. (2000). *Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones*.

Fujitsu	F2MC-8	CISC 8 bits	-
	F2MC-16	CISC 16 bits	-
	FR	RISC 32 bits	-
Infineon	C5xxx	CISC 8 bits 8051	-
	C8xxx	CISC 8 bits 8051	-
	C16xxx	CISC 16 bits	-
	XC16xxx	CISC 16 bits	-
	TCxxx	CISC 32 bits	-
Intel	MCS251	CISC 8 bits 8051	-
	MCS96/296	CISC 16 bits	-
Maxim (Dallas)	DS80Cxxx	CISC 8 bits 8051	-
	DS83Cxxx	CISC 8 bits 8051	-
	DS89Cxxx	CISC 8 bits 8051	-
	MAXQ	RISC 16 bits	-
Microchip	PIC 10,12,14,16,17,18	RISC 8 bits	MPLAB
	dsPIC	RISC 16 bits	MPLAB
NS (NATIONAL SEMICONDUCTOR)	COP8xxx	CISC 8 bits	Webench
	CR16Cxxx	CISC 16 bits	-
	CP3000	RISC 16 bits	-
Philips	P8xxx	CISC 8 bits 8051	-
	Xaxxx	CISC 16 bits	-
	LPC2xxx	RISC 32 bits ARM7	-
Rabbit Semiconductor	Rabbit2000	CISC 8 bits	-
	Rabbit3000	CISC 8 bits	-
Renesas	740	CISC 8 bits	-
	H8	CISC 16 bits	HEW
	H8S	CISC 16 bits	HEW
	M16C	CISC 16 bits	-
	7700	CISC 16 bits	-
	H8SX	CISC 32 bits	-

	Super H	CISC 32 bits	HEW
ST (SGS-THOMSON)	ST5	CISC 8 bits	Visual FIVE
	ST6	CISC 8 bits	-
	ST7	CISC 8 bits	STVD 7
	ST9	CISC 8 bits	TVD 9
	ST9	CISC 16 bits	STVD 9
	ST10	CISC 16 bits	-
	ARM7	RISC 32 bits ARM7	-
Texas Instruments	MSC12xxx	CISC 8 bits 8051	-
	MSP430	CISC 16 bits	Eclipse
	TMS470	RISC 32 bits ARM7	-
Toshiba	870	CISC 8 bits	-
	900/900H	CISC 16 bits	-
	900/900H	CISC 32 bits	-
Ubicom (Scenix)	SXxx	RISC 8 bits	-
Zilog	Z8xxx	CISC 8 bits Z80	-
	Z8Encore!	CISC 8 bits Z80	-
	eZ80Aclaim	CISC 8 bits Z80	-

Cuadro 4 Fabricantes de Microcontroladores. Fuente: (Angulo Usategui, Romero Yesa, & Angulo Martínez, 2000)

2.5 Comunicación de Datos

Es el proceso de comunicar información en forma binaria entre dos o más puntos. Requiere cuatro elementos básicos que son:

- **Emisor:** Dispositivo que transmite los datos
- **Mensaje:** lo conforman los datos a ser transmitidos

- **Medio** : consiste en el recorrido de los datos desde el origen hasta su destino
- **Receptor**: dispositivo de destino de los datos

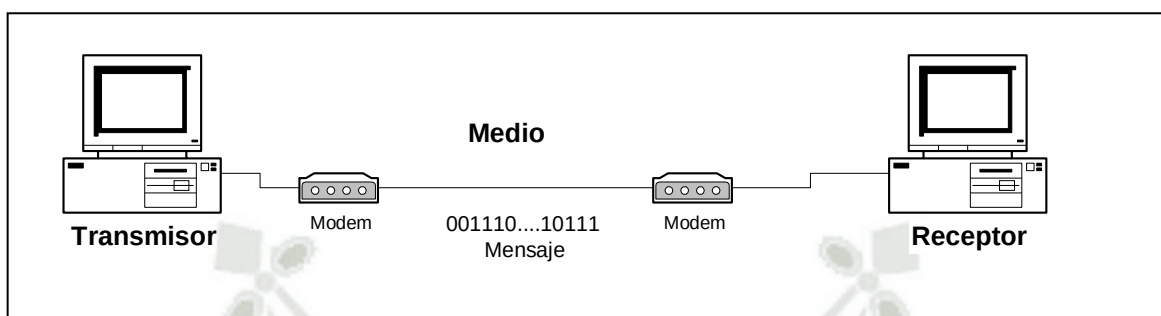


Figura 18 Comunicación de Datos. Fuente: (Jorquera, 2011)

2.5.1 Medios, Formas Y Tipos De Transmisión

a) Medios

- **Aéreos**: basados en señales radio-eléctricas (utilizan la atmósfera como medio de transmisión), en señales de rayos láser o rayos infrarrojos.
- **Sólidos**: principalmente el cobre en par trenzado o cable coaxial y la fibra óptica.

b) Formas

- **Transmisión en Serie**: los bits se transmiten de uno a uno sobre una línea única. Se utiliza para transmitir a larga distancia.

- **Transmisión en Paralelo:** los bits se transmiten en grupo sobre varias líneas al mismo tiempo. Es utilizada dentro del computador.

La transmisión en paralela es más rápida que la transmisión en serie pero en la medida que la distancia entre equipos se incrementa (no debe sobrepasarse la distancia de 100 pies), no solo se encarecen los cables sino que además aumenta la complejidad de los transmisores y los receptores de la línea a causa de la dificultad de transmitir y recibir señales de pulsos a través de cables largos.

2.5.2 GPRS

Es una nueva tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

Los canales se comparten entre los diferentes usuarios:

En GSM, cuando se realiza una llamada se asigna un canal de comunicación al usuario, que permanecerá asignado aunque no se envíen datos. En GPRS los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta

tecnología. La mayoría de estos terminales soportarán también GSM, por lo que podrá realizar sus llamadas de voz utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a internet, WAP) tanto con GSM como con GPRS.

La tecnología GPRS, o generación 2.5, representa un paso más hacia los sistemas inalámbricos de Tercera Generación o UMTS. Su principal fortaleza radica en la posibilidad de disponer de un terminal permanentemente conectado, tarifando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión como hemos podido observar en un punto anterior.

Obtiene mayor velocidad y mejor eficiencia de la red:

Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se ha venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red.

La tecnología GPRS permite proporcionar servicios de transmisión de datos de una forma más eficiente a como se venía haciendo hasta el momento.

GPRS es una evolución no traumática de la actual red GSM: no conlleva grandes inversiones y reutiliza parte de las infraestructuras

actuales de GSM. Por este motivo, GPRS tendrá, desde sus inicios, la misma cobertura que la actual red GSM. GPRS (Global Packet Radio Service) es una tecnología que subsana las deficiencias de GSM

a) Ventajas del GPRS para el usuario.

Las ventajas que obtiene el usuario con el sistema GPRS son consecuencia directa de las características vistas en el punto anterior.

Característica de "Always connected": un usuario GPRS puede estar conectado todo el tiempo que desee, puesto que no hace uso de recursos de red (y por tanto no paga) mientras no esté recibiendo ni transmitiendo datos.

Tarificación por volumen de datos transferidos, en lugar de por tiempo.

Coste nulo de establecimiento de conexión a la red GPRS, frente a los quantum de conexiones existentes actualmente en GSM.

Mayor velocidad de transmisión. En GSM sólo se puede tener un canal asignado (un "timeslot"), sin embargo, en GPRS, se pueden tener varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base como de la estación base al móvil. La velocidad de transmisión aumentará con el número de canales asignados. Además, GPRS permite el uso de esquemas de codificación de datos que permiten una velocidad de transferencia de datos mayor que en GSM.

Posibilidad de realizar/recibir llamadas de voz mientras se está conectado o utilizando cualquiera de los servicios disponibles con esta tecnología.

Modo de transmisión asimétrico, más adaptado al tipo de tráfico de navegación html o wml (un terminal GPRS 4+1 (4 slots downlink y 1 uplink) tendrá cuatro veces mayor capacidad de transmisión de bajada que de subida).

b) Servicios del GPRS para el usuario.

Los servicios que obtendrá un usuario de este sistema serían los equivalentes a tener un PC conectado a Internet, siendo este de tamaño bolsillo.

a) Acceder en movilidad a Internet y correo electrónico.

GPRS permite acceder en movilidad a todas las facilidades de Internet usando el terminal GPRS como módem:

- Acceso a cuentas de correo Internet (lectura y envío de e-mails).
- Aviso de recepción de correo en el móvil.
- Navegación por Internet.
- Descarga de ficheros.

- Desde cualquier PC, asistente personal digital (PDA) o directamente desde el terminal GPRS (si sus características lo permiten).

Pagando sólo por el volumen de datos transmitidos y recibidos y no por el tiempo de conexión.

Acceder en movilidad a la Intranet corporativa.

Acceso a cuentas de correo corporativas (intranet):

- GPRS permite utilizar desde un dispositivo móvil (Ordenador portátil, PDA o el propio móvil) los sistemas de correo electrónico de la empresa (Microsoft Mail, Outlook Express, Microsoft Exchange, Lotus Notes etc.).
- El usuario puede acceder en movilidad a su correo corporativo, leerlo y contestarlo como si estuviera en la oficina.

Acceso a bases de datos y aplicaciones corporativas desde un dispositivo móvil:

- Gestión de Fuerza de Ventas: consulta de estados de pedidos, consulta de catálogos, consulta de stocks, información relativa a los clientes... desde cualquier lugar.

- Gestión de equipos de trabajo que operan fuera de la empresa (equipos de mantenimiento, supervisión, reparto...). Con GPRS se pueden enviar avisos, cumplimentar partes de trabajo, obtener información detallada sobre envíos o reparaciones desde cualquier lugar.

Acceso GPRS a aplicaciones WAP para uso empresariales (a través del servicio WAP):

- Agenda, directorios, tarjetas de visita, E-mail, correo, Tareas, Tablón, enviar fax, gestión de equipos.

Acceso a servicios de información (a través del servicio WAP)

- Canales temáticos: Noticias, Finanzas, Viajes.
- Guía Conecta: Guía de carreteras, Reserva de restaurantes, Guía de teléfono.
- Centro comercial: Banca móvil, Entradas.
- Internet/ Servicios: Buscador, Traductor.¹⁵

2.6 Interfaz gráfica

Con la idea de simplificar el uso de los ordenadores para usuarios de todo tipo y no sólo para los expertos, se ha convertido en una práctica habitual utilizar metáforas visuales por medio de la llamada interfaz gráfica de

¹⁵ Jorquera (2011). *Conceptos básicos de comunicación de datos*, pág. 1-2

usuario (IGU ó GUI en inglés) para que el usuario interactúe y establezca un contacto más fácil e intuitivo con el ordenador. Si, como afirma Neal Stephenson: "en el principio fue la línea de comandos..." tal como los hackers siguen hoy reivindicando no sólo con nostalgia, sino también como una forma de tener control real sobre las máquinas, en la actualidad prima la cultura de la interfaz "amigable" y vistosa. En estos casos, un simple clic de ratón sobre algún gráfico (imagen) que aparece en la pantalla, sustituye a la tediosa tarea de escribir código fuente para que el ordenador interprete que debe realizar alguna acción. En 1981 aparecieron los primeros ordenadores personales, los llamados PC's, pero hasta 1993 no se generalizaron las interfaces gráficas de usuario. El escritorio del sistema operativo Windows de Microsoft y su sistema de ventanas sobre la pantalla se ha estandarizado y universalizado, pero fueron los ordenadores Macintosh de la compañía Apple los primeros que introdujeron las interfaces gráficas de usuario.



Figura 19 Modelos de Interfaz gráfica. Fuente: (Jorquera, 2011)

Una interfaz es un dispositivo que permite comunicar dos sistemas que no hablan el mismo lenguaje. Restringido a aspectos técnicos, se emplea el término interfaz para definir el juego de conexiones y dispositivos que hacen posible la comunicación entre dos sistemas. Sin embargo, cuando aquí hablamos de interfaz nos referimos a la cara visible de los programas tal y como se presenta a los usuarios para que interactúen con la máquina. La interfaz gráfica implica la presencia de un monitor de ordenador o pantalla constituida por una serie de menús e iconos que representan las opciones que el usuario puede tomar dentro del sistema.

En el caso del hipertexto, la interfaz hipertextual consistiría en el diseño navegacional y el conjunto de herramientas y utilidades que permiten al usuario-lector interactuar con los contenidos. La interfaz proporcionará al usuario el conjunto de posibilidades que podrá seguir durante todo el tiempo que se relacione con el programa, detallando lo que verá y escuchará en cada momento, y las acciones que puede realizar, así como las respuestas que puede ofrecer el sistema. El usuario, además de entender el mensaje, ha de comprender la mecánica operativa que se le ofrece (sintaxis, órdenes, códigos, abreviaturas, iconos, etc.). Una buena interfaz requiere poco esfuerzo por parte del usuario, simplicidad y funcionalidad.

Las características básicas de una buena interfaz podrían sintetizarse en:

- Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso
- Representación fija y permanente de un determinado contexto de acción (fondo)

- El objeto de interés ha de ser de fácil identificación
- Diseño ergonómico mediante el establecimiento de menús, barras de acciones e iconos de fácil acceso
- Las interacciones se basarán en acciones físicas sobre elementos de código visual o auditivo (iconos, botones, imágenes, mensajes de texto o sonoros, barras de desplazamiento y navegación...) y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes
- Las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, con efectos inmediatos
- Existencia de herramientas de Ayuda y Consulta
- Tratamiento del error bien cuidado y adecuado al nivel de usuario

La tipografía y el tratamiento del color son dos elementos a los que hay que prestar especial importancia a la hora de establecer una buena interfaz, poniendo especial cuidado en el diseño de las formas y la coherencia interna entre ellas.

Al igual que cualquier otro tipo de documento textual o gráfico creado por un programa de ordenador, la lectura o navegación de un hipertexto se realiza a través de la pantalla, y, en el caso de un documento web, por medio de un programa de lectura y visualización llamado navegador. El diseño del hipertexto se realiza para que el usuario vea en pantalla toda la información necesaria y para que opere e interactúe en ella a través del ratón, el teclado y las opciones del menú. Así, se insertan códigos que no están

visibles si así se prefiere, pero que ofrecen la apariencia deseada para ser vistos en pantalla. Aquí la palabra clave es WYSIWYG ("What you see is what you get"), es decir, lo que tú ves es lo que obtienes.

Para diseñar una buena interfaz enfocada hacia el usuario es necesario tener claros los objetivos del hipertexto, teniendo en cuenta no sólo lo que se persigue ofreciendo información, sino las necesidades que van a tener los usuarios a la hora de consultarlo. También es clave determinar el contenido y la funcionalidad, especificar la estructura organizativa, la navegación, las secciones y los sistemas de búsqueda. Hay que tener en cuenta que cada usuario puede tener diferentes necesidades y un buen sistema de navegación debe contar con las herramientas adecuadas para diferentes funciones. Como cada usuario puede tener diferentes necesidades, es importante ofrecer diferentes formas de acceso y búsqueda, desde búsquedas precisas, hasta exploraciones guiadas o a elección del lector.

La interfaz es el elemento que permite al usuario interactuar con los contenidos, no sólo se precisa una interfaz atractiva, sino funcional. El diseño de interfaz de un hipertexto es, pues, fundamental para que el usuario pueda interactuar con los contenidos de dicho hipertexto. La pantalla del ordenador se convierte en una ventana a través de la cual el usuario accede al espacio hipertextual. Xavier Berenguer afirma que "el éxito de un programa depende directamente de la calidad de su interfaz", así podríamos decir, que el éxito de un hipertexto depende de su interfaz.

El diseñador de interfaces debe facilitar y simplificar el acceso y los recorridos de los usuarios. A menudo se usa la metáfora del viaje o del camino a recorrer y se presentan iconos o símbolos de interfaz y otros dispositivos que tienen que ver con las señales utilizadas en mapas, urbanismo o arquitectura.

Los contextos navegacionales organizan el espacio de navegación, ayudando al usuario a recorrer los contenidos y ofreciéndole herramientas que guíen o faciliten los recorridos o las búsquedas y que le ofrezcan la posibilidad de realizar una serie de acciones estableciendo mecanismos de vuelta atrás, el etiquetado y la vista previa de enlaces y otros procesos automatizados a modo de servicios interactivos. La interfaz de navegación no debe limitarse a la parte visible de la información en un momento dado, sino que debe ser capaz de ofrecer al usuario el acceso a la parte del documento que le interesa y en la forma que desea. Aun tratándose de un entorno navegacional complejo, éste se debe presentar al usuario de una forma sumamente sencilla y que sea lo más normalizada posible.

Un buen hipertexto debe suministrar herramientas de uso sencillo y fácil para que el usuario sepa en todo momento en dónde se encuentra y hacia dónde puede ir, y herramientas para que pueda realizar una serie de acciones como búsquedas, ponerse en contacto con otros usuarios, participar en un foro de debate, etc. Algunas de estas herramientas útiles para la navegación y que deben mostrarse en la interfaz de usuario son las siguientes:

- Herramientas de representación de la estructura de la información documental: Se trata de representar la estructura de los nodos más amplios o genéricos que contienen las diferentes partes o nodos específicos, de forma similar a las secciones, capítulos, etc. de un texto.
- Herramientas de navegación: es necesario representar de forma visual y gráfica (esquemática, iconográfica, etc.) el conjunto de la red hipertextual. Para ello, son muy útiles los mapas de navegación que funcionan a modo de brújula para ayudar al usuario a moverse por el hipertexto. Los diagramas de representación permiten no sólo anticipar las características de la navegación del hipertexto, sino que también facilitan el diseño para la creación del hipertexto. Los navegadores o visualizadores de páginas web, a diferencia de la mayoría de las aplicaciones informáticas actuales, no han recurrido a la manida metáfora del escritorio de trabajo y sus carpetas para organizar la información, sino que han querido emular la forma de conocimiento humano reflejado en el hipertexto: la información se presenta como nodos dentro de una red en la que una idea lleva a otra y esta a otra diferente. Sin embargo, el sistema sería un caos si no existieran formas de organizar la información en una forma lógica y con posibilidad de conocer en todo momento dónde se está y cómo se ha llegado hasta ahí.
- Herramientas que posibiliten guardar y almacenar la dirección y localización de los documentos a los que se ha accedido, mediante el

registro de marcas, favoritos o *bookmarks*, para su posterior acceso directo.

- Herramientas que permitan definir los enlaces con indicación del punto de destino (ancla): el usuario debe poder visualizar el destino o destinos posibles de cualquier enlace para saber hacia dónde se desplazará en caso de optar por esa conexión.
- Herramientas que permitan la creación de un histórico de navegación: para que el usuario pueda tener constancia del camino recorrido tanto sobre la red de documentos como sobre la red semántica, y poder así volver en cualquier momento, sobre algún paso del camino recorrido.
- Herramientas para la recuperación de la Información: se pueden incluir buscadores y otras herramientas de búsqueda y consulta tanto dentro de la propia red hipertextual como en el resto de la web. Estas herramientas permiten la construcción de documentos dinámicos creados a partir de las propias acciones del usuario, que pueden contar con la ayuda de agentes inteligentes.
- Herramientas que permitan que el usuario participe en la creación del conocimiento en un entorno colaborativo. Estas herramientas permitirán la interacción entre el autor del hipertexto y el usuario o entre varios usuarios, o incluso, que el usuario contribuya al contenido del hipertexto directamente. El usuario puede participar en el contenido del hipertexto haciendo comentarios y anotaciones ya

sea en línea o por correo electrónico, es posible iniciar una discusión, es posible añadir contenidos o añadir enlaces mientras se lee, individualmente o en colaboración.¹⁶



Figura 20 Ejemplo de distintos elementos que pueden formar parte de la interfaz de usuario de un hipertexto. Fuente: (Lamarca Lapuente, 2013)

¹⁶ Lamarca Lapuente (2013). *Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen*

CAPITULO 3

DESARROLLO E IMPLEMENTACION

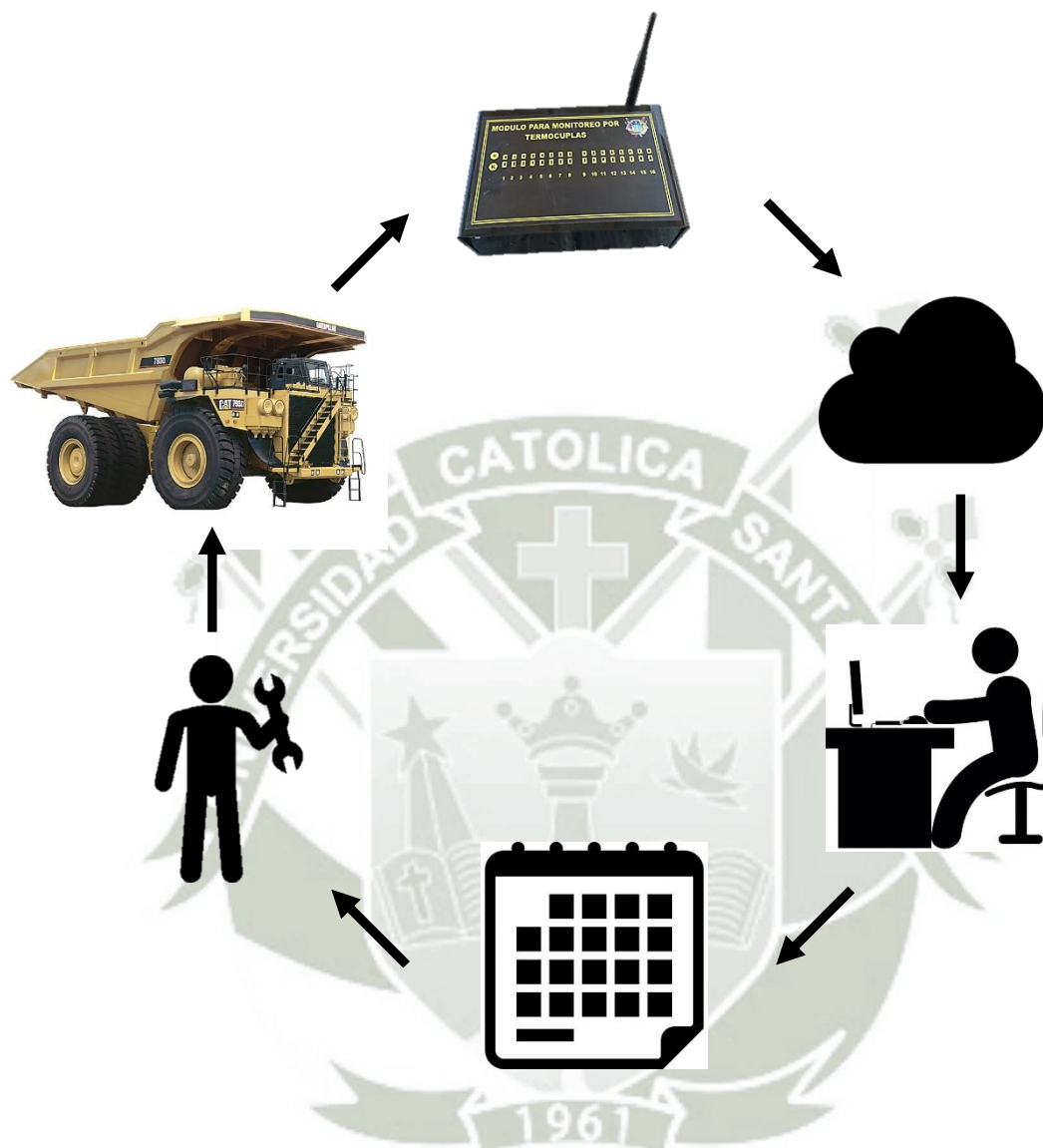


Figura 21 Esquema de funcionamiento del módulo

3.1 Estudio de Confiabilidad

Desde finales de los años 60 y con el desarrollo del mantenimiento basado en la confiabilidad (RCM), los esfuerzos del área de mantenimiento se han orientado a determinar las mejores políticas para mejorar la conservación de las funciones de los activos fijos. Esto quiere decir que ahora no se

busca que un activo no falle, sino que se gestione el mismo hasta que pierda su función para el que es utilizado. Esto a su vez se debe reflejar en una mayor disponibilidad y por lo tanto en una mejora de la productividad también.

Y ya que la productividad está directamente relacionada con los costos y por ende con la utilidad de la Empresa, cualquier esfuerzo por mejorarla es bien recibido, sobre todo si los métodos a utilizarse son aplicables y sostenibles en el tiempo.

Teniendo como premisa lo indicado, para nuestro proyecto se ha profundizado en un estudio de confiabilidad realizado a camiones de una importante compañía minera del Sur de nuestro país, para en base del resultado dar una opción más eficiente y económicamente factible a uno de los principales modos de falla presentes: la falla de inyectores de combustible.

Para esto, se presenta a continuación la disponibilidad alcanzada por cada uno de los camiones modelo 793D durante el 2013:

Equipo	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
C01	89.57%	93.93%	52.07%	78.08%	92.10%	89.37%	91.41%	84.18%	92.01%	87.88%	92.53%	89.60%	86.06%
C02	91.98%	88.68%	92.85%	90.70%	88.93%	90.85%	90.72%	87.50%	91.48%	88.71%	87.95%	86.90%	89.77%
C03	86.53%	61.59%	51.89%	88.75%	86.40%	90.32%	86.38%	67.71%	74.55%	89.93%	86.85%	85.23%	79.68%
C04	93.67%	91.88%	90.42%	91.40%	86.47%	79.97%	89.31%	93.75%	91.59%	87.40%	91.07%	89.83%	89.73%
C05	85.05%	89.58%	93.82%	80.63%	81.09%	92.63%	86.85%	92.67%	88.79%	85.94%	89.23%	92.51%	88.23%
C06	87.96%	88.41%	91.80%	86.89%	84.10%	90.91%	83.24%	91.68%	82.11%	80.39%	84.84%	89.49%	86.82%
C07	90.63%	87.34%	91.57%	91.12%	82.52%	90.08%	92.35%	87.98%	88.85%	86.33%	89.25%	87.31%	88.78%
C08	89.76%	90.32%	89.64%	89.09%	87.09%	54.02%	69.73%	87.79%	91.51%	88.65%	89.07%	85.28%	84.33%
C09	89.29%	90.96%	82.55%	85.13%	87.62%	89.26%	82.99%	91.77%	87.69%	90.50%	88.58%	85.45%	87.65%
C10	68.45%	79.46%	92.14%	89.06%	82.78%	92.53%	60.16%	42.59%	83.61%	88.50%	89.08%	88.74%	79.76%
C11	87.67%	90.37%	90.45%	88.41%	92.57%	85.77%	85.17%	89.31%	94.80%	85.58%	89.65%	85.53%	88.77%
C12	89.86%	92.94%	86.86%	83.90%	83.40%	92.72%	84.27%	82.79%	89.64%	87.98%	86.20%	82.60%	86.93%
C13	87.88%	85.99%	91.73%	87.79%	83.86%	93.74%	85.32%	89.27%	82.24%	80.83%	70.16%	78.67%	84.79%
C14	92.44%	89.46%	87.02%	90.61%	88.44%	88.56%	86.53%	85.90%	89.39%	89.89%	91.81%	88.95%	89.08%
C15	78.97%	80.23%	89.17%	84.68%	90.85%	88.12%	92.03%	87.89%	83.26%	91.11%	89.94%	82.36%	86.55%
C16	76.60%	0.00%	63.80%	88.83%	91.95%	87.20%	90.33%	85.73%	87.94%	88.57%	91.63%	86.57%	78.26%
C17	94.02%	91.91%	90.38%	88.81%	82.44%	86.80%	89.41%	87.39%	89.27%	85.00%	90.79%	86.97%	88.60%
C18	90.57%	91.35%	88.17%	93.29%	85.27%	89.59%	90.57%	89.85%	87.94%	89.64%	91.81%	84.67%	89.39%
C19	88.46%	92.85%	90.07%	83.70%	89.65%	85.28%	89.50%	83.10%	90.94%	87.68%	90.72%	87.65%	88.30%
C20	93.90%	89.96%	86.71%	85.41%	92.84%	89.95%	82.94%	89.66%	89.00%	90.20%	91.70%	87.35%	89.14%
C21	93.11%	90.22%	83.27%	81.17%	65.75%	69.06%	84.79%	89.15%	88.27%	91.50%	90.08%	87.89%	84.52%
C22	89.34%	88.20%	86.52%	86.90%	89.86%	90.52%	89.97%	90.88%	90.10%	92.34%	85.44%	84.64%	88.73%
C23	85.60%	79.17%	86.48%	83.16%	89.09%	89.24%	91.65%	85.94%	68.72%	70.85%	93.44%	88.45%	84.32%
C24	86.73%	86.63%	91.66%	89.48%	87.30%	87.01%	88.77%	90.16%	88.95%	81.93%	83.16%	83.15%	87.08%
C25	91.96%	89.32%	90.71%	86.80%	86.69%	89.46%	88.94%	90.02%	88.00%	86.63%	88.38%	91.34%	89.02%
C26	91.62%	88.66%	89.34%	87.42%	87.97%	90.17%	89.81%	82.23%	82.76%	83.27%	85.29%	89.59%	87.34%
C27	90.15%	87.85%	92.17%	86.45%	90.43%	89.79%	91.46%	87.59%	81.07%	88.42%	80.47%	89.77%	87.97%
C28	89.72%	88.68%	92.45%	91.38%	87.53%	88.28%	87.75%	92.03%	90.50%	82.41%	85.27%	90.44%	88.87%
C29	86.22%	91.92%	89.83%	86.07%	83.58%	70.78%	0.00%	59.83%	88.19%	87.07%	91.02%	84.21%	76.56%
C30	87.11%	90.95%	89.22%	85.87%	89.88%	91.83%	89.34%	91.38%	89.05%	90.08%	89.71%	89.26%	89.47%
Mensual	88.16%	84.96%	86.16%	87.03%	86.62%	86.79%	83.72%	85.26%	87.07%	86.84%	88.17%	87.01%	86.48%

Cuadro 5 Disponibilidad individual de camiones 793D durante el 2013. Fuente: Área de confiabilidad

Como se aprecia la disponibilidad mensual de la flota de camiones 793D fluctúa entre los 83.72% y los 88.17%, alcanzando una disponibilidad anual de 86.48%, más de dos puntos porcentuales por debajo de los 89.00% que se espera para esta flota de equipos por sus años de operación y utilización. Ahora, se debe analizar qué factores han provocado que esto ocurra, para ello, se muestra a continuación la proporción de incidencia de fallas por sistema del equipo:

Nº	Reporte de parada	Horas
1	PM	9756
2	Llenado de combustible	5462
3	Motor diésel	5119
4	Cambio de operador	3959
5	Llantas	2548
6	Tren de potencia	1746
7	Elementos de señal	1310
8	Sistema hidráulico	1101
9	Sistema de freno	863
10	Sistema de dirección	744
Total		32608

Cuadro 6 Distribución de fallas por sistema. Fuente: Área de confiabilidad

Como se observa, la mayor incidencia de fallas del equipo ha sido por fallas en el motor, que es el sistema y componente principal. Ahora, se debe analizar cuáles fueron los reportes de paradas que más repercutieron en la disponibilidad, para lo cual se muestra en el siguiente cuadro, el *top ten* de fallas relacionadas al motor en toda la flota:

Nº	Tipo de parada específico de motor	Paradas	Horas
1	Pérdida de potencia	618	2042
2	Cambio de motor	25	856
3	Diferencia de temperatura entre bancos elevada	161	619
4	Evaluación por monitoreo de condiciones	93	347

5	Códigos, eventos eléctricos	288	314
6	Cambio de inyector(es)	89	305
7	Fuga de aceite	271	263
8	Cambio de turbocompresor	33	153
9	Humo negro	42	119
10	Fuga de refrigerante	127	101
Total		1747	5119

Cuadro 7 Top ten de fallas del sistema motor. Fuente: Área de confiabilidad

De lo anterior, se observa que sólo estos 10 reportes de paradas han afectado la disponibilidad en casi 2%. Sin embargo no todos los reportes son modos de falla, los cuales se puedan estudiar o analizar, para determinar los mismos, se han desglosado los reportes que según la experiencia, tienen su causa en la falla de inyectores, estos son: pérdida de potencia, humo negro, diferencia de temperatura entre bancos elevada. El reporte de cambio de inyectores es la consecuencia de las evaluaciones, es decir de los reportes indicados anteriormente.

Pérdida de Potencia de motor			
Nº	Tipo de falla específico	Paradas	Horas
1	Falla de inyectores	56	461
2	Otros	88	298
3	Falla de componente eléctrico	83	267
4	Saturación de filtros de admisión de aire	64	206
5	Falla relacionada a tren de potencia	51	182
6	Saturación de filtros de combustible	103	176
7	Fuga de combustible	45	148
8	Derrateo de motor	38	147
9	Reporte incorrecto	71	99
10	Falla de turbocompresores	19	58
Total		618	2042

Cuadro 8 Top ten de fallas por pérdida de potencia. Fuente: Área de confiabilidad

Diferencia de temperatura entre bancos elevada			
N°	Tipo de falla específico	Paradas	Horas
1	Saturación de filtros de admisión de aire	101	282
2	Falla de inyectores	22	195
3	Saturación de filtros de combustible	22	58
4	Falla de turbocompresores	10	52
5	Otros	6	32
Total		161	619

Cuadro 9 Top ten de fallas por diferencia de temperatura entre bancos elevada. Fuente: Área de confiabilidad

Cambio de inyector(es)			
N°	Tipo de falla específico	Paradas	Horas
1	Falla de inyectores	87	297
2	Otros	2	8
Total		89	305

Cuadro 10 Top ten de fallas por cambio de inyector(es). Fuente: Área de confiabilidad

Humo negro			
N°	Tipo de falla específico	Paradas	Horas
1	Falla de inyectores	11	56
2	Saturación de filtros de combustible	16	30
3	Falla de turbocompresores	4	13
4	Saturación de filtros de admisión de aire	5	13
5	Reporte incorrecto	6	7
Total		42	119

Cuadro 11 Top ten de fallas por humo negro. Fuente: Área de confiabilidad

De esto, se destaca que sólo con los cuatro principales tipos de falla de motor relacionados a inyectores se han utilizado en el año 1009 horas que los equipos debieron estar operando, lo cual equivale al 0.38% de los reportes están relacionados con falla de inyectores, es decir con la pérdida

de la función principal del inyector, la cual es dosificar el combustible en el instante adecuado, durante el lapso de tiempo correcto, la cantidad requerida y a la presión necesaria dentro de la cámara de combustión.

Entonces se hace necesario implementar dentro de la estrategia de mantenimiento alguna tarea basada en la condición para disminuir el impacto de este modo de falla en la confiabilidad y por ende la disponibilidad de los equipos.

Lo que se empezó a hacer a raíz de este estudio, fue el cambio preventivo de todos los inyectores, lo cual supone un gasto extra elevado por el costo de cada inyector y la mano de obra involucrada. Sin embargo, la alternativa que se planteó fue el monitoreo de las temperaturas de escape de todos los cilindros por medio de termocuplas como una tarea rutinaria para detectar con antelación la falla potencial de un inyector y poder programar su cambio antes de que la falla funcional se presente.

Sin embargo, el monitoreo de las temperaturas de manera rutinaria y con el método tradicional genera paradas de los equipos, o que afecta la disponibilidad, además de generar mano de obra adicional. Lo que en conjunto provoca sobre costos, tanto por las horas perdidas por los equipos como por el adicional de mano de obra.

La técnica de tomar la temperatura de escape individualmente de cada cilindro para el diagnóstico de inyectores es conocida y empleada en la industria, por lo que nuestro proyecto no trata de difundir o explicar la misma, lo que se propone ahora es utilizar la tecnología con la que

contamos actualmente para hacer más eficiente este proceso, de tal manera que se optimice el uso de recursos.

Inicialmente se presenta la comparación del análisis económico de la tarea correctiva de cambio de inyectores por falla versus la tarea preventiva de cambio de todos los inyectores a media vida. Se considera media vida, ya que el cambio de todos los inyectores se realiza al mismo tiempo y aproximadamente a la mitad de horas de trabajo del motor después de su última reparación general. La reparación general de un motor se estima cada 15000 horas de trabajo, por lo cual el cambio preventivo de inyectores se realizaría a las 7500 horas.

Hoja de evaluación de tarea correctiva						
Método	Tarea de cambio de inyectores por falla: correctivo					
Diagnóstico	Evaluación de motor por reportes de pérdida de potencia, humo negro, temperatura elevada, evaluando con temocuplas de manera tradicional					
Acción	Cambio de inyectores encontrados con falla					
Mano de obra						
Aplicación	Descripción	Técnicos	Horas	T. Horas	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Evaluación	2	712	1424	\$50.00	\$71,200.00
Acción	Cambio de inyectores	2	297	594	\$50.00	\$29,700.00
Parada de Proceso						
Aplicación	Descripción	Horas	C. Unitario	C. Total		
Diagnóstico	Evaluación	712	\$1,440.00	\$1,025,280.00		
Acción	Cambio de inyectores	297	\$1,440.00	\$427,680.00		

Herramientas				
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Kit de evaluación	2	\$2,200.00	\$4,400.00
Repuestos				
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Acción	Inyectores	138	\$2,300.00	\$317,400.00
Costo mano de obra		\$100,900.00		
Costo parada de proceso		\$1,452,960.00		
Costo herramientas		\$4,400.00		
Costo repuestos		\$317,400.00		
Costo total de Tarea		\$1,875,660.00		

Cuadro 12 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores de forma correctiva. Fuente: Elaboración propia

Hoja de evaluación de tarea preventiva						
Método	Tarea de cambio de inyectores anticipado a falla: preventivo					
Diagnóstico	No necesita evaluación o diagnóstico, ya que se opta por cambiar todos los inyectores a media vida de motor (7500 horas de trabajo)					
Acción	Cambio todos los inyectores con o sin falla					
Mano de obra						
Aplicación	Descripción	Técnicos	Horas	T. Horas	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Evaluación	0	0	0	\$50.00	\$0.00
Acción	Cambio de inyectores	3	720	2160	\$50.00	\$108,000.00
Parada de Proceso						
Aplicación	Descripción	Horas	C. Unitario	C. Total		
Diagnóstico	Evaluación	0	\$1,440.00	\$0.00		
Acción	Cambio de inyectores	720	\$1,440.00	\$1,036,800.00		

Herramientas				
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Kit de evaluación	0	\$2,200.00	\$0.00
Repuestos				
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Acción	Inyectores	480	\$2,300.00	\$1,104,000.00

Costo mano de obra	\$108,000.00
Costo parada de proceso	\$1,036,800.00
Costo herramientas	\$0.00
Costo repuestos	\$1,104,000.00
Costo total de Tarea	\$2,248,800.00

Cuadro 13 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores de forma preventiva. Fuente: Elaboración propia

Ahora, se presenta el análisis económico de la tarea a condición, es decir el monitoreo de temperaturas por termocuplas para el diagnóstico anticipado de inyectores con falla. Esto por el método tradicional que consiste en instalar las termocuplas en un PM, monitorear las temperaturas el primer día y antes del siguiente PM, considerando dos horas de monitoreo por ocasión con un técnico mecánico en la cabina del operador. Esto como se puede sospechar incrementa el riesgo a la seguridad, ya que el técnico va a estar en el asiento auxiliar de la cabina, tomando datos y no concentrado en las maniobras propias del equipo, eso sin contar que la toma de datos puede generar errores involuntarios.

Hoja de evaluación de tarea a condición: método tradicional						
Método	Tarea de cambio de inyectores por condición mediante método convencional					
Diagnóstico	Evaluación de motor por reportes de pérdida de potencia, humo negro, temperatura elevada, evaluando con temocuplas por método convencional					
Acción	Cambio de inyectores encontrados con falla					
Mano de obra						
Aplicación	Descripción	Técnicos	Horas	T. Horas	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Seguimiento en campo	1	1800	1800	\$50.00	\$90,000.00
Diagnóstico	Inst/Desinst. Termocuplas	1	720	720	\$50.00	\$36,000.00
Acción	Cambio de inyectores	2	297	594	\$50.00	\$29,700.00
Parada de Proceso						
Aplicación	Descripción	Horas	C. Unitario	C. Total		
Diagnóstico	Evaluación	360	\$1,440.00	\$518,400.00		
Acción	Cambio de inyectores	0	\$1,440.00	\$0.00		
Herramientas						
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total		
Diagnóstico	Kit de evaluación	15	\$2,200.00	\$33,000.00		
Repuestos						
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total		
Acción	Inyectores	138	\$2,300.00	\$317,400.00		
Costo mano de obra		\$155,700.00				
Costo parada de proceso		\$518,400.00				
Costo herramientas		\$33,000.00				
Costo repuestos		\$317,400.00				
Costo total de Tarea		\$1,024,500.00				

Cuadro 14 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores por el método tradicional. Fuente: Elaboración propia

Como se observa, esta opción (monitoreo periódico) es la más rentable en tema de costos. Es por eso que nuestro proyecto se centra en esta opción para mejorarla y optimizarla, dejando de lado paradas innecesarias de los equipos así como el empleo de mano de obra adicional, lo que a su vez permite liberar la prueba del posible error humano inherente.

3.2 Desarrollo electrónico

La parte electrónica del presente proyecto de tesis se divide en dos partes importantes como son:

- Sistema electrónico de adquisición de datos.
- Tarjeta GPRS de comunicación de datos.

3.2.1 Sistema electrónico de adquisición de datos

El diseño de un nuevo dispositivo electrónico comienza con la definición de especificaciones, las cuales se harán un estudio de las características que deben cumplir el sistema a desarrollar.

a) Necesidades

Se propone que el sistema a diseñar y construir sea un sistema de adquisición de datos de 16 canales de entrada analógicos. Como el uso de este sistema será el de un instrumento de medición de uso específico que permitirá medir temperatura de 16 cilindros de un motor CAT®, se requiere determinar las

especificaciones de diseño para el sistema y para la variable a medir.

Desde el punto de vista de diseño de un instrumento de medición, este debe cumplir los siguientes requisitos:

Desplegar el resultado de la temperatura en forma visual.

Tener una forma de alimentación de energía que no exceda los 24 Voltios proveídos por la batería del camión

b) Especificaciones

Las especificaciones a cumplir en el diseño son:

- Canales de entrada analógicos : 16 canales todos estos canales medirán la misma variable, temperatura,
- Frecuencia de medición: DC hasta 100 Hertz, esta especificación se basa en el hecho de que las frecuencias de medición más comunes son de 0 Hertz que corresponde a DC y 60 Hz que corresponde a la frecuencia en línea.
- Resolución del CAD: 10 bits por especificación del PIC 16F876A.
- Comunicación: serie asíncrona RS-232 por especificación del PIC 16F876A.

- Temperatura: el parámetro a medir está en el rango de 0°C a 1020°C , esta especificación se basa en el hecho de que la temperatura que presentan los gases de escape fluctúan entre 500°C a 700°C por lo que el modulo debe garantizar poder medir una temperatura de hasta 1020°C , eligiendo también el tipo de transductor que utilizaremos para este rango.

Otros parámetros a cumplir:

- Comunicación: Serie RS-232, se pide que sea a una velocidad mínima de 2400 Kbps para garantizar una correcta actualización de las mediciones.
- Tiempo de muestreo: El sistema debe permitir que el usuario determine el tiempo de muestro desde 1 s ya que tendremos 16 termocuplas conectadas, la medición será secuencial cumpliendo un tiempo aproximado de medición por completo de 16 segundos, los cuales serán promediados para su visualización dado por cada minuto.

3.2.2 Diseño del sistema electrónico

De acuerdo a la metodología propuesta, el diseño se hará en bloque, cada uno de ellos realizara una función específica necesaria para el sistema de adquisición de datos propuesto. Definimos los bloques se

propone el circuito eléctrico o instrumento que realice la función correspondiente a cada módulo. Se construirá y se probará cada subsistema, por último se integraran todos los bloques para obtener el sistema de adquisición de datos global.

Nuestro sistema de adquisición de datos tiene:

- Etapa de sensores.
- Etapa de conmutación.
- Etapa de acondicionamiento de señal.
- Etapa de codificación.
- Etapa de comunicación.
- Etapa de programación y visualización de los resultados.

El conmutador trabaja como un selector, en este caso un barrido a las termocuplas, todo este barrido es ordenado por el microcontrolador, después de obtener la señal entra a la etapa de acondicionador.

El acondicionador entra la señal de las termocuplas, está en orden de mV (mili voltios) la cual necesitaremos trabajar en V (Voltios) para poder ser controlada por el μC (microcontrolador), las funciones que realizara el acondicionador será:

- Filtrar ruidos.

- Amplificar la señal.
- Compensación por la T° fría.

La etapa de codificación se basa en un microcontrolador, la cual cumple la función de leer cada una de las termocupas, el microcontrolador manda la señal al conmutador para leer la primera temperatura y guardar está en su memoria de datos (memoria temporal), una vez completado la secuencia de lecturas, en nuestro caso 16 lecturas se guardaran en su memoria para ser enviadas en un paquete. La función del microcontrolador será:

- Direccionar al sensor.
- Leer cada una de las temperaturas la temperatura.
- Guardar en su memoria de datos.
- Enviar en un paquete de 16 datos tomados.

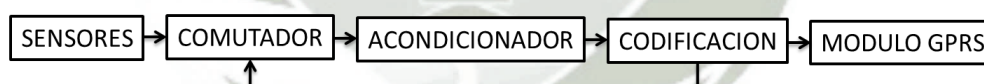


Figura 22 Etapas de circuito electrónico

Antes de iniciar nuestras etapas haremos un circuito fuente, el cual obtendremos voltajes necesarios para alimentar a nuestro circuito.

Por diseño tenemos una entrada de +24 V el cual será provista por la batería del camión, al inicio colocaremos un diodo de protección, esta protección será contra inversión de polaridad, este diodo tiene el valor

de 1N4004 según la hoja técnica este diodo soporta corriente de 1A, nuestro circuito en total deberá estar llegando máximo a 0.5 A.

Después de nuestro diodo colocamos un circuito regulador de voltaje, un integrado 7812 el cual regulara un rango de voltaje cualquiera de entrada que ingrese, y así a su salida tendremos un voltaje de 12V que será usado en nuestros operacionales, en nuestro caso también necesitaremos 5V, el cual aprovecharemos la salida de 12V y usaremos otro integrado que es el 7805, el cual funcionara tal cual como el primero así a su salida tendremos 5V. De esta manera tendremos los voltajes que necesitaremos en nuestro circuito entero.

Para estos circuitos integrados reguladores de voltaje el fabricante recomienda colocar condensadores tanto a la entrada de voltaje como a la salida para filtrar cualquier tipo de ruido o voltaje transitorio que podría generarse en esta etapa. En nuestro caso colocamos un condensador de alto valor 470 μ F y un condensador de bajo valor 100nF para filtrar ruidos de mediana y alta frecuencia. Estos condensadores lo colocaremos en paralelo.

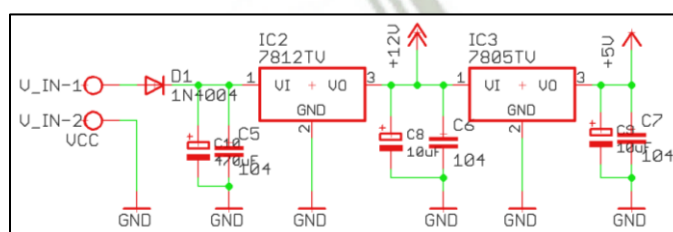


Figura 23 Circuito fuente/alimentación. Fuente: Elaboración propia

a) Etapa de sensores:

De acuerdo a las especificaciones de diseño la variable a medir es la temperatura, por lo cual solo incluirá un módulo de sensor de temperatura.

Modulo se sensor de temperatura:

Existe una gran cantidad de sensores de temperatura como por ejemplo, termistores, termopares, circuitos integrados, cada sensor tiene un rango de funcionamiento

Clase	1	2	3 ⁽¹⁾
Tolerancias límite ⁽²⁾	$0,5\text{ °C} \text{ ó } 0,004 \times t $	$1\text{ °C} \text{ ó } 0,0075 \times t $	$1\text{ °C} \text{ ó } 0,015 \times t $
(a)	Las tolerancias límite se aplican a los siguientes rangos de temperatura		
Tipo T	-40 °C hasta 350 °C	-40 °C hasta 350 °C	-200 °C hasta 40 °C
Tolerancias límite ⁽²⁾	$1,5\text{ °C} \text{ ó } 0,004 \times t $	$2,5\text{ °C} \text{ ó } 0,0075 \times t $	$2,5\text{ °C} \text{ ó } 0,015 \times t $
(±)	Las tolerancias límite se aplican a los siguientes rangos de temperatura		
Tipo E	-40 °C hasta 800 °C	-40 °C hasta 900 °C	-200 °C hasta 40 °C
Tipo J	-40 °C hasta 750 °C	-40 °C hasta 750 °C	—
Tipo K	-40 °C hasta 1000 °C	-40 °C hasta 1200 °C	-200 °C hasta 40 °C
Tolerancias límite ⁽²⁾	$1\text{ °C} \text{ ó } [(1+9t-1100) \times 003]\text{ °C}$	$1,5\text{ °C} \text{ ó } 0,0025 \times t $	$4\text{ °C} \text{ ó } 0,005 \times t $
(±)	Las tolerancias límite se aplican a los siguientes rangos de temperatura		
Tipo R y S	0 °C hasta 1600 °C	0 °C hasta 1600 °C	—
Tipo B	—	600 °C hasta 1700 °C	600 °C hasta 1700 °C

Figura 24 Tolerancias límite para termopares según DIN IEC 584-2

De acuerdo a nuestras especificaciones de diseño se pide medir una temperatura máxima de 1000°C con el objetivo de medir si algun inyector está fallando nos dará una temperatura elevada. Para lo cual los sensores que nos permiten medir dicha temperatura son los termopares que cumplen ya que su rango es mayor (-40 a 1200 ° C).

b) Etapa de conmutación.

Se necesita medir la temperatura de 16 sensores y podríamos necesitar 16 acondicionadores de señal, pero en lugar de ello sólo usamos una etapa de acondicionador de señal y lo que hacemos es conmutar electrónicamente esta etapa para medir los 16 sensores a razón de 1 s cada uno aproximadamente, lo cual es totalmente factible. Para realizar esta conmutación se ha utilizado componentes semiconductores en lugar de relés electromecánicos para evitar desgastes en los mismos. El componente clave es el transistor MOSFET el cual presenta una bajísima resistencia en sus terminales de conmutación; condición necesaria cuando se desea conmutar señales del orden de los milivoltios, las que provienen de las termocuplas.

Para realizar dicha conmutación, es necesario unir todos los terminales negativos de las termocuplas y solamente trabajar con los terminales positivos, llamados también “terminales vivos” , tal como lo muestra la figura:

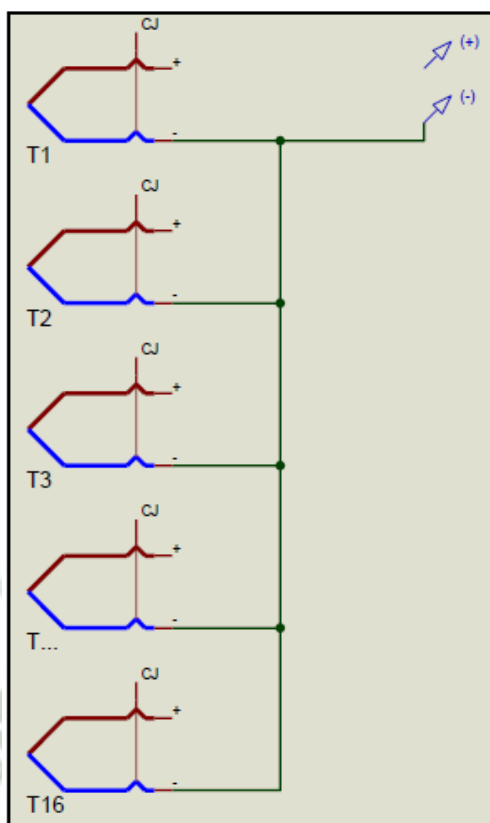


Figura 25 Circuito de termocuplas. Fuente: Elaboración propia

El circuito básico es el que se muestra a continuación:

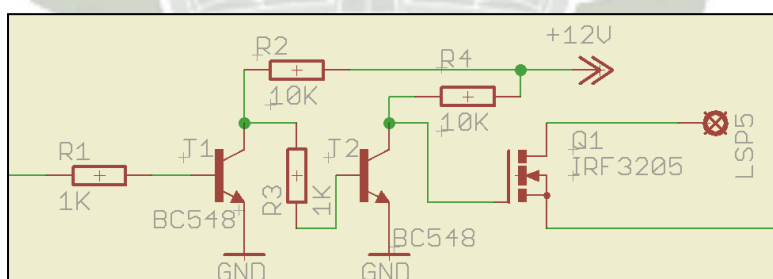


Figura 26 Circuito conmutador. Fuente: Elaboración propia

La señal de la termocupla ingresa por el DRENADOR de Q1 (IRF3205) y sale por el SURTIDOR del mismo. Se ha elegido este componente por su tener una Resistencia $R_{DS(ON)}$ de tan solo

8m Ω . Se sabe que un transistor MOSFET es controlado por el voltaje que se aplica en su terminal GATE, de tal forma que si no se aplica ningún voltaje al mismo (0 voltios), sus terminales DRENADOR y SURTIDOR se encuentran en alta impedancia (circuito abierto) y no circula ninguna corriente por el mismo; más si aplicamos 12 voltios al terminal GATE, sus mismos otros terminales tienen impedancia cero (corto circuito), por lo tanto la señal puede circular del drenador al surtidor, tal como se mencionó anteriormente.

Para realizar este control desde el microcontrolador, ha sido necesario el uso de 2 etapas excitadoras a base de 2 transistores en configuración interruptor. Esta etapa también invierte la señal de entrada, es decir, al ingresar 5v en su base, obtenemos 0v en el colector; y al ingresar 0v en su base, obtenemos 5v en el colector. Por este motivo usamos 2 etapas, para no invertir el modo de trabajo.

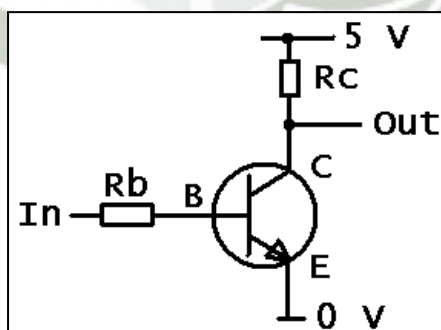


Figura 27 Circuito de excitación. Fuente: Elaboración propia

Colocamos en el colector una resistencia de $10K\Omega$, suficiente para poder excitar el transistor mosfet. Por Ley de Ohm deducimos la corriente de colector:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$I = \frac{5V}{10K\Omega}$$

$$I = 0.5 \text{ mA}$$

Con esta corriente de colector, buscaremos un transistor que soporte 0.5 mA . Buscando en la hoja de datos (datasheet) encontramos muchos transistores que cumplen esta condición. Escogemos uno muy conocido y económico al mismo tiempo: el transistor BC548 el cual puede soportar hasta 100 mA .

Para poder obtener una saturación “dura” del transistor, es necesario que la corriente de base sea al menos 10 veces menor que la corriente de colector, es decir:

$$I_b \cong \frac{I_c}{10}$$

Entonces

$$I_b \cong \frac{0.5mA}{10}$$

$$I_b \cong 0.05mA$$

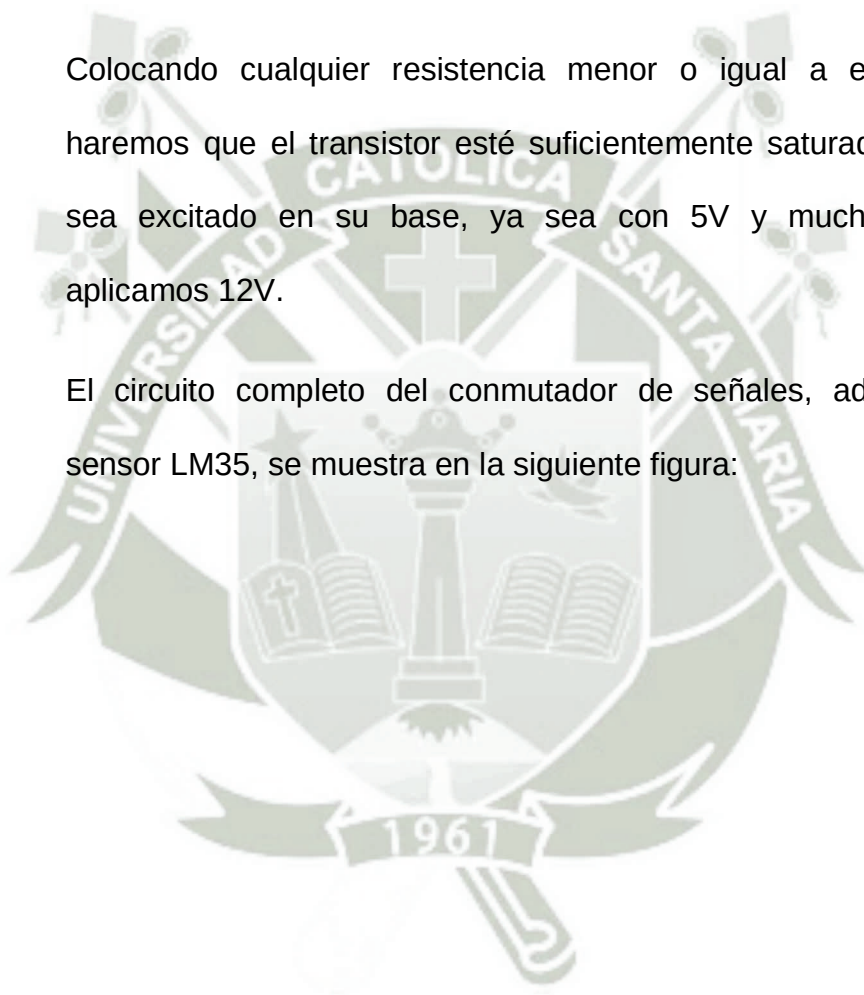
Con esta corriente podemos calcular la resistencia de base, pues conocemos la corriente que circula por la misma y el voltaje que aplicamos:

$$R_b \cong \frac{5 - 0.7}{0.05mA}$$

$$R_b \cong 86.0 K\Omega$$

Colocando cualquier resistencia menor o igual a este valor, haremos que el transistor esté suficientemente saturado cuando sea excitado en su base, ya sea con 5V y mucho más si aplicamos 12V.

El circuito completo del conmutador de señales, además del sensor LM35, se muestra en la siguiente figura:



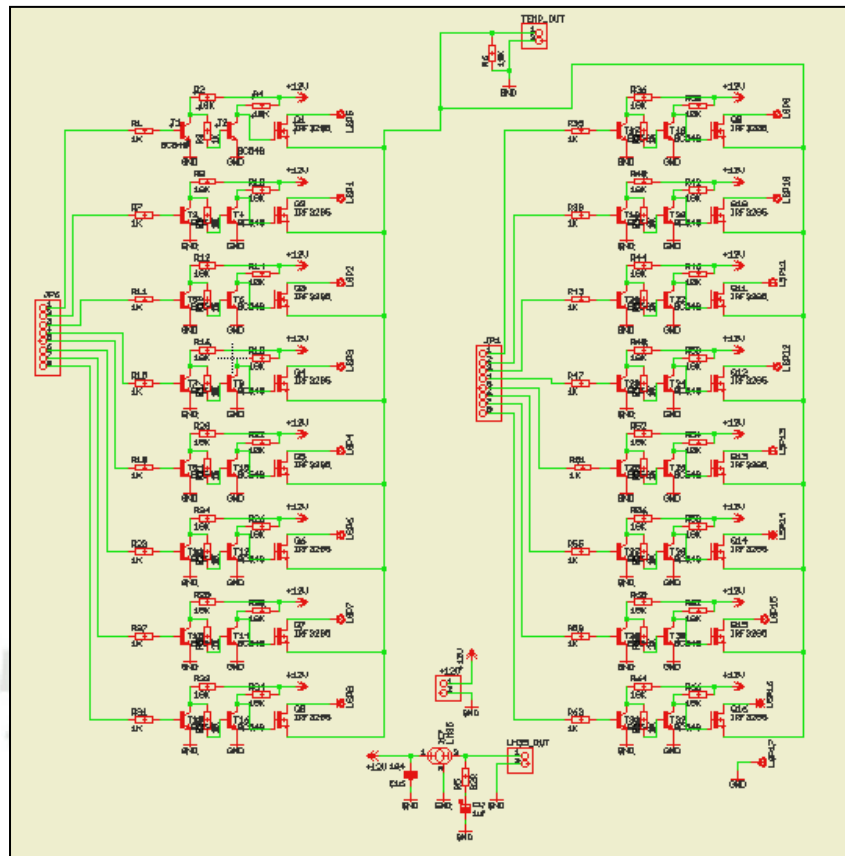


Figura 28 Circuito completo de conmutación. Fuente: Elaboración propia

c) Etapa de acondicionamiento de señal.

Dentro de las funciones del acondicionador de señal tenemos:

Amplificador de señal: Para la amplificación de una señal pequeña el componente idóneo es un amplificador operacional el cual una de sus funciones es servir como amplificador de señales débiles.

El amplificador que usaremos será el amplificador inversor en el cual la señal de entrada pasa por el terminal negativo, usaremos

este amplificador debido a que es muy sencillo, cumple con la función y es muy comercial.

En nuestro proyecto trabajaremos en el rango de temperatura de 0°C a 1020°C mediante la tabla de termocuplas de tipo K tendremos un voltaje de 42.095 mV para la temperatura 1020°C este voltaje queremos amplificarlo hasta 2.5 V.

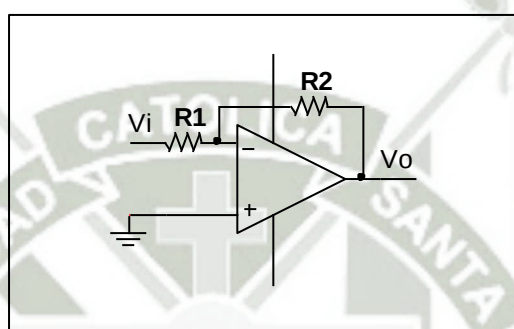


Figura 29 Circuito amplificador de señal. Fuente: Elaboración propia

En nuestro circuito necesitaremos un factor de amplificación de:

$$\Delta v = \frac{V_0}{V_1}$$

$$\Delta v = \frac{2.5 \text{ V}}{42.095 \text{ mV}}$$

$$\Delta v = 59.46$$

En nuestro proyecto usaremos la amplificación en dos etapas por comodidad al usar un amplificador inversor el voltaje positivo (+) de entrada será amplificado a un voltaje negativo (-) amplificado por lo tanto usaremos otro amplificador inversor para obtener la

segunda aplicación con voltaje (+) y así poder obtener una amplificación exacta.

En un amplificador inversor el factor de multiplicación está dado por:

$$\Delta v = \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_0}{V_1}$$

Usaremos resistencias comerciales y valores de alta precisión para nuestra primera etapa de amplificación.

$$\Delta v = \frac{18 \text{ K}\Omega}{1.8 \text{ K}\Omega} = 10$$

Esta será nuestra amplificación en nuestra primera etapa, para la segunda etapa de amplificación usaremos nuestra fórmula para hallar las resistencias a usar, la resistencia de entrada que usaremos será de 18K Ω , después usaremos una resistencia ajustable, por lo tanto tendremos:

$$\Delta v = \frac{V_0}{V_1} = \frac{2.5 \text{ V}}{420.095 \text{ mV}} = 5.9$$

Entonces en reemplazando en nuestra formula:

$$\Delta v = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_2 = \Delta v \times R_1 = 5.9 \times 18 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = 106.2 \text{ K}\Omega$$

En nuestro caso colocaremos dos resistencias en serie una de 102 K Ω y una resistencia de 10 K Ω regulable, la cual la regularemos a 4.2 K Ω que necesitaremos para llegar a 106.2 K Ω

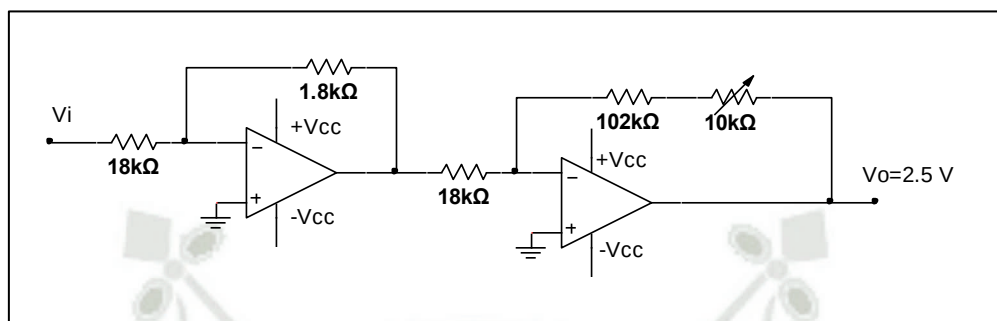


Figura 30 Circuito amplificador inversor. Fuente: Elaboración propia

El amplificador que usaremos será el operacional OP07 el cual es un ultra offset voltage, usaremos este amplificador ya que tiene un voltaje offset muy pequeño con un error de 0.75 μ V este voltaje pequeño no afectará mucho a nuestra lectura por la termocupla

Nuestro amplificador necesitaremos voltaje de 12 V positivo (+) y negativo (-) el cual aprovecharemos del circuito fuente. Para obtener el voltaje negativo usaremos un integrado MAX 232 cuya función principal es convertir niveles lógicos TTL en niveles estándar 232, señales TTL de 5 V a señales 232 de -12V, aprovecharemos esta opción para invertir la polaridad del voltaje de entrada.

Este integrado MAX 232 usará una configuración de componentes mínimos, componentes que recomienda el fabricante, así usaremos una salida de -12 V del integrado.

En nuestra operación las entradas positiva (+) y negativa (-) hemos colocado condensadores de desacople, esto servirá para eliminar cualquier ruido eléctrico que pueda entrar a nuestro circuito, uno de los valores típicos será de 100 nF o 0.1 μF, para nuestro circuito usaremos el de 104 nF.

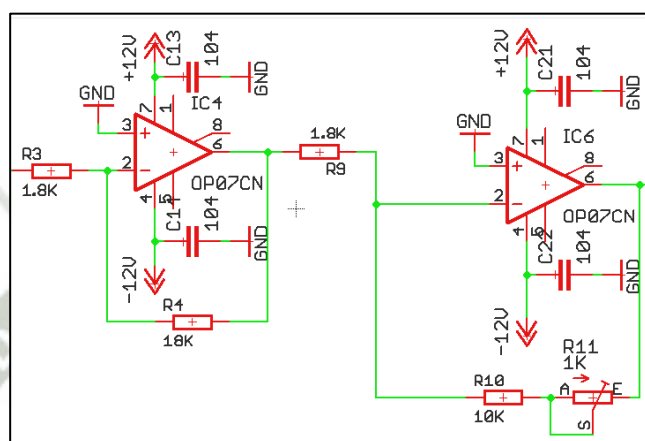


Figura 31 Circuito amplificador con filtros de ruido. Fuente: Elaboración propia

Filtrado de señal: En nuestra tesis trabajaremos en el rango de los mV como por ejemplo:

$$T^{\circ} \text{ de } 100^{\circ}C \rightarrow V = 4.12 \text{ mV}$$

$$T^{\circ} \text{ de } 500^{\circ}C \rightarrow V = 20.60 \text{ mV}$$

$$T^{\circ} \text{ de } 1000^{\circ}C \rightarrow V = 41.2 \text{ mV}$$

Estos son valores bajos por lo tanto debemos evitar que se mezclen con ruido de alguna u otra manera, esto nos afectara a la lectura, por lo tanto usaremos filtros paso bajos, como su nombre

Para nuestro circuito asumiremos el valor del condensador, un valor típico es de $10\ \mu\text{F}$, la frecuencia de ruido a menudo está dada por $1\ \text{KHz}$, hallaremos la resistencia correspondiente para nuestro circuito con la siguiente formula:

$$R = 199.94 \, \Omega$$

125

Compensación por temperatura fría: En nuestro proyecto usaremos una termocupla de tipo k la cual es la unión de dos metales como el níquel (Ni) y el cromo (Cr), en algún punto de nuestro circuito habrá una unión con cobre (Cu) la cual esta hará la función de otro termopar, el cual generará un voltaje, por lo cual tomaremos medidas preventivas para evitar una lectura errónea ya que esta estará influenciada por la unión del cobre (Cu) con el níquel (Ni) y el cobre (Cu) con el cromo (Cr).

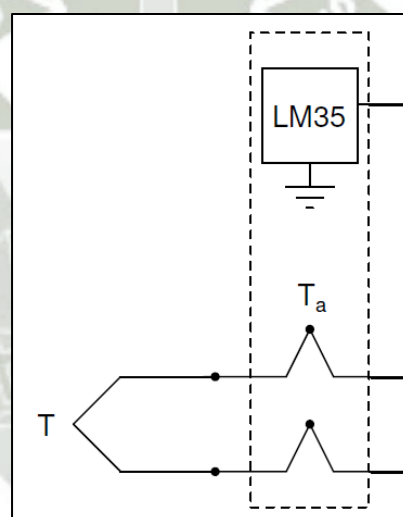


Figura 33 Principio de funcionamiento de termocupla y compensación de temperatura ambiente. Fuente: Elaboración propia

Esta unión normalmente estará a temperatura ambiente la cual generará un voltaje, por lo cual tomaremos medidas preventivas para evitar que este voltaje se suma a la temperatura medida al termocupla, la cual restaremos el voltaje erróneo debido al voltaje de la unión. Por lo tanto necesitamos medir la temperatura que

habrá en las uniones para el cual usaremos un sensor de temperatura de precisión LM35 el cual tiene un factor de escala de $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Este sensor lo colocaremos lo más cerca de las uniones.

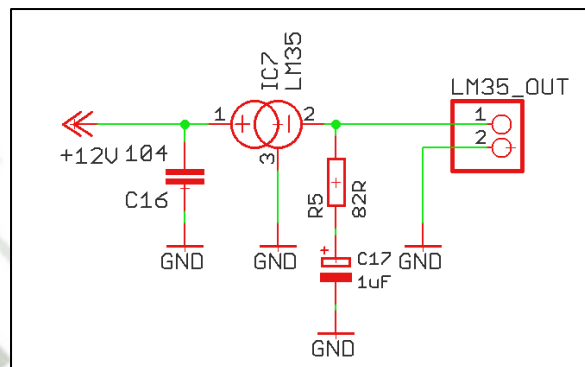


Figura 34 Circuito de compensación de temperatura ambiente. Fuente: Elaboración propia

Con todos estos circuitos ya obtendremos voltaje, el voltaje de la señal dado por la termocupla y el voltaje del sensor LM35 los cuales estarán ya listos para entrar al microcontrolador, antes de entrar al microcontrolador usaremos un desacople resistencia condensador, este desacople es un filtro adicional por seguridad que tiene los valores de $1 \text{ K}\Omega$ y 100 nF

Figura 35 Circuito de filtro de entrada de señales. Fuente: El autor propia

d) Etapa de codificación

Esta etapa la dividiremos en dos sub-etapas:

- Hardware:
 - Necesitaremos un PIC que cumpla con las siguientes exigencias:
 - Una entrada analógica (AN0), entrada de la que se leerá la temperatura de la termocupla.
 - Una entrada analógica (AN1), entrada de la que se leerá la lectura del sensor de temperatura LM35.

d) Etapa de codificación

Esta etapa la dividiremos en dos sub-etapas:

- Hardware:

- Necesitaremos un PIC que cumpla las exigencias:
- Una entrada analógica (AN0), entrada de lectura de la termocupla.
- Una entrada analógica (AN1), entrada para la lectura del sensor de temperatura LM35.
- 16 Salidas digitales, para el control de los relays.
- 2 salidas de comunicación de datos Tx y Rx.
- Necesitaremos una entrada de reset.

- Además agregaremos una entrada para un LED, el cual cuando cumpla su secuencia nos indicara la finalización.

Por lo tanto usaremos un PIC 16F876A el cual cumple con el número mínimo de pines que usaremos.

- SOFTWARE:

Para esta sub etapa necesitaremos especificar las funciones que hará nuestro programa del PIC, ya así será más fácil hacer la programación de nuestro PIC en lenguaje C.

- Repetir 16 veces:
- Activar salida “n”, activar una salida para una de nuestras termocupas.
- Leer temperatura de la termocupla 10 veces en un segundo y promediar.
- Leer temperatura del LM35, 10 veces en un segundo y promediar.
- Sumar los valores de la temperatura de la termocupla y el sensor LM35.
- Dividir entre 4.

- Guardar valor.
- Desactivar salida “n”.
- Enviar por puerto serial cada una de las lecturas
- Encender led de confirmación.

En estas líneas mostramos las funciones básicas que realizara el PIC. Mostraremos a continuación el programa que usaremos y detallaremos:

- En la primera etapa de las directivas:

#include <16F876A.h> (Determinamos el PIC a trabajar)

#device adc=10 (Resolución de entradas analógicas)

#FUSES NOWDT, XT, PUT, NOPROTECT, NODEBUG, NOBROWNOUT, NOLVP, NOCPD, NOWRT (Configuration de los fusibles del PIC)

#use delay(clock=4000000) (Cristal de 4Mhz)

#use

rs232(baud=9600,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8) (Configuración)

#use fast_io(c) (configuración de la comunicación)

- Segunda etapa de declaración de variables:

```
int16 temp1,temp2;

int16 prome[11],temperatura;

int temp[16];

int temp_8bits;

int i,n,salidac,salidab;

int c8=200,c9=201,dc=220;
```

- Tercera etapa función para lectura de puertos analógicos:

```
void leer_adcs(void)
{
    set_adc_channel (0); (Activación del canal 0)
    delay_us (20);
    temp1 = read_adc(); (Leer temperature del
canal)
    delay_ms (20) ;

    set_adc_channel (1);
    delay_us (20);

    temp2 = read_adc (); (Leer temperature del
LM35)

    temp2 = (temp2/4); (Igualamos la resolución a
la de la termocupla)
```

```
temp2 = temp2-3; (Ajuste practico de 3°C )
```

```
delay_ms (20) ;
```

```
}
```

- Cuarta etapa función principal:

```
void main(void)
```

```
{
```

```
setup_adc_ports (AN0_AN1_VSS_VREF) ;
```

(Configuración de puertos analógico)

```
setup_adc (ADC_CLOCK_DIV_2) ;
```

(Configuración de la velocidad de lectura)

```
set_tris_c (0b10000000); (Rc solo hay una  
entrada)
```

```
output_c (0) ; (Escribir en el Puerto C el valor  
de 0)
```

```
output_b (0) ; (Escribir en el Puerto B el valor  
de 0)
```

```
output_low(PIN_A2); (Escribir en el Pin A2 el  
valor de 0)
```

```
output_low(PIN_A5); (Escribir en el Pin A5 el  
valor de 0)
```

```
output_high(PIN_A4);
```

Printf ("Iniciando lecturas...\r"); (Enviar el dato
iniciando lecturas)

output_low(PIN_A4); (Parpadeo que indique la
iniciación de las lecturas)

delay_ms(250);

output_high(PIN_A4);

while (true) (Bucle infinito)

```
{
    output_b(0);
    salidac = 1;
```

for (n = 0; n <= 7; ++n) (Repetir 8 veces la
función)

```
{
    if ((salidac == 64) || (salidac == 128))
    {
        output_c (0);
        if (salidac == 64)
```

```
{output_high(PIN_A2);output_low(PIN_A5);}
```

```
else if (salidac == 128)
```

```
{output_high(PIN_A5);output_low(PIN_A2);}
```

```
}
```

else

output_c (salidac) ;

delay_ms(200);

for (i = 1; i <= 10; ++i)

{

leer_adcs () ;

prome[i] = temp1 + temp2;

}

temperatura = prome[1] + prome[2] +
prome[3] + prome[4] + prome[5] +
prome[6] + prome[7] + prome[8] + prome[9]
+ prome[10];

temperatura = temperatura / 10;

temp_8bits = temperatura/4;

temp[n]=temp_8bits;

delay_ms (200) ;

rotate_left(&salidac, 1);

}

salidab=1;

output_low(PIN_A5);

for (n = 8; n <= 15; ++n)

{

```

output_b (salidab) ;

delay_ms(200);

for (i = 1; i <= 10; ++i)
{
    leer_adcs () ;

    prome[i] = temp1 + temp2;
}

    temperatura = prome[1] + prome[2] +
    prome[3] + prome[4] + prome[5] +
    prome[6] + prome[7] + prome[8] + prome[9]
    + prome[10];

    temperatura = temperatura / 10;
    temp_8bits = temperatura/4;
    temp[n]=temp_8bits;
    delay_ms (200) ;
    rotate_left( &salidab, 1);
}
putc(c8);
putc(c9);

for (n = 0; n <= 15; ++n)

    putc(temp[n]);

putc(dc);

output_low(PIN_A4);
    
```

```
delay_ms(250);  
  
output_high(PIN_A4);  
  
delay_ms(1000);  
  
}  
  
}
```

Este es el programa principal que usaremos solo para la lectura y el envío de los datos obtenidos por las termocuplas. En la siguiente etapa de comunicación mediante el módulo GPRS usaremos unas líneas adicionales que agregaremos a nuestro programa el cual darán funciones específicas a nuestro módulo GPRS.

3.2.3 Comunicación GPRS

Para esta etapa usaremos un módulo de comunicación GPRS SIM 900 el cual usa sus propios comandos de comunicación, comandos que se insertaron en el programa del PIC el cual se muestra a continuación:

```
void init_GPRS(void) // inicializa la coneccion de GPRS con operador  
claro a servidor designado  
{  
  
    delay_ms(15000);  
  
    restart_wdt();  
  
    printf("AT\r");
```

```

delay_ms(1000);

printf("AT\r");

delay_ms(1000);

printf("AT\r");

delay_ms(1000);

printf("ATE0\r");

delay_ms(1000);

printf(" AT+IPR=9600\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CGATT?\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CGCLASS?\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CSTT=\"claro.pe\", \"claro\", \"claro\"\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CIICR\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CIFSR\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CIPHEAD=1\r");

delay_ms(1000);

printf("AT+CIPSTART=\"TCP\", \"servercsunsa.sytes.net\", \"10008\"\r");

delay_ms(1000);

```

```
for ( i=0 ;i < 7; i++)  
{   printf("at+cipstatus\r");  
    delay_ms(1000);  
}
```

En este programa se siguieron los pasos que recomienda el fabricante del módulo; esta es el enlace que se hace con la red de Claro o Movistar y el servidor donde se almacenaran nuestros datos obtenidos.

3.3 Programación

En esta sección se detalla la arquitectura del sistema de reporte y visualización de datos para el monitoreo de inyectores por termocuplas.

Así, se detalla la tecnología y arquitectura computacional usada para construir el sistema de captura y visualización de temperaturas de las termocuplas.

3.3.1 Arquitectura principal del sistema de termocuplas

A continuación mostramos un gráfico que resume el sistema de transferencia de datos; en este caso, termocuplas, en el que podemos observar que los datos de temperatura son adquiridos del camión y transmitidos vía GPRS al servidor, el cual recibe los datos y los guarda en una base de datos especializada, todos estos paso explicados en los puntos siguientes.

También se observa que el cliente puede consultar los datos a través de un terminal de forma gráfica e intuitiva para revisar el estado de temperaturas registradas y que es el objetivo de la interfaz.



Figura 36 Sistema de trasferencia de datos, desde la adquisición hasta su visualización

- Como primera etapa, se cuenta con un módulo electrónico que captura las temperaturas y las comunica con el módulo GPRS para enviar los datos al servidor. Esta etapa ya ha sido descrita en la sección de Desarrollo Electrónico.
- Luego, en el servidor se cuenta con una aplicación que escucha el puerto 10008 TCP, el cual recibe y guarda los datos en una base de datos MySQL.
- Por último, en la sección de visualización se cuenta con una página web la cual muestra las gráficas de las temperaturas por fecha y hora. Estas gráficas son pre-procesadas por un

módulo de promedios el cual brinda la información a visualizar de acuerdo las configuraciones elegidas por quien las revisa.

3.3.2 Aplicación de recepción de datos de la unidad móvil

La aplicación tiene el nombre de socket y está escrita en lenguaje java esta aplicación se compone de dos módulos básicos.

- EchoServer.java
- MySQLAccess.java

Como podemos observar en la clase EchoServer, ésta comunica toda la información recibida a MySQLAccess la cual almacena la información en la base de datos.

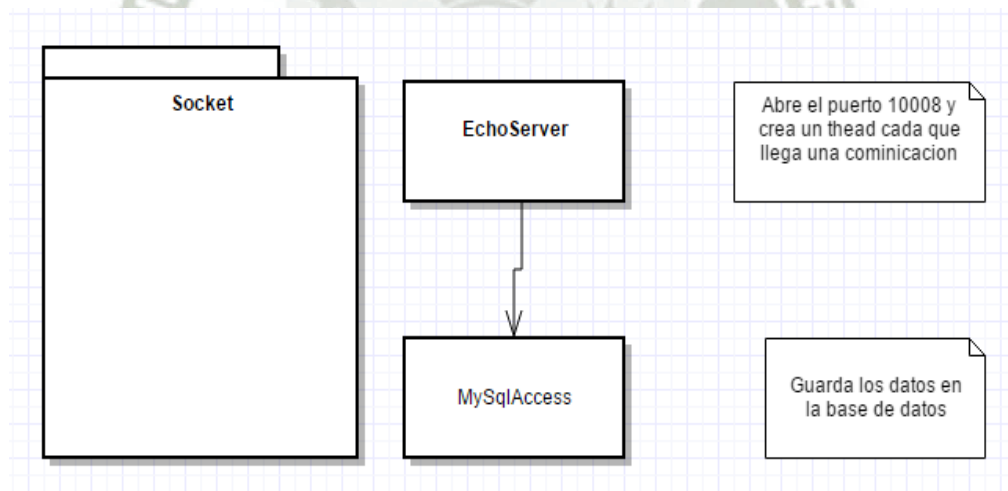


Figura 37 Recepción y almacenamiento de datos

a) Descripción de la clase EchoServer.java

La clase EchoServer2 utiliza la clase ServerSocket para crear un servicio, en este caso la función de eco, y de este modo

permanecer a la escucha de un determinado puerto por donde recibir las peticiones de servicio por parte de los clientes¹⁷.

Otra función de esta clase es crear un bucle infinito y abrir el puerto 10008 TCP para para consultar si llego algún dato a través de le método `serverSocket.accept()`;

Como veremos en el siguiente código:

```
ServerSocket serverSocket = null;

try {
    //DECLARACION PARA LA BASE
    Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
    connect = DriverManager

.getConnection("jdbc:mysql://192.168.1.247/Monitor?" +
"user=root&password=blf278");

    serverSocket = new ServerSocket(10008);
    System.out.println ("Connection Socket
Created");
    try {
        while (serverContinue)
        {
            serverSocket.setSoTimeout(10000);
            System.out.println ("Waiting for
Connection");
            try {
```

¹⁷ Oller (2014). *Programación Concurrente*

```

                                new                    EchoServer2c
(serverSocket.accept());
                                }
                                catch (SocketTimeoutException ste)
                                {
                                    System.out.println        ("Timeout
Occurred");
                                }
                                }
                                }
                                catch (IOException e)
                                {
                                    System.err.println("Accept failed.");
                                    System.exit(1);
                                }
                                }

```

En caso que llegue algún dato entonces se lanzara la siguiente implementación del método run:

```

public void run()
{
    System.out.println    ("New      Communication      Thread
Started");

    try {

        PrintWriter        out        =        new
        PrintWriter(clientSocket.getOutputStream(),
                                true);

        BufferedReader in = new BufferedReader(new
        InputStreamReader( clientSocket.getInputStream()));

        String inputLine;

```

```

while ((inputLine = in.readLine()) != null)
{
    //Aqui todo el codigo
    try
    {
        //Grabando en la base de datos
        MySQL
        dao.readDataBase(connect,inputLine);

        } catch (Exception e) {
            // TODO Auto-generated catch
            e.printStackTrace();
        }
    }
    out.close();
    in.close();
    clientSocket.close();
}
catch (IOException e)
{
    System.err.println("Problem with Communication
Server");
    System.exit(1);
}
}
}

```

Una vez leído los 16 datos llamamos al método `readDataBase` que recibe dos parámetros los cuales son la conexión y un array de byte a través de la línea `dao.readDataBase(connect,bytes);`

La comunicación se realiza de la siguiente forma: se envían tramas de 18 bytes distribuidos de la siguiente forma:

- 2 bytes son utilizados en la apertura de la comunicación y el cierre de la misma.
- 16 bytes son utilizados para el envío de los datos que representan las temperaturas.

Cada byte representa a un valor ASCII entre 0 y 255 por lo tanto aquí tenemos limitaciones de enviar 256 datos distintos. Para ello generamos una multiplicación por 4 a cada valor lo que aplica el rango de temperaturas de 0 a 1020, en este caso, grados Celsius.

Asimismo, en la sección de programación del PIC, se hizo la división del dato de la temperatura entre 4 y con esta multiplicación se recupera el dato inicial.

La razón general del porqué se hacen estas operaciones con las temperaturas es el ahorro de datos a transferir, ya que si se quisiera enviar más de 256 tipos de los mismos se necesitarían no uno sino más bytes por dato. Por otro lado y debido a que el rango en que trabajan nuestras termocuplas está en el orden de

los 600° C y necesitamos detectar variaciones del orden del 5% que son 30° C, la precisión de 4° C es aceptable.

b) Descripción de la clase MySQLAccess.java

La clase MySQLAccess.java tiene un método principal el cual es readDataBase y recibe dos parámetros uno de la conexión y otro los bytes como se ve en el siguiente código:

```
public void readDataBase(Connection conexion,String
data) throws Exception {
    connect = conexion;
    for(int i = 0; i < data.length(); i++)
    {
        char character = data.charAt(i); // This gives
the character 'a'
        int tempe = (int) character; // ascii is now
97.

        if(tempe < 0)
            tempe = 256 + tempe;
        tempe = tempe*4;

        preparedStatement = connect

            .prepareStatement("insert into
Temperatura (valor,Sensor_idSensor,fecha) values(?,?,
NOW())");

            // "myuser, webpage, datum, summary,
COMMENTS from FEEDBACK.COMMENTS");

            // parameters start with 1

        preparedStatement.setInt(1, tempe);
        preparedStatement.setInt(2,i+1);
```

```
        preparedStatement.executeUpdate();  
        System.out.println(tempe);  
    }  
  
    System.out.println("Correctamente ejecutado");  
}  
}
```

Primero recorreremos todo el array de bytes y luego insertamos en la base de datos. Podemos notar que la conexión a la base de datos solo se crea una vez en la clase ServerSocket y se pasa una instancia de ella en la clase MySQLAccess.

En el presente trabajo se optimizo la transmisión de datos, dado que los costos de internet móvil son altos para ello se utilizó un array de 18 bytes dentro de una capa TCP por cada transmisión, lo cual reduce dramáticamente el tráfico de datos a enviar.

Otra característica importante es que cada vez que se recibe un dato la aplicación crea una nueva thread la cual independientemente realiza la inserción a la base de datos.

Esto es importante dado que la aplicación puede recibir información de muchos clientes tantos como soporte nuestro servidor que es 29070 hilos.

Podemos observar la ejecución de la aplicación en la siguiente imagen:

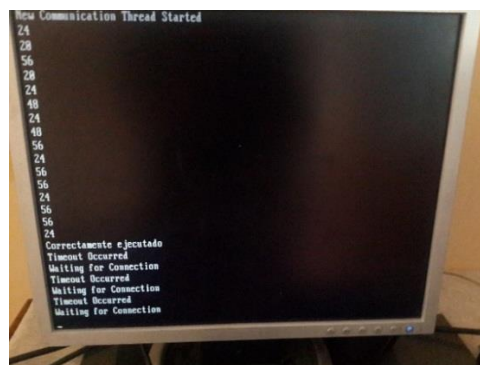


Figura 38 Los datos (temperaturas) se imprimen una vez recibidos (captura desde el servidor)

En la ejecución del programa se muestra el mensaje **New Communication Thread Started** el cual indica la llegada de los datos y los datos que llegan.

Cuando no hay ningún dato enviado se imprime el mensaje **Timeout Occurred**.

3.3.3 Base de datos

En esta sección presentamos el modelo UML de la base de datos en el cual podemos observar dos tablas Sensor y Temperatura:

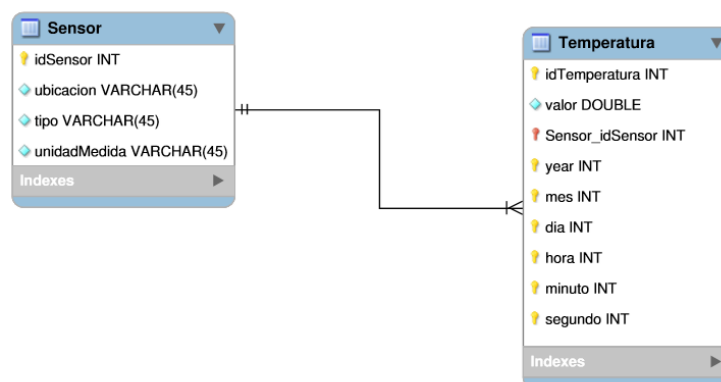


Figura 39 Configuración de los datos almacenados

Notamos que la entidad Temperatura cuenta con 4 atributos principales.

El atributo idTemperatura es de tipo int (entero) y autoincrementable.

El atributo valor es de tipo double (real).

El atributo Sensor_idSensor es de tipo int (entero) y llave foranea.

El atributo fecha es de tipo datetime.

El servidor que contiene estas tablas es el MySql 6.0

3.3.4 Módulo de visualización

La presente sección describimos la interfaz de usuario para el presente proyecto el cual consta de dos partes principales:

- Página de visualización.
- Página de Configuración.

A continuación mostramos un diagrama que ilustra gráficamente la interfaz gráfica.

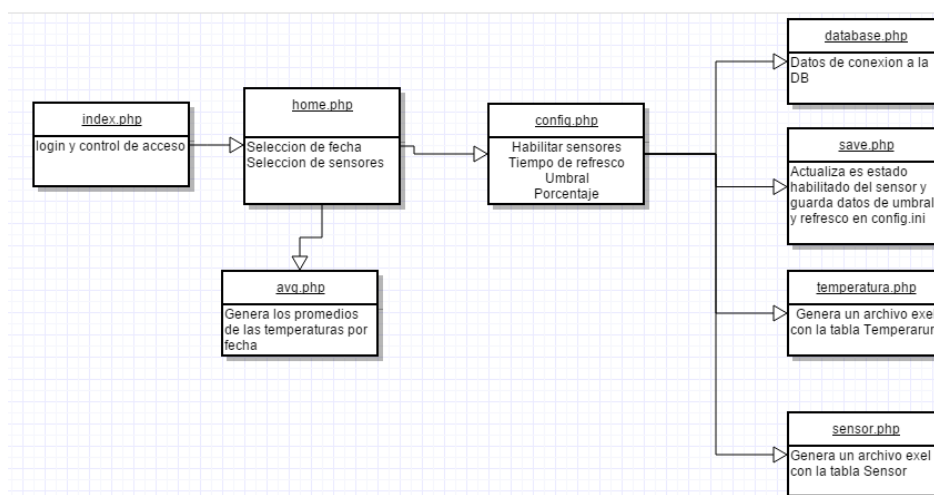


Figura 40 Flujo de aplicaciones que intervienen en la interfaz gráfica

La secuencia de navegación inicia con la página `index.php` en la cual debemos identificarnos luego ingresamos a `home.php` la cual contiene la gráfica de datos, luego podemos ingresar a `config.php` donde podemos habilitar sensores, guardar la configuración y exportar algunos datos. A continuación detallamos cada uno de los archivos.

c) Detalle del archivo `index.php`

Esta página se encarga del control de acceso al sistema de sensores tal cual como apreciamos.



Figura 41 Ventana de inicio e ingreso al sistema

a) Detalle del archivo home.php

En la presente pagina el usuario puede seleccionar la fecha en que desea visualizar la data por defecto la fecha aparece en la fecha actual, también puede seleccionar en que intervalo de tiempo puede desea visualizar la data, se debe mencionar que si se utiliza intervalos muy pequeños la data podría ser muy grande, dado que se promedia datos hasta con 5 segundos de intervalo.

La página se refresca automáticamente cada 60 segundos.



Opciones de visualización

Fecha:
2016-02-11

Intervalo:
60
minutos

Aplicar

Seleccione los sensores que desee visualizar:

Sensor 1 ☒ Sensor 2 ☒ Sensor 3 ☒ Sensor 4 ☒

Sensor 5 ☒ Sensor 6 ☒ Sensor 7 ☒ Sensor 8 ☒

Sensor 9 ☒ Sensor 10 ☒ Sensor 11 ☒ Sensor 12 ☒

Sensor 13 ☒ Sensor 14 ☒ Sensor 15 ☒ Sensor 16 ☒

Seleccionar todos

Deseleccionar todos

Reiniciar

Figura 42 Sección de elección de opciones de visualización

En la siguiente hoja de la página podemos notar la gráfica de los sensores:

La cual como primera grafica contiene los 16 sensores en una sola vista, este grafico tiene el eje x a grados centígrados y en el

eje y contiene las horas que corresponden al día que indica el calendario.

En cada punto de la gráfica si sobre ponemos el ratón nos mostrara la temperatura a esa hora, en caso de que tenga un intervalo mayor a un minuto entonces mostrar el promedio de la temperatura a esa hora.

También en la gráfica podemos realizar un ampliación de la información solo arrastrando el ratón dentro de la gráfica el área que deseamos visualizar.

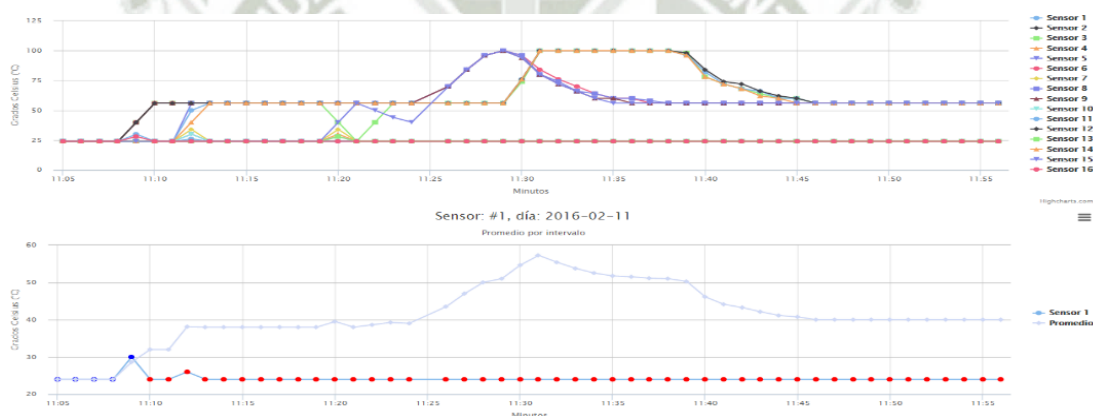


Figura 43 Visualización de temperaturas en el tiempo, tanto grupal como individual

Algunos códigos de gráficos son los siguientes:

Por ejemplo el código que indica cuando se lanzara la alerta:

```
if (data[j][1] > (avg[j] + umbral + (porcentaje * avg[j]) / 100.0)
|| data[j][1] < (avg[j] - umbral - (porcentaje * avg[j]) / 100.0))
{
    marker["fillColor"] = 'red';
}
```

```
    }  
    else  
    {  
        marker["fillColor"] = 'blue';  
    }  
}
```

Otro código escrito en JavaScript. Se encarga enviar data de promedio a todos los sensores a travez de un control flujo for como vemos en la siguiente línea de código:

```
for(i = 1; i < nsensores+1; i++)  
{  
    var data = sensors_data[sensores_habilitados[i-  
1]-1];  
    var dataData = [];  
    for(j = 0; j < data.length; j++)  
    {  
        var mp = {};  
        mp['x'] = data[j][0];  
        mp['y'] = data[j][1];  
        dataData.push(mp);  
    }  
}
```

b) Detalle del archivo config.php

En la configuración del archivo manejamos 5 variables principalmente.

- Umbral (valor real que indica la magnitud sobre la media en la que deberá lanzar una alarma)
- Porcentaje. (Valor real que indica el porcentaje de diferencia de la media a la cual se lanzara la alarma)
- Sensores habilitados (número de sensores habilitados sirve para el cálculo del promedio).
- Refresco (tiempo de refresco de la graficas de forma automática).

Configuración

Seleccione los sensores que desee habilitar:

Sensor 1 ☒ Sensor 2 ☒ Sensor 3 ☒ Sensor 4 ☒ Sensor 5 ☒ Sensor 6 ☒
 Sensor 7 ☒ Sensor 8 ☒ Sensor 9 ☒ Sensor 10 ☒ Sensor 11 ☒ Sensor 12 ☒
 Sensor 13 ☒ Sensor 14 ☒ Sensor 15 ☒ Sensor 16 ☒

Tiempo de refresco:

Segundos:

Umbral:

Porcentaje:

Valor:

Valor:

Descargar Tabla Sensores

Descargar Tabla Temperaturas

Descargar archivo exel

Descargar archivo exel

Guardar

Ir al inicio

Figura 44 Ventana de configuración de visualización y de descarga de datos

El botón guardar permite guardar la configuración en un archivo config.ini que es leído siempre que un usuario ingresa al sistema, para configurar la aplicación.

Otros botones son descargar archivos Excel que contienen métodos para descargar todo el contenido de la base de datos por tablas en formato Excel que podría ser leído en cualquier terminal. Para ello tenemos 2 botones un para descarga de la tabla sensores y otro para la tabla temperaturas. Actualmente la base de datos pesa 8.35Mbits.

c) Detalle del archivo avg.php

Se trata del principal archivo que genera la data que será visualizada en la interfaz gráfica.

El código es el siguiente:

```
<?php
    require("database.php");
    $arr = parse_ini_file($config);

    $fecha=isset($_GET['fecha']) ? $_GET['fecha'] : '2014-01-01';

    $intervalo=isset($_GET['intervalo']) ?
    $_GET['intervalo'] : 60;

    $nvalues=24*(60/$intervalo);

    try
    {
```

```

        $statement = $conn->prepare("select * from
Sensor");

        $statement->execute();

        $nsens = $statement->rowCount();

        $habilitados = array();

        $numHabilitados=0;
        while($row = $statement->fetch())
        {
            if($row[4]=='1')
            {
                $habilitados[] = true;
                $numHabilitados++;
            }
            else
            {
                $habilitados[] = false;
            }
        }

        $rowsavg=array_fill(0,$nvalues,null);

        $data = array();

        for($i = 0; $i<$nsens; $i++)
        {
            if($habilitados[$i]==true)
            {
                $idSensor=$i+1;

```

```

        if($intervalo==60)
        {
                                $statement          =          $conn-
>prepare("select
floor(UNIX_TIMESTAMP(CONVERT_TZ(DATE_ADD(:fecha,INTERVAL
hour(fecha)      hour),'+5:00','GMT'))*1000)      as      UTC,
avg(valor)      as      Valor      from      Temperatura      where
Sensor_idSensor=:idSensor and fecha >= :fecha and fecha
<      :fecha      +      INTERVAL      1      DAY      group      by
hour(fecha),Sensor_idSensor");

                                $statement-
>execute(array(':idSensor' => $idSensor,':fecha' =>
$fecha));

        }
        else
        {
                                $statement          =          $conn-
>prepare("select
floor(UNIX_TIMESTAMP(CONVERT_TZ(DATE_ADD(:fecha,INTERVAL
:intervalo*((60/:intervalo)*HOUR(fecha)+FLOOR(MINUTE(fec
ha)/:intervalo)) MINUTE),'+5:00','GMT'))*1000)      as
axtitle,avg(valor)      as      Valor      from      Temperatura      where
Sensor_idSensor=:idSensor and fecha >= :fecha and fecha
< :fecha + INTERVAL 1 DAY group by axtitle");

                                $statement-
>execute(array(':idSensor' => $idSensor,':fecha' =>
$fecha,':intervalo' => $intervalo));

        }

        $rows = array();

        while($row = $statement->fetch())
        {

                                $rows[]
                                =
array($row[0],floatval($row[1]));

        }

```

```
$data[$i]=$rows;

for($j = 0; $j<$statement->rowCount();
$j++)

{
    $rowsavg[$j]+=$rows[$j][1];
}

}

for($j = 0; $j<$nvalues; $j++)
{
    $rowsavg[$j]/=$numHabilitados;
}

$response = array('avg'=>$rowsavg,'data'=>$data);
print json_encode($response);
}
catch(PDOException $Exception)
{
    echo $Exception->getMessage();
}
?>
```

Como vemos en las consultas SQL se realizan todos los cálculos del promedio utilizando la función avg de MYSQL. Esto genera carga en el servidor MySQL y no en los terminales de los usuarios

por lo tanto se puede utilizar teléfonos Smartphone o tabletas para monitorear el estado de las termocuplas.

También podemos notar que todos los promedios se realizan en base al número de sensores habilitados. En el intervalo del día seleccionado.

Otras características es el módulo de visualización el cual utilizamos la librería de highcharts for php la cual nos proporciona la interfaz de navegación totalmente intuitiva¹⁸.

3.4 Análisis de costos

Se considera la inversión propia para el desarrollo de presente proyecto y lo dividimos en dos clases: Materiales y Costos de Ingeniería.

3.4.1 Materiales de elaboración

En el desarrollo del proyecto se tuvieron que desarrollar varios diseños e implementaciones para escoger el más óptimo. En las siguientes tablas se muestran los materiales:

Ítem	Dispositivo	Cantidad	Precio Unit. (soles)	Precio Total (soles)
1	Condensador 0.1 uF	1	0.10	0.10
2	Condensador 1uF	1	0.30	0.30
3	Sensor de Temperatura LM35	1	5.00	5.00
4	Terminales de Soldadura	17	0.10	1.70
5	Transistor Mosfet IRF3205	16	2.50	40.00
6	Resistencia ¼ watt de 1KΩ	32	0.20	6.40
7	Resistencia ¼ watt de 10KΩ	32	0.20	6.40

¹⁸ Vik (2016). *Highcharts*

8	Transistor BC548	32	0.50	16.00
9	Tarjeta electrónica en Fibra de Vidrio	1	30.00	30.00
10	Cables de conexión	25	0.50	12.50
11	Condensador 10 uF	8	0.50	4.00
12	Condensador 0.1 uF	12	0.50	6.00
13	Condensador 470 uF	1	2.00	2.00
14	Condensador 22pF	2	0.10	0.20
15	Diodo 1n4004	1	0.20	0.20
16	Diodo 1n4148	2	0.20	0.40
17	Diodo LED 5mm	1	0.20	0.20
18	C.I. MAX232	1	10.00	10.00
19	Regulador de Voltaje 7805 y 7812	2	1.50	3.00
20	Amplificador Operacional OP07	3	5.00	15.00
21	Microcontrolador PIC 16F873A	1	20.00	20.00
22	Regulador de Voltaje LM336	1	5.00	5.00
23	Terminales de conexión	10	0.10	1.00
24	Cristal de Cuarzo 4Mhz	1	2.50	2.50
25	Resistencias de ¼ de watt	15	0.10	1.50
26	Tarjeta electrónica en Fibra de Vidrio	1	25.00	25.00
27	Tarjeta de comunicación GPRS	1	250.00	250.00
28	Termocuplas	8	264.00	2112.00
29	Cable adaptador para termocuplas	1	1320.00	1320.00
30	Tarjeta SIM Movistar	1	8.00	8.00
31	Saldo para datos móviles	1	100.00	100.00
32	Alquiler de servidor	1	500.00	500.00
Total				4504.40

Cuadro 15 Costos de materiales de elaboración. Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Costos de Ingeniería

Estos están relacionados al aporte profesional y de diseño requeridos para que el proyecto pueda tener la funcionalidad necesaria:

Ítem	Descripción	Costo (soles)
1	Diseño e ingeniería de módulo: dos personas durante 30 días	3000.00

2	Diseño de software: dos personas durante 30 días	3000.00
3	Ensamblaje y pruebas: 15 días	1500.00
4	Seguimiento y monitoreo durante 4 meses	3000.00
Total		10500.00

Cuadro 16 Costos de ingeniería. Fuente: Elaboración propia

Entonces, para el desarrollo del proyecto se ha tenido una inversión de poco más de 15000 soles.





CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la toma de datos en campo, se siguió el siguiente cronograma entre los meses de setiembre y diciembre del año 2014, alternando entre 5 camiones (del universo de 30) escogidos aleatoriamente para esta prueba, los camiones escogidos fueron: 01, 04, 12, 13 y 22 (por el número interno asignado por la Mina).

Setiembre de 2014						
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
1	2	3	4	5	6	7
-	-	-	-	-	-	-
8	9	10	11	12	13	14
-	-	-	-	-	-	-
15	16	17	18	19	20	21
C01	C04	C12	C13	C22	-	-
22	23	24	25	26	27	28
C01	C04	C22	C12	C13	-	-
29	30					
C01	C04					

Octubre de 2014						
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
		1	2	3	4	5
		C12	C13	C22	-	-
6	7	8	9	10	11	12
C04	C01	C12	C13	C22	-	-
13	14	15	16	17	18	19
C01	C04	C22	C12	C13	-	-

20	21	22	23	24	25	26
C01	C12	C04	C13	C22	-	-
27	28	29	30	31		
C01	C04	C12	C22	C13		

Noviembre de 2014						
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
					1	2
					-	-
3	4	5	6	7	8	9
C01	C04	C12	C13	C22	-	-
10	11	12	13	14	15	16
C01	C04	C22	C12	C13	-	-
17	18	19	20	21	22	23
C04	C01	C12	C13	C22	-	-
24	25	26	27	28	29	30
C01	C04	C12	C13	C22	-	-

Diciembre de 2014						
Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
1	2	3	4	5	6	7
C01	C04	C12	C22	C13	-	-
8	9	10	11	12	13	14
C01	C04	C13	C12	C22	-	-
15	16	17	18	19	20	21
C01	C22	C04	C12	C13	-	-
22	23	24	25	26	27	28
-	-	-	-	-	-	-
29	30	31	1	2	3	4
-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 17 Calendario de toma de datos de los meses setiembre a diciembre del 2014. Fuente: Elaboración propia

En el presente capítulo analizaremos los resultados obtenidos, los cuales comprenden:

- Análisis de datos y gráficas obtenidas de la toma de temperaturas de escape de cada cilindro de combustión.
- Análisis de reducción de costos debido a la falla recurrente de inyectores, todos esto en base a la comparación con otros métodos distintos al propuesto.
- Análisis de variación de indicadores proyectado empleando este método predictivo.

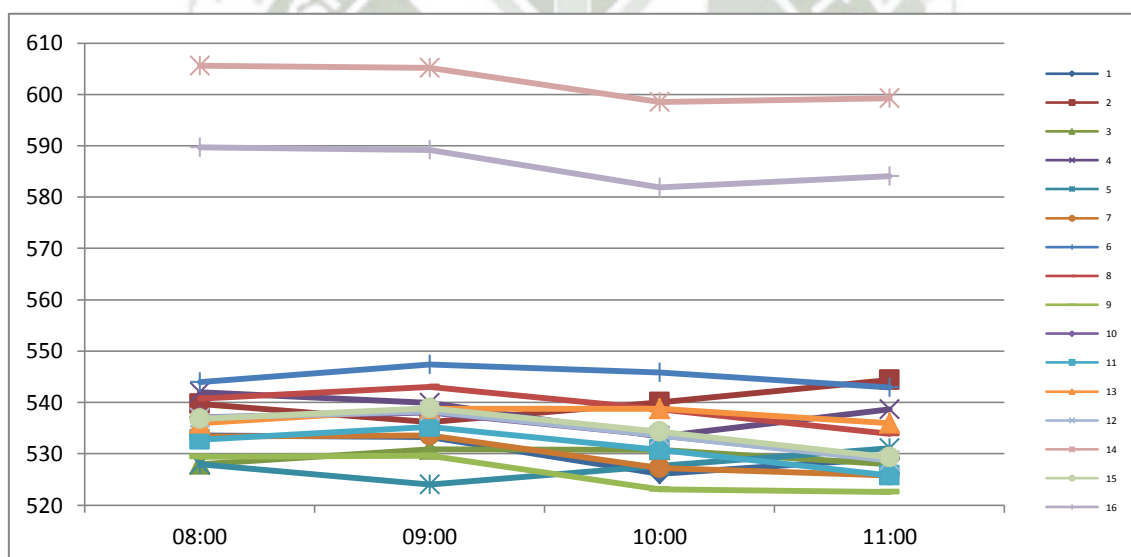
4.1 Análisis de datos y gráficas

Las tablas a continuación son de los datos de las temperaturas obtenidas por medio del módulo de adquisición y envío de datos, y descargadas desde el interfaz gráfico, las cuales las pasamos a Excel para su evaluación por cada inyector y cada camión. Para el análisis, se toma un solo camión (C12), el cual dentro del periodo presento fallas en distintos inyectores y en distintas fechas.

Los datos fueron tomados a cada minuto y para efectos de análisis y una mejor visualización de la información obtenida, se evaluó un promedio por hora para. De todas maneras las tablas completas se encuentran en la sección Anexos.

Como podemos observar en el cuadro y a la vez en la imagen a continuación correspondientes a la fecha 17/09/2014, tenemos temperaturas elevadas en los inyectores 14 y 16, alcanzando el inyector 14 una temperatura de 606 °C, y el 16 los 582°C. Las cuales son mayores al promedio de 542°C.

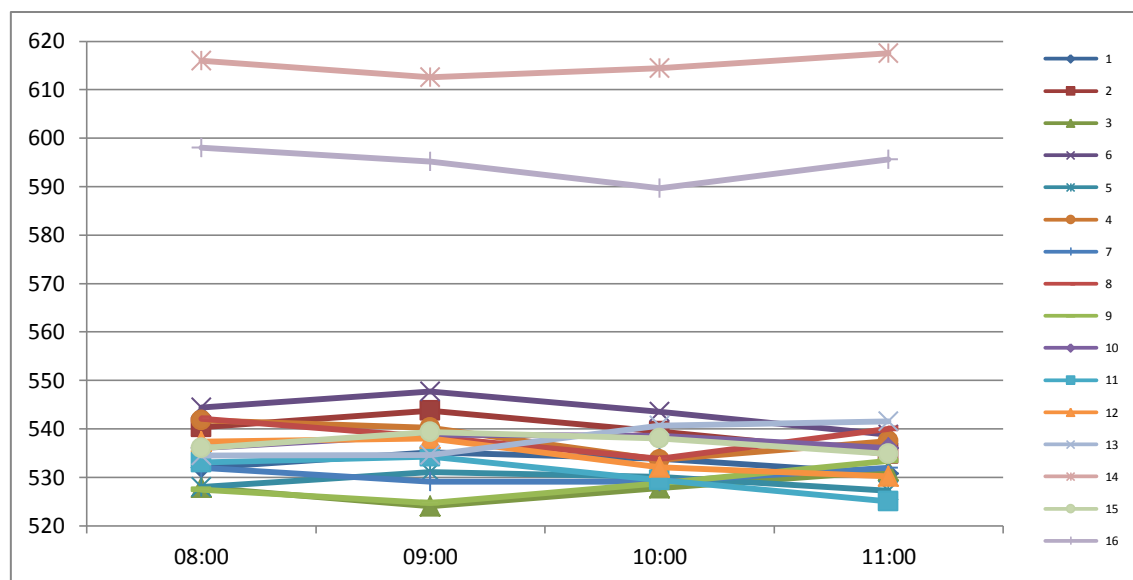
Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	17/09/2014			Hora de inicio:			08:00 a.m.			Hora de Fin:			12:00 p.m.			
Hr./Iny.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00	534	540	528	542	528	544	533	541	529	537	533	537	536	606	537	590
09:00	533	536	531	540	524	547	534	543	530	538	535	538	539	605	539	589
10:00	526	540	531	533	528	546	527	539	523	534	531	534	539	598	534	582
11:00	529	544	528	539	531	543	526	534	523	529	526	529	536	599	529	584



Cuadro 18 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 17/09/14

En el seguimiento del día 25/09/2014 también tenemos temperaturas elevadas en los inyectores 14 y 16, alcanzando el inyector 14 una temperatura de 618 °C, y el 16 los 598°C. Las cuales son mayores al promedio de 543°C.

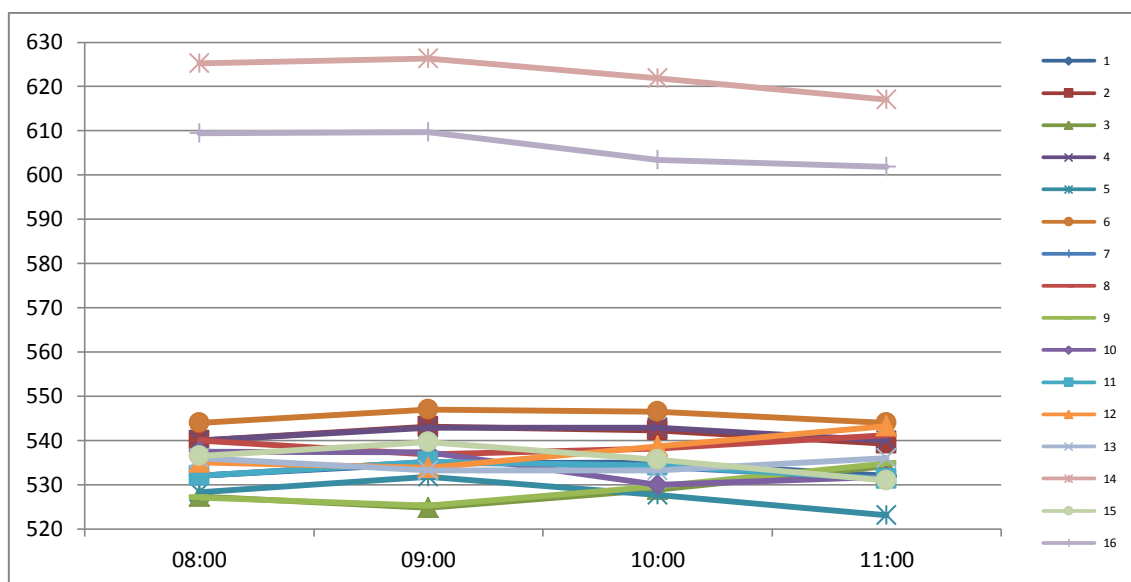
Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	25/09/2014			Hora de inicio:			08:00 a.m.			Hora de Fin:			12:00 p.m.			
Hr./Iny.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00	532	540	528	542	528	544	532	542	527	536	533	537	534	616	536	598
09:00	535	544	524	540	531	548	529	538	525	539	534	538	535	613	539	595
10:00	534	539	528	534	530	544	529	534	529	539	529	532	541	614	538	590
11:00	531	535	531	538	527	539	532	540	533	536	525	530	542	618	535	596



Cuadro 19 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 25/09/14

El día 01/10/2014, también tenemos temperaturas elevadas en los inyectores 14 (626 °C) y 16 (610°C), las cuales también son temperaturas mayores al promedio de 545°C.

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	01/10/2014			Hora de inicio:			08:00 a.m.			Hora de Fin:			12:00 p.m.			
Hr./Iny.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00	532	540	527	540	528	544	532	540	527	537	532	535	536	625	536	609
09:00	535	543	525	543	532	547	535	537	525	537	535	534	533	626	540	610
10:00	535	542	529	543	528	547	534	538	530	530	534	539	533	622	536	603
11:00	532	539	534	540	523	544	531	541	535	532	531	543	536	617	531	602

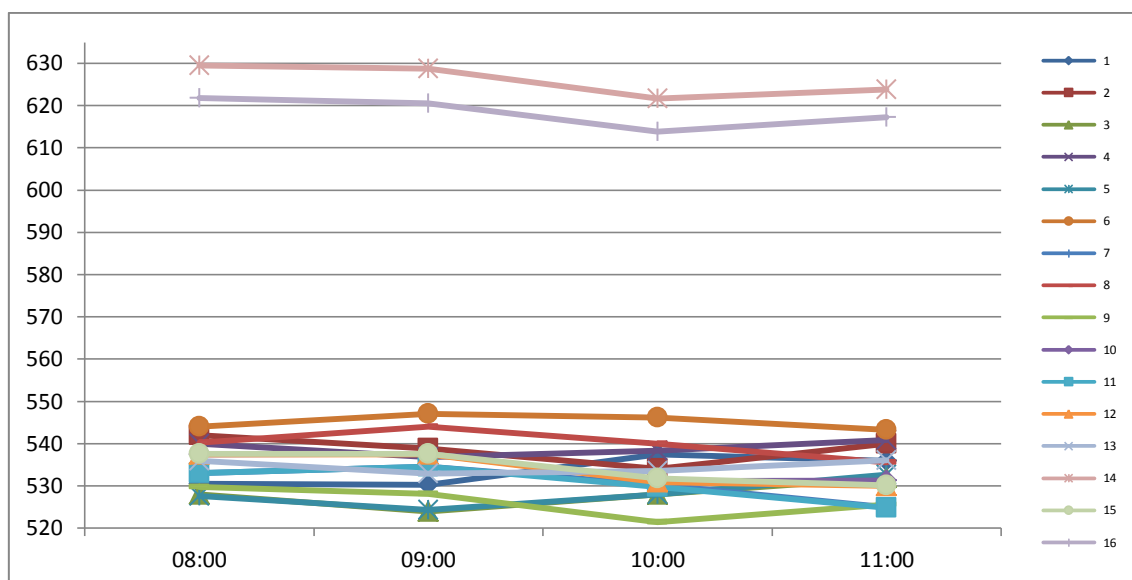


Cuadro 20 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 01/10/14

En fecha 08/10/2014 los inyectores #14 Y #16 presentan temperaturas fuera del rango promedio, con una temperatura máxima de 630°C y una mínima de 614°C.

El área de mantenimiento procedió a cambiar los inyectores 14 y 16 en el siguiente PM del camión C12, con lo cual el problema de diferencia de temperatura desapareció.

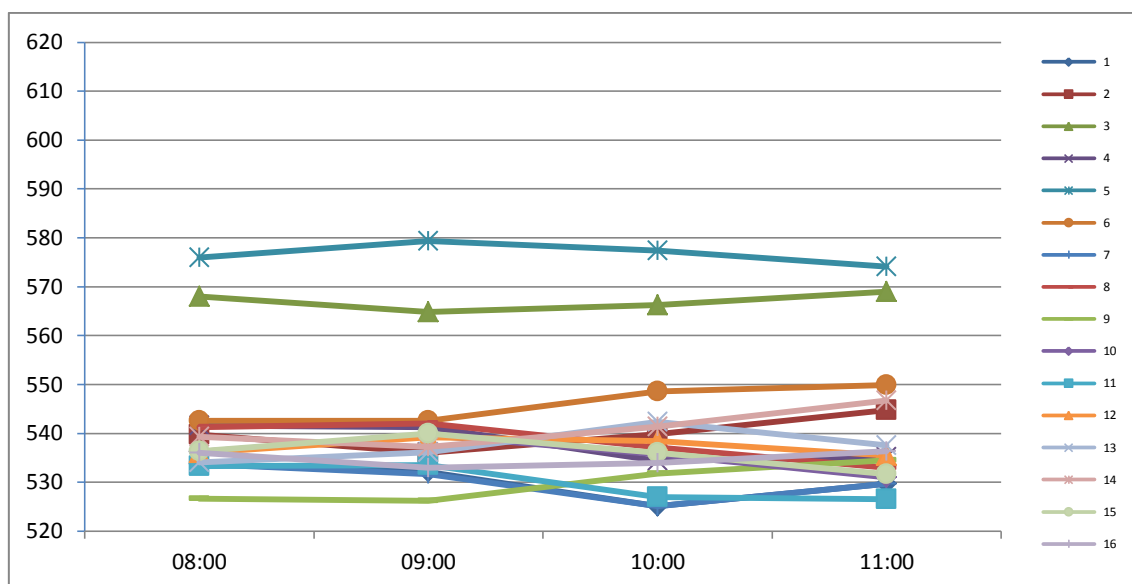
Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	08/10/2014			Hora de inicio:			08:00 a.m.			Hora de Fin:			12:00 p.m.			
Hr./Iny.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00	531	542	528	540	528	544	533	540	530	537	533	537	536	630	538	622
09:00	530	539	524	537	524	547	535	544	528	538	535	537	533	629	538	621
10:00	537	534	528	538	528	546	530	540	521	531	530	531	534	622	532	614
11:00	536	540	532	541	533	543	525	536	526	531	525	530	536	624	530	617



Cuadro 21 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 08/10/14

Con fecha 26/11/2014 el camión C12 nuevamente presentó temperaturas elevadas en los inyectores 3 y 5, lo cual teniendo la experiencia anterior del mismo camión nos indica que estos inyectores están empezando a fallar. En esta oportunidad la temperatura promedio es de 540°C y la temperatura del inyector 3 alcanza los 569°C y la del 5 alcanza los 579°C.

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	26/11/2014				Hora de inicio:				08:00 a.m.				Hora de Fin:			
Hr./Iny.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00	534	540	568	542	576	543	534	541	527	536	533	536	534	539	536	536
09:00	532	536	565	541	579	543	532	542	526	540	533	539	536	537	540	533
10:00	525	540	566	534	577	549	525	537	532	536	527	538	542	541	536	534
11:00	530	545	569	535	574	550	530	533	534	531	527	535	538	547	532	536

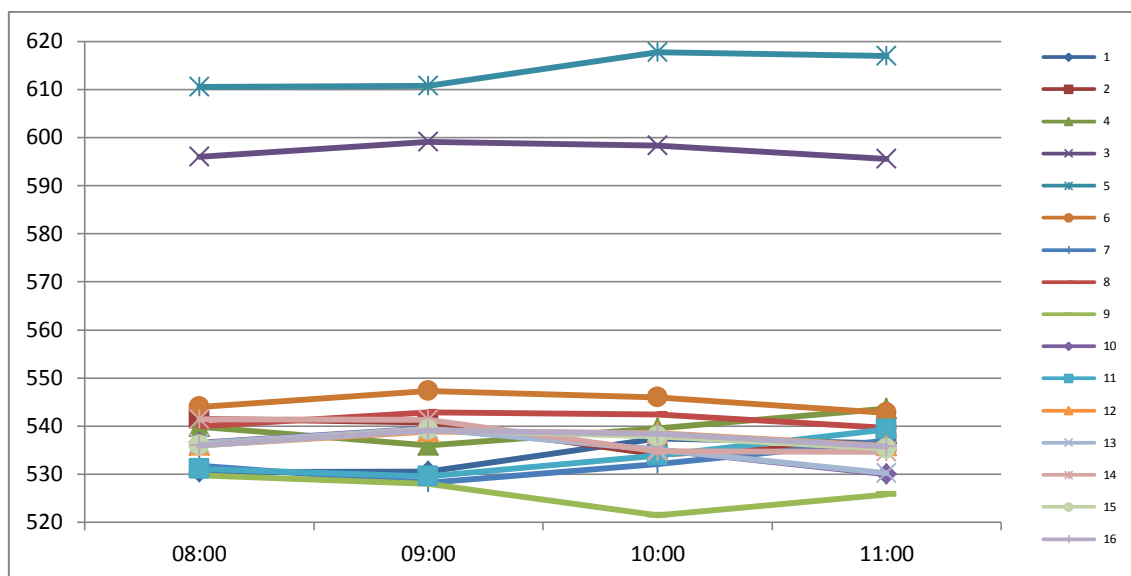


Cuadro 22 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 26/11/14

En una segunda evaluación con fecha 03/12/2014 se detecta nuevamente temperaturas altas en los inyectores 3 y 5, fuera del promedio de los demás inyectores (545°C), alcanzado esta vez 599°C el inyector 3 y 618°C el inyector 5.

Con la previa experiencia obtenida en los demás camiones y en el mismo camión, el equipo de mantenimiento procedió a cambiar los inyectores 3 y 5 en su siguiente PM, con lo que el problema no se presentó más hasta el fin del tiempo de prueba.

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	03/12/2014				Hora de inicio:		08:00 a.m.				Hora de Fin:		12:00 p.m.			
Hr./Iny.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:00	530	542	596	540	610	544	532	540	530	537	531	536	536	541	536	536
09:00	531	541	599	536	611	547	528	543	528	540	530	539	539	541	539	539
10:00	537	534	598	540	618	546	532	542	521	535	534	539	535	535	538	538
11:00	536	536	596	544	617	543	537	540	526	530	539	536	530	535	535	536



Cuadro 23 Promedios de temperaturas por hora del C12 el día 03/12/14

Queda demostrado que obteniendo las temperaturas de escape de cada cilindro de combustión, podemos monitorear y diagnosticar la falla de cualquier inyector, así podemos hacer un mantenimiento preventivo debidamente planificado.

4.2 Cálculo de beneficio

Bajo la premisa del punto anterior, podemos calcular el beneficio proyectado con la aplicación del presente proyecto a toda la flota de manera continua.

Si se considera la suma de horas de parada por problemas de inyectores en el año base 2013, se tienen 1009 horas de parada entre los 30 equipos.

El total de horas que pueden operar los 30 equipos en un año son 262800 horas.

Entonces, la disponibilidad que se podría recuperar por fallas de inyectores es de aproximadamente 0.38%. Además de incrementar la confiabilidad de los camiones, ya que, según el registro del 2013, tampoco se presentarían las 176 detenciones a causa de acciones correctivas causadas por fallas de inyectores.

Si bien es cierto que el 0.38% de disponibilidad no parece ser un gran valor en términos económicos, esto cambia si se analiza este valor. Así, Si consideramos que cada camión puede recorrer al año 8760 horas, el 0.38% vienen a ser 33.63 horas. Si se considera que en promedio cada camión realiza un viaje por hora desde la zona de carguío a la chancadora por cada dos viajes a la zona de botaderos, se considera también que en cada viaje se cargan hasta 240 toneladas cortas de material (para el modelo 793D, base del presente trabajo), se cargarían un aproximado de 8072 toneladas cortas adicionales de material, las cuales 2691 serían de material procesable.

Para culminar con el análisis económico, basta con multiplicar el tonelaje adicional por la concentración de mineral, por el porcentaje de recuperación -que suele bordear el 80%- y por el costo del mineral fino para obtener un valor de ahorro aproximado por camión.

Para efectos de cálculo, se considerará al cobre como mineral principal con una concentración promedio de 0.5% (valor bastante conservador) y un valor de mercado de US\$ 4500 por tonelada corta. Considerando los valores mencionados, tendríamos un ahorro de aproximadamente US\$

48440 por camión al año. Este valor es bastante alentador, ya que sólo se está considerando el tiempo de detención por paradas inesperadas.

Para un análisis completo del ahorro total, se debe analizar el siguiente cuadro:

Hoja de evaluación de tarea a condición: método propuesto						
Método	Tarea de cambio de inyectores por condición mediante método propuesto (con módulo de monitoreo)					
Diagnóstico	Evaluación de motor por reportes de pérdida de potencia, humo negro, temperatura elevada, evaluando con termocuplas por método propuesto					
Acción	Cambio de inyectores encontrados con falla					
Mano de obra						
Aplicación	Descripción	Técnicos	Horas	T. Horas	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Inst/Desinst. Termocuplas	1	720	720	\$50.00	\$36,000.00
Acción	Cambio de inyectores	2	297	594	\$50.00	\$29,700.00
Parada de Proceso						
Aplicación	Descripción	Horas	C. Unitario	C. Total		
Diagnóstico	Evaluación	0	\$1,440.00	\$0.00		
Acción	Cambio de inyectores	0	\$1,440.00	\$0.00		

Herramientas				
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Diagnóstico	Módulo	2	\$1,000.00	\$2,000.00
Diagnóstico	Juego de Termocuplas	15	\$1,000.00	\$15,000.00
Repuestos				
Aplicación	Descripción	Cantidad	C. Unitario	C. Total
Acción	Inyectores	138	\$2,300.00	\$317,400.00

Costo mano de obra	\$65,700.00
Costo parada de proceso	\$0.00
Costo herramientas	\$17,000.00
Costo repuestos	\$317,400.00
Costo total de Tarea	\$400,100.00

Cuadro 24 Hoja de cálculo de costo anual de cambio de inyectores por el método de monitoreo propuesto. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro anterior, y en comparación con los métodos correctivo, preventivo y tradicional detallados en el Capítulo 3, aplicar el método propuesto tendría un costo de US\$ 400100, frente a los US\$ 1875660 de realizar el cambio de inyectores de forma correctiva; los US\$ 2248800 de hacer el cambio de todos los inyectores de manera preventiva; y los US\$ 1024500 de hacerlo de la manera tradicional.

Se determina entonces que aplicar el método de monitoreo para el diagnóstico y cambio proactivo de los inyectores con falla, si incrementa la disponibilidad y la confiabilidad de los camiones, lo que se traduce en un ahorro significativo si se aplicase de acuerdo al presente estudio.

CONCLUSIONES

A lo largo del desarrollo de este trabajo se han podido encontrar resultados satisfactorios e interesantes, a continuación mencionaremos las conclusiones de cada capítulo que definen el trabajo realizado:

PRIMERA: Se desarrolló el análisis de Confiabilidad de motores 3516B CAT® montados en camiones de acarreo modelo 793D. En el cual se corrobora que uno de los principales modos de falla es la pérdida de función de los inyectores, lo que merma la disponibilidad y confiabilidad de los equipos. Se comprueba que la falla de inyectores evoluciona en el tiempo desde la aparición de la falla potencial hasta el inicio de la falla funcional, lo que permite un diagnóstico de falla anticipado y da la oportunidad de atender la misma antes de que cause una parada imprevista.

SEGUNDA: Se desarrolló el módulo de adquisición de datos (temperaturas) y el interfaz para el envío en tiempo real, por lo que se concluye que se puede transmitir los datos tomados por las termocuplas por medio de la tecnología GPRS y ser monitoreados en tiempo real para el diagnóstico oportuno de fallas en los inyectores.

TERCERA: Se concluye asimismo que basados en información enviada a la nube por la tecnología GPRS, ésta puede ser almacenada en un servidor y sirve para ser analizada y mostrada en tiempo real en

una página web a través de un software especialmente diseñado para este propósito.

CUARTA: Se estima también, que la disponibilidad de los camiones aumenta en aproximadamente un 0.38% anual, que viene a ser alrededor de 34 horas más de operación por camión al año. Si se promedia un ciclo de carguío por hora, de los cuales uno de cada 3 va a chancadora, en cuyo cada ciclo se cargan 240 toneladas cortas de mineral, se aumentaría el material movido en aproximadamente 8160 toneladas por equipo al año, de los cuales más de 2690 sería material procesable.

QUINTA: Según el estudio económico, se proyecta que la aplicación del presente método de monitoreo, ahorra alrededor del 60% del costo de aplicar un método de monitoreo con personal realizando la tarea, lo que aumenta el factor de error humano y de interpretación.

SEXTA: Se concluye por último, que se puede aplicar el presente proyecto para el monitoreo en tiempo real de otro tipo de señales para el diagnóstico temprano y anticipado de fallas y mejorar la confiabilidad de diferentes equipos y sistemas en los que se aplique.

RECOMENDACIONES

Así como las conclusiones nos indican que se lograron los objetivos planteados al inicio de la investigación, también se pueden dar recomendaciones que acompañan a la misma:

- a) La investigación se desarrolla en el modelo específico de motor EUI 3516B HD de la marca Caterpillar® montado en camiones 793D con resultados satisfactorios, sin embargo es posible su aplicación en otros modelos de motores inclusive de otras marcas considerando las modificaciones necesarias como el tipo de termocuplas, la cantidad de cilindros, rangos de valores, etc., de los cuales varios son perfectamente adaptables por la versatilidad del proyecto. Por esto, se recomienda como un siguiente paso, probar en motores de otros modelos y marcas el presente proyecto para comprobar su fácil adaptabilidad y utilidad.
- b) También se recomienda que según la necesidad de monitorear otros sistemas en los equipos pesados, se puede adaptar el módulo de adquisición de datos para tener los datos en tiempo real, es decir, monitorear datos de otros sensores que no sean necesariamente termocuplas, sino sensores de presión, nivel, flujo, etc., para el diagnóstico anticipado de fallas.
- c) Por último, se recomienda tomar este trabajo para ampliar la investigación en otros campos de la ingeniería y no sólo en la Gestión de Mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo Usategui, J., Romero Yesa, S., & Angulo Martínez, I. (04 de 01 de 2000). *Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones*. España: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Becvar, Z., Mach, P., & Pravda, I. (2013). *Redes móviles*. Praga: Improvet.
- Bosch, R. (2012). *Sistemas de Inyección Diesel*. Sao Paulo: RBLA/SLA.
- Castillejo Calle, A. (2014). *Sistemas de Inyección en Motores Diesel*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Caterpillar. (1997). *3500B Engine Controls Electronic Unit Injection (EUI)*.
- Caterpillar. (2005). *Brochure 793D*. Obtenido de <http://lib.hpublication.com/publication/89322388/>
- Caterpillar. (2006). *Meeting Guide 793D*. Peoria: Caterpillar.
- Caterpillar. (15 de 01 de 2016). *CAT MineStar*. Obtenido de http://www.cat.com/en_US/support/operations/technology/cat-minestar.html
- Ferreyros S. A. (2014). *BIC2014-006 PARQUE DE MAQUINAS GRAN MINERIA*. Lima: Ferreyros S. A.
- Ferreyros S. A. (2015). *BIC2015-003 PARQUE DE MAQUINAS GRAN MINERIA*. Lima: Ferreyros S. A.
- Jorquera, M. A. (02 de 2011). *Conceptos básicos de comunicación de datos*. Obtenido de http://webquest.carm.es/majwq/public/files/files_user/jvillalba/conceptos_basicos_de_comunicacion_de_datos.pdf
- Lamarca Lapuente, M. J. (08 de 12 de 2013). *Hipertexto: El nuevo concepto de documento en la cultura de la imagen*. Obtenido de <http://www.hipertexto.info/documentos/interfaz.htm>

Londoño Palacio, O., Maldonado Granados, L., & Calderón Villafañez, L.
(2014). *Guía para construir estados del arte*. Bogotá: Iconk.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Madrid: Aladon Ltd.

Oller, P. F. (2014). *Programación Concurrente*. Obtenido de
<http://soft0.upc.edu/pc/exemples/sockets/>

Pallás Areny, R. (2005). *Sensores y Acondicionadores de señal* (4a ed.).
España: Marcombo S. A.

Reyes Miranda, J., & Valcárcel Bornas, R. (2008). Monitoreo de temperatura de los gases de escape del motor de combustión interna utilizando microcontrolador (PIC) y asistida por PC. *TECSUP, Investigación aplicada e innovación*.

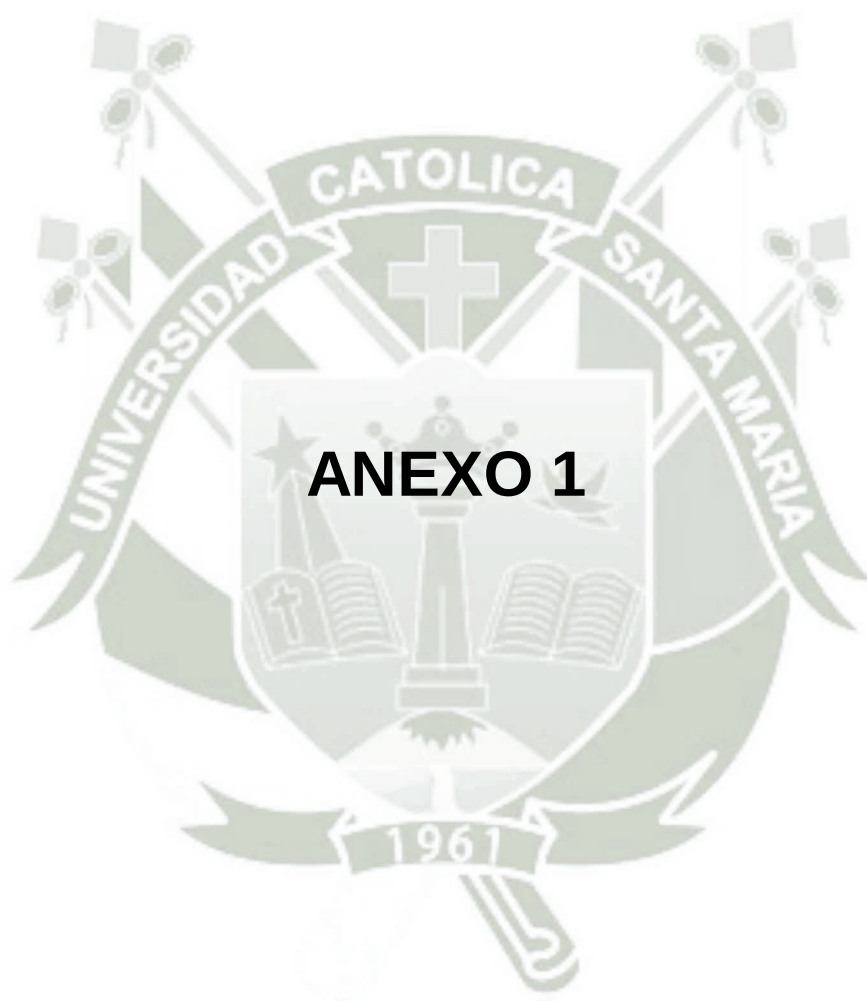
Vik, T. H. (2016). *Highcharts*. Obtenido de
<http://www.highcharts.com/demo/line-basic>

ANEXOS

En las siguientes páginas se adjuntan documentos importantes utilizados en la elaboración del proyecto y que son mencionados en los capítulos del informe.

Estos son:

- ANEXO 1: Códigos de programación de la interfaz de comunicación, configuración, cálculo y visualización, citados en la sección de programación.
- ANEXO 2: Parque de equipos móviles de gran minería a nivel nacional de los años 2014 y 2015.
- ANEXO 3: Tablas con los datos de temperaturas del camión C12 durante todo el periodo de monitoreo y que son los citados en la sección de análisis. Los datos de los demás camiones están guardados y se pueden descargar del servidor en cualquier momento, de todas maneras se adjuntan como archivo en el material digital.



```
<?php
require("database.php");
$arr = parse_ini_file($config);

$fecha=isset($_GET['fecha']) ? $_GET['fecha'] : '2014-01-
01';
$intervalo=isset($_GET['intervalo']) ? $_GET['intervalo'] :
60;
$nvalues=24*(60/$intervalo);

try
{
    $statement = $conn->prepare("select * from Sensor");
    $statement->execute();
    $nsens = $statement->rowCount();

    $habilitados = array();

    $numHabilitados=0;
    while($row = $statement->fetch())
    {
        if($row[4]=='1')
        {
            $habilitados[] = true;
            $numHabilitados++;
        }
        else
            $habilitados[] = false;
    }

    $rowsavg=array_fill(0,$nvalues,null);
    $data = array();

    for($i = 0; $i<$nsens; $i++)
    {
        if($habilitados[$i]==true)
        {
            $idSensor=$i+1;

            if($intervalo==60)
            {
                $statement = $conn->prepare("select
floor(UNIX_TIMESTAMP(CONVERT_TZ (DATE_ADD(:fecha,INTERVAL
hour(fecha) hour),'+5:00','GMT'))*1000) as UTC, avg(valor) as
Valor from Temperatura where Sensor_idSensor=:idSensor and fecha
>= :fecha and fecha < :fecha + INTERVAL 1 DAY group by
hour(fecha),Sensor_idSensor");
                $statement->execute(array(':idSensor'
=> $idSensor,':fecha' => $fecha));
            }
            else
            {
                $statement = $conn->prepare("select
floor(UNIX_TIMESTAMP(CONVERT_TZ (DATE_ADD(:fecha,INTERVAL
:intervalo*((60/:intervalo)*HOUR(fecha)+FLOOR(MINUTE(fecha)/:int
```

```

intervalo)) MINUTE), '+5:00', 'GMT'))*1000) as axtitle,avg(valor)
as Valor from Temperatura where Sensor_idSensor=:idSensor and
fecha >= :fecha and fecha < :fecha + INTERVAL 1 DAY group by
axtitle");
                                $statement->execute(array(':idSensor'
=> $idSensor,':fecha' => $fecha,':intervalo' => $intervalo));
                                }

                                $rows = array();

                                while($row = $statement->fetch())
                                {
                                    $rows[] =
array($row[0],floatval($row[1]));
                                }

                                $data[$i]=$rows;

                                for($j = 0; $j<$statement->rowCount();
$jj++)
                                {
                                    $rowsavg[$j]+=$rows[$j][1];
                                }
                                }

                                for($j = 0; $j<$nvalues; $jj++)
                                {
                                    $rowsavg[$j]/=$numHabilitados;

                                $response = array('avg'=>$rowsavg,'data'=>$data);
                                print json_encode($response);
                                }
                                catch(PDOException $Exception)
                                {
                                    echo $Exception->getMessage();
                                }
?>

```

```
<?php
require("database.php");
$m = parse_ini_file($config);
$m['nsensores'] = $nsensores;
$m['sensores_habilitados'] = $sensores_habilitados;
print json_encode($m);
?>
```



```
package com.socket;

import java.io.BufferedWriter;
import java.net.*;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.SQLException;
import java.io.*;

public class EchoServer2c extends Thread
{
    protected static boolean serverContinue = true;
    protected Socket clientSocket;
    private static Connection connect = null;
    MySQLAccess dao = new MySQLAccess();

    public static void main(String[] args) throws IOException
    {

        ServerSocket serverSocket = null;

        try {
            //DECLARACION PARA LA BASE
            Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
            try {
                connect =
                DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://192.168.1.247/sensor?"
+ "user=root&password=blf278");
            } catch (SQLException e1) {
                // TODO Auto-generated catch block
                e1.printStackTrace();
            }

            serverSocket = new ServerSocket(10008);
            System.out.println ("Connection Socket Created");
            try {
                while (serverContinue)
                {
                    serverSocket.setSoTimeout(10000);
                    System.out.println ("Waiting for Connection");
                    try {
                        new EchoServer2c (serverSocket.accept());
                    }
                    catch (SocketTimeoutException ste)
                    {
                        System.out.println ("Timeout Occurred");
                    }
                }
            }
            catch (IOException e)
            {
                System.err.println("Accept failed.");
                System.exit(1);
            }
        }
        catch (IOException e)
    }
```

```

        {
            System.err.println("Could not listen on port: 10008.");
            System.exit(1);
        } catch (ClassNotFoundException e1) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e1.printStackTrace();
        } /*catch (SQLException e1) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e1.printStackTrace();
        }*/
    finally
    {
        try {
            System.out.println ("Closing Server Connection
Socket");
            serverSocket.close();
            try {
                connect.close();
            } catch (SQLException e) {
                // TODO Auto-generated catch block
                e.printStackTrace();
            }
        } catch (IOException e)
        {
            System.err.println("Could not close port:
10008.");
            System.exit(1);
        }
    }

    private EchoServer2c (Socket clientSoc)
    {
        clientSocket = clientSoc;
        start();
    }

    public void run()
    {
        System.out.println ("New Communication Thread Started");

        try {
            PrintWriter out = new
PrintWriter(clientSocket.getOutputStream(),
true);
            BufferedReader in = new BufferedReader(new
InputStreamReader( clientSocket.getInputStream()));
            String inputLine;
            while ((inputLine = in.readLine()) != null)
            {
                //Aqui todo el codigo
                try
                {
                    //Grabando en la base de datos
                    MySQL

```

```
dao.readDataBase(connect,inputLine);

    } catch (Exception e) {
        // TODO Auto-generated catch
        e.printStackTrace();
    }

}

out.close();
in.close();
clientSocket.close();

}
catch (IOException e)
{
    System.err.println("Problem with Communication
Server");
    System.exit(1);
}
}
```



```
package com.socket;

import com.socket.MySQLAccess;

import java.io.Closeable;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.PreparedStatement;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Statement;
import java.util.Date;

public class MySQLAccess {
    private Connection connect = null;
    private Statement statement = null;
    private PreparedStatement preparedStatement = null;
    private ResultSet resultSet = null;

    public void readDataBase(Connection conexion,String data)
throws Exception {
        connect = conexion;
        for(int i = 0; i < data.length(); i++)
        {
            char character = data.charAt(i); // This gives the
character 'a'
            int tempe = (int) character; // ascii is now 97.

            if(tempe < 0)
                tempe = 256 + tempe;
            tempe = tempe*4;

            preparedStatement = connect
                .prepareStatement("insert into Temperatura
(valor,Sensor_idSensor,fecha) values(?,?, NOW())");
            // "myuser, webpage, datum, summary, COMMENTS
from FEEDBACK.COMMENTS");
            // parameters start with 1
            preparedStatement.setInt(1, tempe);
            preparedStatement.setInt(2,i+1);
            preparedStatement.executeUpdate();
            System.out.println(tempe);
        }

        System.out.println("Correctamente ejecutado");
    }
}
```

```
<html lang="en-US">
<head>

    <meta charset="utf-8">

    <title>    Sistema de Sensores </title>
    <link rel="stylesheet" href="login-style.css">
    <!--[if lt IE 9]>
        <script
src="http://html5shiv.googlecode.com/svn/trunk/html5.js"></scrip
t>
    <![endif]-->

    <script type="text/javascript">
function validateForm()
{
    var us = document.forms["login"]["user"].value;
    var ps = document.forms["login"]["password"].value;
    if(us == null || us == "usuario" || ps == null || ps
== "password")
    {
        alert("Alguno de los campos estÃ; vacÃ-o.");
        return false;
    }
    else if(us == "root" && ps == "1234" || us ==
"ricardo" && ps == "ricardo" || us == "israel" && ps == "israel"
)
    {
        alert("Bienvenido!");
    }
    else
    {
        alert("Usuario o contraseÃta incorrectos.
Intente de nuevo.");
        return false;
    }
}
</script>

</head>

<body>

    <div id="login-form">
        <h3>Sistema de Sensores</h3>
        <fieldset>
            <form name="login" action="home.php"
onsubmit="return validateForm()" method="post">
                <input type="user" name="user" required
value="usuario" onBlur="if(this.value=='')this.value='usuario'"
onFocus="if(this.value=='usuario')this.value='' "> <!-- JS
because of IE support; better: placeholder="user" -->
                <input type="password" name="password" required
value="password"
onBlur="if(this.value=='')this.value='password'"
```

```
onFocus="if(this.value=='password')this.value='' "> <!-- JS
because of IE support; better: placeholder="Password" -->
    <input type="submit" value="Ingresar">

    <footer class="clearfix">
        <a href="#">Bienvenido</a></p>
    </footer>
</form>
</fieldset>
</div> <!-- end login-form -->

</body>
</html>
```



```
<?php
    require("database.php");
?>

<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
    <head>
        <title>    Sistema de Sensores </title>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=utf-8">
        <script src="jquery-1.11.1.min.js"></script>
        <script src="highcharts-custom.js"></script>

        <link rel="stylesheet" href="jquery-ui.css">
        <link rel="stylesheet" href="style.css">

        <script src="jquery-ui.js"></script>
        <script>
            function refreshTime()
            {
                init();
                setInterval("init();",refresco*1000);
            }

            var intervalo;
            intervalo=<?php echo isset($_GET['intervalo']) ?
$_GET['intervalo'] : 60; ?>;

            var nvalues;
            nvalues=24*(60/intervalo);

            $(function() {
                $.datepicker.regional['es'] =
                {
                    closeText: 'Cerrar',
                    prevText: 'Previo',
                    nextText: 'PrÃ³ximo',
                    monthNames:
['Enero','Febrero','Marzo','Abril','Mayo','Junio',
            'Julio','Agosto','Septiembre','Octubre','Noviembre','Diciem
bre'],
                    monthNamesShort:
['Ene','Feb','Mar','Abr','May','Jun',
            'Jul','Ago','Sep','Oct','Nov','Dic'],
                    monthStatus: 'Ver otro mes',
                    yearStatus: 'Ver otro año',
                    dayNames:
['Domingo','Lunes','Martes','MiÃ©rcoles','Jueves','Viernes','SÃ¡
bado'],
                    dayNamesShort:
['Dom','Lun','Mar','Mie','Jue','Vie','SÃ¡b'],
                    dayNamesMin:
['Do','Lu','Ma','Mi','Ju','Vi','Sa'],
```

```

        dateFormat: 'dd/mm/yy', firstDay: 0,
        initStatus: 'Selecciona la fecha',

isRTL: false

    };

$.datepicker.setDefaults($.datepicker.regional['es']);

$("#datepicker").datepicker({
    dateFormat: 'yy-mm-dd',
    onSelect: function(dateText) {
        init();
    }
});

$( "input:text" ).addClass("ui-widget ui-
widget-content ui-widget-header ui-corner-all");

$( "input[type=submit], a, button" )
    .button()
    .click(function( event ) {
        //event.preventDefault();
    });

var today = new Date();
var dd = today.getDate();
var mm = today.getMonth()+1;
var yyyy = today.getFullYear();

if(dd<10) {
    dd='0'+dd
}

if(mm<10) {
    mm='0'+mm
}

today = yyyy+'-'+mm+'-'+dd;

$('input[name=fecha]').val(today);

init();

$('#wrapper').bind('change',function()
{
    checkVisible();
});

});
</script>

<script src="chart.js"></script>
</head>
<body onload="javascript:refreshTime();">
    <span style="font-size:14px;">La página se refresca
    automáticamente cada <?php echo $refresco; ?>
    segundos.</span><br />

```

```

<table WIDTH=75%><tr><td VALIGN=TOP>
 </td>
<td> <div align="center" style="padding: 0px;">
<span style="font-weight:bold; font-
size:16px;">Opciones de visualizaciÃ³n</span><br /><br />
<div style="border: 1px solid #d0d0d0;
width:60%; padding: 5px 5px 5px 5px;">
<div align="center">
<div style="text-align: left; width:
50%">
<form name="loadZoom"
action="home.php" method="GET">
<p>
<label for="datepicker"
class="labelui">Fecha:</label>
<input type="text"
id="datepicker" name='fecha' value="2014-01-01">
</p>
<p>
<label for="spinIntervalo"
class="labelui">Intervalo:</label>
<input id="spinIntervalo"
name="intervalo" value=<?php echo isset($_GET['intervalo']) ?
$_GET['intervalo'] : 60; ?>> minutos
<div align="center">
<button>Aplicar</button>
</form>
</div>
</p>
</div>
<br />
<span style="font-
size:14px;">Seleccione los sensores que desee
visualizar:</span><br /><br />
<div id="wrapper">
<?php
try
{
$statement = $conn-
>prepare("select * from Sensor where habilitado=true");
$statement-
>execute();

$data = array();

$cont=1;
while($row =
$statement->fetch())
{
echo "&nbsp;";
<label for="\check$row[0]">Sensor $row[0]</label> <input
type="\checkbox\" id="\check$row[0]" checked>;
if($cont%4==0)
echo "<br
/><br />";

```

```

$cont++;
    }
    }
    catch(PDOException
$Exception)
    {
        echo $Exception-
>getMessage();
    }
    ?>
</div>
<br />
<a onclick="selectAll();">Seleccionar
todos</a> <a onclick="selectNone();">Deseleccionar todos</a>
<br /><br />
<form name="restart"
action="home.php" method="GET">
    <button>Reiniciar</button>
</form>
</div>
</div>
<br />
<button
onclick="javascript:location.href='config.php'">ConfiguraciÃ³n</
button>
</div></td></tr></table>
<br />
<div id="container" style="min-width: 310px; height:
400px; width: 96%; align: center; margin: 0 auto"></div>
<?php
    try
    {
        $statement = $conn->prepare("select * from
Sensor where habilitado=true");
        $statement->execute();
        while($row = $statement->fetch())
        {
            print "<div id=\"container$row[0]\"
style=\"min-width: 310px; height: 400px; width: 96%; align:
center; margin: 0 auto\"></div>\n";
        }
    }
    catch(PDOException $Exception)
    {
        echo $Exception->getMessage();
    }
    ?>
</body>
</html>

```

```
<?php
require("database.php");
$arr = parse_ini_file($config);

$fecha=isset($_GET['fecha']) ? $_GET['fecha'] : '2014-01-
01';
$intervalo=isset($_GET['intervalo']) ? $_GET['intervalo'] :
60;
$nvalues=24*(60/$intervalo);

try
{
    $statement = $conn->prepare("select * from Sensor");
    $statement->execute();
    $nsens = $statement->rowCount();

    $habilitados = array();

    $numHabilitados=0;
    while($row = $statement->fetch())
    {
        if($row[4]=='1')
        {
            $habilitados[] = true;
            $numHabilitados++;
        }
        else
            $habilitados[] = false;
    }
    $rowsavg=array_fill(0,$nvalues,null);
    $data = array();

    for($i = 0; $i<$nsens; $i++)
    {
        if($habilitados[$i]==true)
        {
            $idSensor=$i+1;

            if($intervalo==60)
            {
                $statement = $conn->prepare("select
floor(UNIX_TIMESTAMP(CONVERT_TZ (DATE_ADD(:fecha,INTERVAL
hour(fecha) hour),'+5:00','GMT'))*1000) as UTC, avg(valor) as
Valor from Temperatura where Sensor_idSensor=:idSensor and fecha
>= :fecha and fecha < :fecha + INTERVAL 1 DAY group by
hour(fecha),Sensor_idSensor");
                $statement->execute(array(':idSensor'
=> $idSensor,':fecha' => $fecha));
            }
            else
            {
                $statement = $conn->prepare("select
floor(UNIX_TIMESTAMP(CONVERT_TZ (DATE_ADD(:fecha,INTERVAL
:intervalo*((60/:intervalo)*HOUR(fecha)+FLOOR(MINUTE(fecha)/:int
```

```

        ervalo)) MINUTE), '+5:00', 'GMT'))*1000) as axtitle,avg(valor)
        as Valor from Temperatura where Sensor_idSensor=:idSensor and
        fecha >= :fecha and fecha < :fecha + INTERVAL 1 DAY group by
        axtitle");
                                $statement->execute(array(':idSensor'
=> $idSensor,':fecha' => $fecha,':intervalo' => $intervalo));
                                }

                                $rows = array();

                                while($row = $statement->fetch())
                                {
                                        $rows[] =
array($row[0],floatval($row[1]));
                                }

                                $data[$i]=$rows;

                                for($j = 0; $j<$statement->rowCount();
$jj++)
                                {
                                        $rowsavg[$j]+=$rows[$j][1];
                                }
                                }

                                for($j = 0; $j<$nvalues; $jj++)
                                {
                                        $rowsavg[$j]/=$numHabilitados;

                                $response = array('avg'=>$rowsavg,'data'=>$data);
                                print json_encode($response);
                                }
                                catch(PDOException $Exception)
                                {
                                        echo $Exception->getMessage();
                                }
?>

```

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
    <head>
        <title>    Sistema de Sensores </title>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=utf-8">
        <script src="jquery-1.11.1.min.js"></script>

        <link rel="stylesheet" href="jquery-ui.css">
        <link rel="stylesheet" href="style.css">

        <script src="jquery-ui.js"></script>
        <script>
            var umbral;
            var porcentaje;
            var nsensores;
            var sensores_habilitados;
            var refresco;

            function checkVisible()
            {
                var i;
                for(i = 1; i < nsensores+1; ++i)
                {

                    if(document.getElementById('check'+sensores_habilitados[i-
1]).checked == true)

                        $('#container'+sensores_habilitados[i-
1]).css('display', 'inline');
                    else

                        $('#container'+sensores_habilitados[i-
1]).css('display', 'none');
                }
            }

            $(function()
            {
                $.ajax(
                {
                    url: 'check.php',
                    dataType: 'json',
                    async: false,
                    success: function(data)
                    {
                        umbral=parseFloat(data.umbral);

                        porcentaje=parseFloat(data.porcentaje);

                        refresco=parseFloat(data.refresco);

                        nsensores=parseInt(data.nsensores);

                        sensores_habilitados=data.sensores_habilitados;
```

```

        $('#umbral').val(umbral);

        $('#porcentaje').val(porcentaje);
        $('#refresco').val(refresco);
    }
});

$( "input:text" ).addClass("ui-widget ui-
widget-content ui-widget-header ui-corner-all");

$( "input[type=submit], a, button" )
    .button()
    .click(function( event ) {
        //event.preventDefault();
    });

$('#wrapper').bind('change',function()
{
    checkVisible();
});

});
</script>
</head>
<body>
    <div align="center" style="padding: 0px;">
        <span style="font-weight:bold; font-
size:16px;">ConfiguraciÃ³n</span><br /><br />
        <form name="saveConfig" action="save.php"
method="POST">
            <div style="border: 1px solid #d0d0d0;
width:60%; padding: 20px 5px 5px 5px;">
                <span style="font-size:14px;">Seleccione
los sensores que desee habilitar:</span><br /><br />
                <div id="wrapper">
                    <?php
                        require("database.php");

                        try
                        {
                            $statement = $conn-
>prepare("select * from Sensor");
                            $statement->execute();
                            $data = array();

                            $cont=1;
                            while($row = $statement-
>fetch())

                                {
                                    if($row[4])
                                        echo "&nbsp; <label
for=\"check$row[0]\">Sensor $row[0]</label> <input
type=\"checkbox\" id=\"check$row[0]\" name=\"sensor$row[0]\"
checked>";
                                    else

```

```

<p>
    <span style="font-size:14px;
efresco:</span><br /><br />
    <label
fresco">Segundos:</label>
    <input type="text" id="refre
efresco" style="text-align: right; padding-right
"><br />
</p>
<table style="width:60%">
<tr>
<td>
    <p>
        <span style="font-
px;">Umbral:</span><br /><br />
        <label
bral">Valor:</label>
        <input type="text" id="
mbral" style="text-align: right; padding-right:5
"><br />
    </p>
</td>
<td>
    <p>
        <span style="font-
px;">Porcentaje:</span><br /><br />
        <label
bral">Valor:</label>
        <input type="text"

```

```

</tr>

</table>
<button>Guardar</button>
</div>
</form>
<br />
<?php
    if(isset($_GET['msg']))
    {
        if($_GET['msg']=='1')
            echo "<span style=\"font-
size:14px; color: blue;\">Configuraci3n guardada
correctamente!</span><br /><br />";
    }
    ?>
<button
onclick="javascript:location.href='home.php'">Ir al
inicio</button>
</div>
</body>
</html>

```



```
<?php
    $host = 'localhost';
    $user = 'root';
    $pass = 'blf278';
    $db = 'sensor';

    $config = 'config.ini';
    $nsensores = 0;
    $sensores_habilitados = array();

    $m = parse_ini_file($config);
    $refresco = $m['refresco'];

    try
    {
        $conn = new
PDO("mysql:host=$host;dbname=$db",$user,$pass);

        $statement = $conn->prepare("select * from Sensor
where habilitado=true");
        $statement->execute();

        while($row = $statement->fetch())
        {
            $sensores_habilitados[] = $row[0];
        }

        $nsensores = $statement->rowCount();
    }
    catch(PDOException $Exception)
    {
        echo $Exception->getMessage();
    }
?>
```

```
<?php
require("database.php");
$m = parse_ini_file($config);
$m['nsensores'] = $nsensores;
$m['sensores_habilitados'] = $sensores_habilitados;
print json_encode($m);
?>
```



```
<?php
require("database.php");

//Dar permisos 777 a este archivo
function write_ini($assoc_arr,$path)
{
    $content = "";

    foreach($assoc_arr as $key=>$elem)
    {
        $content .= "[".$key."]\n";
        foreach($elem as $key2=>$elem2)
        {
            $content .= $key2." = ".$elem2."\n";
        }
    }

    if(!$handle = fopen($path,'w'))
    {
        return false;
    }

    if(!fwrite($handle, $content))
    {
        return false;
    }

    fclose($handle);
}

if(!empty($_POST))
{
    try
    {
        $conn = new
PDO("mysql:host=$host;dbname=$db",$user,$pass);

        $statement = $conn->prepare("select idSensor
from Sensor");
        $statement->execute();

        while($row = $statement->fetch())
        {
            $idSensor=$row[0];
            $query = $conn->prepare("UPDATE Sensor SET
habilitado=:habilitado WHERE idSensor=:idSensor");

            if(isset($_POST['sensor'].$row[0]))
                $query->execute(array(':habilitado'
=> 1,':idSensor' => $idSensor));
            else
                $query->execute(array(':habilitado'
=> 0,':idSensor' => $idSensor));
        }
    }
    catch(PDOException $Exception)
    {

```

```

        echo $Exception->getMessage();
    }

    $umbral=isset($_POST['umbral']) ? (float)$_POST['umbral']
: 0.0;
    $porcentaje=isset($_POST['porcentaje']) ?
(float)$_POST['porcentaje'] : 0.0;
    $refresco=isset($_POST['refresco']) ?
(float)$_POST['refresco'] : 0.0;
    $arr =
array('umbral'=>$umbral,'porcentaje'=>$porcentaje,'refresco'=>$refresco);
    $data = array('parametros_sensor'=>$arr);
    write_ini($data,'config.ini');
}

header('Location: config.php?msg=1');
?>

```



```
<?php
/*
Export MySQL to Excel using PHP
Author: Vlatko Zdrale, http://blog.zemoon.com

Look but don't touch :)
*/

$dbHost      = 'localhost';           // database host
$dbUser      = 'root';                // database user
$dbPass      = 'blf278';              // database password
$dbName      = 'sensor';              // database name
$dbTable     = 'Temperatura';

$con = @mysql_connect($dbHost, $dbUser, $dbPass) or
die("Couldn't connect.");
$db = mysql_select_db($dbName, $con) or
die("Couldn't select database.");

$sql = "Select * from $dbTable";
$result = @mysql_query($sql) or die("Couldn't execute
query:<br>".mysql_error()."<br>".mysql_errno());

header('Content-Type: application/vnd.ms-excel');
//define header info for browser
header('Content-Disposition: attachment;
filename='.$dbTable.'-'.date('Ymd').'.xls');
header('Pragma: no-cache');
header('Expires: 0');

for ($i = 0; $i < mysql_num_fields($result); $i++) //
show column names as names of MySQL fields
    echo mysql_field_name($result, $i)."\t";
print("\n");

while($row = mysql_fetch_row($result))
{
    //set_time_limit(60); // you can enable this if you
have lot of data
    $output = '';
    for($j=0; $j<mysql_num_fields($result); $j++)
    {
        if(!isset($row[$j]))
            $output .= "NULL\t";
        else
            $output .= "$row[$j]\t";
    }
    $output = preg_replace("/\r\n|\n\r|\n|\r/", ' ',
$output);
    print(trim($output))."\t\n";
}

?>
```

```
<?php  
  
echo "HOLA MUNDO";  
//$variable=$_GET['numero'];  
//echo $variable;  
?>
```



```
<?php
/*
Export MySQL to Excel using PHP
Author: Vlatko Zdrale, http://blog.zemoon.com

Look but don't touch :)
*/

$dbHost      = 'localhost';           // database host
$dbUser      = 'root';                // database user
$dbPass      = 'blf278';              // database password
$dbName      = 'sensor';              // database name
$dbTable     = 'Sensor';

$conn = @mysql_connect($dbHost, $dbUser, $dbPass) or
die("Couldn't connect.");
$db = mysql_select_db($dbName, $conn) or
die("Couldn't select database.");

$sql = "Select * from $dbTable";
$result = @mysql_query($sql) or die("Couldn't execute
query:<br>".mysql_error()."<br>".mysql_errno());

header('Content-Type: application/vnd.ms-excel');
//define header info for browser
header('Content-Disposition: attachment;
filename='.$dbTable.'-'.date('Ymd').'.xls');
header('Pragma: no-cache');
header('Expires: 0');

for ($i = 0; $i < mysql_num_fields($result); $i++) //
show column names as names of MySQL fields
    echo mysql_field_name($result, $i)."\t";
print("\n");

while($row = mysql_fetch_row($result))
{
    //set_time_limit(60); // you can enable this if you
have lot of data
    $output = '';
    for($j=0; $j<mysql_num_fields($result); $j++)
    {
        if(!isset($row[$j]))
            $output .= "NULL\t";
        else
            $output .= "$row[$j]\t";
    }
    $output = preg_replace("/\r\n|\n\r|\n|\r/", ' ',
$output);
    print(trim($output))."\t\n";
}

?>
```

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
    <head>
        <title>    Sistema de Sensores </title>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=utf-8">
        <script src="jquery-1.11.1.min.js"></script>

        <link rel="stylesheet" href="jquery-ui.css">
        <link rel="stylesheet" href="style.css">

        <script src="jquery-ui.js"></script>
        <script>
            var umbral;
            var porcentaje;
            var nsensores;
            var sensores_habilitados;
            var refresco;

            function checkVisible()
            {
                var i;
                for(i = 1; i < nsensores+1; ++i)
                {

                    if(document.getElementById('check'+sensores_habilitados[i-
1]).checked == true)

                        $('#container'+sensores_habilitados[i-
1]).css('display', 'inline');
                    else

                        $('#container'+sensores_habilitados[i-
1]).css('display', 'none');
                }
            }

            $(function()
            {
                $.ajax(
                {
                    url: 'check.php',
                    dataType: 'json',
                    async: false,
                    success: function(data)
                    {
                        umbral=parseFloat(data.umbral);

                        porcentaje=parseFloat(data.porcentaje);

                        refresco=parseFloat(data.refresco);

                        nsensores=parseInt(data.nsensores);

                        sensores_habilitados=data.sensores_habilitados;
```

```

        $('#umbral').val(umbral);

        $('#porcentaje').val(porcentaje);
        $('#refresco').val(refresco);
    }
});

$( "input:text" ).addClass("ui-widget ui-
widget-content ui-widget-header ui-corner-all");

$( "input[type=submit], a, button" )
    .button()
    .click(function( event ) {
        //event.preventDefault();
    });

$('#wrapper').bind('change',function()
{
    checkVisible();
});

});
</script>
</head>
<body>
    <div align="center" style="padding: 0px;">
        <span style="font-weight:bold; font-
size:16px;">ConfiguraciÃ³n</span><br /><br />
        <form name="saveConfig" action="save.php"
method="POST">
            <div style="border: 1px solid #d0d0d0;
width:60%; padding: 20px 5px 5px 5px;">
                <span style="font-size:14px;">Seleccione
los sensores que desee habilitar:</span><br /><br />
                <div id="wrapper">
                    <?php
                        require("database.php");

                        try
                        {
                            $statement = $conn-
>prepare("select * from Sensor");
                            $statement->execute();
                            $data = array();

                            $cont=1;
                            while($row = $statement-
>fetch())

                                {
                                    if($row[4])
                                        echo "&nbsp; <label
for=\"check$row[0]\">Sensor $row[0]</label> <input
type=\"checkbox\" id=\"check$row[0]\" name=\"sensor$row[0]\"
checked>";
                                    else

```

```

<p>
    <span style="font-size:14px;
efresco:</span><br /><br />
    <label
fresco">Segundos:</label>
    <input type="text" id="refre
efresco" style="text-align: right; padding-right
"><br />
</p>
<table style="width:60%">
<tr>
<td>
    <p>
        <span style="font-
px;">Umbral:</span><br /><br />
        <label
bral">Valor:</label>
        <input type="text" id="
mbral" style="text-align: right; padding-right:5
"><br />
    </p>
</td>
<td>
    <p>
        <span style="font-
px;">Porcentaje:</span><br /><br />
        <label
bral">Valor:</label>
        <input type="text"

```

```

        </tr>

        </table>
        <button>Guardar</button>
    </div>
</form>
<br />
<?php
    if(isset($_GET['msg']))
    {
        if($_GET['msg']=='1')
            echo "<span style=\"font-
size:14px; color: blue;\">Configuraci3n guardada
correctamente!</span><br /><br />";
    }
    ?>
    <button
onclick="javascript:location.href='home.php'">Ir al
inicio</button>
    </div>
</body>
</html>

```



```
<?php
    $host = 'localhost';
    $user = 'root';
    $pass = 'blf278';
    $db = 'sensor';

    $config = 'config.ini';
    $nsensores = 0;
    $sensores_habilitados = array();

    $m = parse_ini_file($config);
    $refresco = $m['refresco'];

    try
    {
        $conn = new
PDO("mysql:host=$host;dbname=$db",$user,$pass);

        $statement = $conn->prepare("select * from Sensor
where habilitado=true");
        $statement->execute();

        while($row = $statement->fetch())
        {
            $sensores_habilitados[] = $row[0];
        }

        $nsensores = $statement->rowCount();
    }
    catch(PDOException $Exception)
    {
        echo $Exception->getMessage();
    }
?>
```

```
package com.socket;

import java.io.BufferedWriter;
import java.net.*;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.SQLException;
import java.io.*;

public class EchoServer2c extends Thread
{
    protected static boolean serverContinue = true;
    protected Socket clientSocket;
    private static Connection connect = null;
    MySQLAccess dao = new MySQLAccess();

    public static void main(String[] args) throws IOException
    {

        ServerSocket serverSocket = null;

        try {
            //DECLARACION PARA LA BASE
            Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver");
            try {
                connect =
                DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://192.168.1.247/sensor?"
+ "user=root&password=blf278");
            } catch (SQLException e1) {
                // TODO Auto-generated catch block
                e1.printStackTrace();
            }

            serverSocket = new ServerSocket(10008);
            System.out.println ("Connection Socket Created");
            try {
                while (serverContinue)
                {
                    serverSocket.setSoTimeout(10000);
                    System.out.println ("Waiting for Connection");
                    try {
                        new EchoServer2c (serverSocket.accept());
                    }
                    catch (SocketTimeoutException ste)
                    {
                        System.out.println ("Timeout Occurred");
                    }
                }
            }
            catch (IOException e)
            {
                System.err.println("Accept failed.");
                System.exit(1);
            }
        }
        catch (IOException e)
    }
```

```

        {
            System.err.println("Could not listen on port: 10008.");
            System.exit(1);
        } catch (ClassNotFoundException e1) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e1.printStackTrace();
        } /*catch (SQLException e1) {
            // TODO Auto-generated catch block
            e1.printStackTrace();
        }*/
    finally
    {
        try {
            System.out.println ("Closing Server Connection
Socket");
            serverSocket.close();
            try {
                connect.close();
            } catch (SQLException e) {
                // TODO Auto-generated catch block
                e.printStackTrace();
            }
        } catch (IOException e)
        {
            System.err.println("Could not close port:
10008.");
            System.exit(1);
        }
    }

    private EchoServer2c (Socket clientSoc)
    {
        clientSocket = clientSoc;
        start();
    }

    public void run()
    {
        System.out.println ("New Communication Thread Started");

        try {
            PrintWriter out = new
PrintWriter(clientSocket.getOutputStream(),
true);
            BufferedReader in = new BufferedReader(new
InputStreamReader( clientSocket.getInputStream()));
            String inputLine;
            while ((inputLine = in.readLine()) != null)
            {
                //Aqui todo el codigo
                try
                {
                    //Grabando en la base de datos
                    MySQL

```

```
dao.readDataBase(connect,inputLine);

    } catch (Exception e) {
        // TODO Auto-generated catch
        e.printStackTrace();
    }

}

out.close();
in.close();
clientSocket.close();

}
catch (IOException e)
{
    System.err.println("Problem with Communication
Server");
    System.exit(1);
}
}
```



```
<?php
    require("database.php");
?>

<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01//EN"
"http://www.w3.org/TR/html4/strict.dtd">
<html>
    <head>
        <title>    Sistema de Sensores </title>
        <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=utf-8">
        <script src="jquery-1.11.1.min.js"></script>
        <script src="highcharts-custom.js"></script>

        <link rel="stylesheet" href="jquery-ui.css">
        <link rel="stylesheet" href="style.css">

        <script src="jquery-ui.js"></script>
        <script>
            function refreshTime()
            {
                init();
                setInterval("init();",refresco*1000);
            }

            var intervalo;
            intervalo=<?php echo isset($_GET['intervalo']) ?
$_GET['intervalo'] : 60; ?>;

            var nvalues;
            nvalues=24*(60/intervalo);

            $(function() {
                $.datepicker.regional['es'] =
                {
                    closeText: 'Cerrar',
                    prevText: 'Previo',
                    nextText: 'Próximo',
                    monthNames:
['Enero','Febrero','Marzo','Abril','Mayo','Junio',
            'Julio','Agosto','Septiembre','Octubre','Noviembre','Diciem
bre'],
                    monthNamesShort:
['Ene','Feb','Mar','Abr','May','Jun',
            'Jul','Ago','Sep','Oct','Nov','Dic'],
                    monthStatus: 'Ver otro mes',
                    yearStatus: 'Ver otro año',
                    dayNames:
['Domingo','Lunes','Martes','Miércoles','Jueves','Viernes','Sáb
ado'],
                    dayNamesShort:
['Dom','Lun','Mar','Mie','Jue','Vie','Sáb'],
                    dayNamesMin:
['Do','Lu','Ma','Mi','Ju','Vi','Sa'],
```

```

        dateFormat: 'dd/mm/yy', firstDay: 0,
        initStatus: 'Selecciona la fecha',

isRTL: false

    };

$.datepicker.setDefaults($.datepicker.regional['es']);

$("#datepicker").datepicker({
    dateFormat: 'yy-mm-dd',
    onSelect: function(dateText) {
        init();
    }
});

$( "input:text" ).addClass("ui-widget ui-
widget-content ui-widget-header ui-corner-all");

$( "input[type=submit], a, button" )
    .button()
    .click(function( event ) {
        //event.preventDefault();
    });

var today = new Date();
var dd = today.getDate();
var mm = today.getMonth()+1;
var yyyy = today.getFullYear();

if(dd<10) {
    dd='0'+dd
}

if(mm<10) {
    mm='0'+mm
}

today = yyyy+'-'+mm+'-'+dd;

$('input[name=fecha]').val(today);

init();

$('#wrapper').bind('change',function()
{
    checkVisible();
});

});
</script>

<script src="chart.js"></script>
</head>
<body onload="javascript:refreshTime();">
    <span style="font-size:14px;">La página se refresca
    automáticamente cada <?php echo $refresco; ?>
    segundos.</span><br />

```

```

        <table WIDTH=75%><tr><td VALIGN=TOP>
             </td>
            <td> <div align="center" style="padding: 0px;">
                <span style="font-weight:bold; font-
size:16px;">Opciones de visualizaciÃ³n</span><br /><br />
                <div style="border: 1px solid #d0d0d0;
width:60%; padding: 5px 5px 5px 5px;">
                    <div align="center">
                        <div style="text-align: left; width:
50%">
                            <form name="loadZoom"
action="home.php" method="GET">
                                <p>
                                    <label for="datepicker"
class="labelui">Fecha:</label>
                                    <input type="text"
id="datepicker" name='fecha' value="2014-01-01">
                                    </p>
                                    <p>
                                        <label for="spinIntervalo"
class="labelui">Intervalo:</label>
                                        <input id="spinIntervalo"
name="intervalo" value=<?php echo isset($_GET['intervalo']) ?
$_GET['intervalo'] : 60; ?>> minutos
                                        <div align="center">
                                            <button>Aplicar</button>
                                        </div>
                                    </p>
                                </div>
                                <br />
                                <span style="font-
size:14px;">Seleccione los sensores que desee
visualizar:</span><br /><br />
                                <div id="wrapper">
                                    <?php
                                        try
                                        {
                                            $statement = $conn-
>prepare("select * from Sensor where habilitado=true");
                                            $statement-
>execute();

                                            $data = array();

                                            $cont=1;
                                            while($row =
$statement->fetch())
                                                {
                                                    echo "&nbsp;";
<label for="\check$row[0]">Sensor $row[0]</label> <input
type="\checkbox\" id="\check$row[0]" checked>;
                                                    if($cont%4==0)
                                                        echo "<br
/><br />";

```

```

$cont++;
    }
    }
    catch(PDOException
$Exception)
    {
        echo $Exception-
>getMessage();
    }
    ?>
</div>
<br />
<a onclick="selectAll();">Seleccionar
todos</a> <a onclick="selectNone();">Deseleccionar todos</a>
<br /><br />
<form name="restart"
action="home.php" method="GET">
    <button>Reiniciar</button>
</form>
</div>
</div>
<br />
<button
onclick="javascript:location.href='config.php'">ConfiguraciÃ³n</
button>
</div></td></tr></table>
<br />
<div id="container" style="min-width: 310px; height:
400px; width: 96%; align: center; margin: 0 auto"></div>
<?php
    try
    {
        $statement = $conn->prepare("select * from
Sensor where habilitado=true");
        $statement->execute();
        while($row = $statement->fetch())
        {
            print "<div id=\"container$row[0]\"
style=\"min-width: 310px; height: 400px; width: 96%; align:
center; margin: 0 auto\"></div>\n";
        }
    }
    catch(PDOException $Exception)
    {
        echo $Exception->getMessage();
    }
    ?>
</body>
</html>

```

```
<html lang="en-US">
<head>

    <meta charset="utf-8">

    <title>    Sistema de Sensores </title>
    <link rel="stylesheet" href="login-style.css">
    <!--[if lt IE 9]>
        <script
src="http://html5shiv.googlecode.com/svn/trunk/html5.js"></scrip
t>
    <![endif]-->

    <script type="text/javascript">
function validateForm()
{
    var us = document.forms["login"]["user"].value;
    var ps = document.forms["login"]["password"].value;
    if(us == null || us == "usuario" || ps == null || ps
== "password")
    {
        alert("Alguno de los campos estÃ; vacÃ-o.");
        return false;
    }
    else if(us == "root" && ps == "1234" || us ==
"ricardo" && ps == "ricardo" || us == "israel" && ps == "israel"
)
    {
        alert("Bienvenido!");
    }
    else
    {
        alert("Usuario o contraseÃta incorrectos.
Intente de nuevo.");
        return false;
    }
}
</script>

</head>

<body>

    <div id="login-form">
        <h3>Sistema de Sensores</h3>
        <fieldset>
            <form name="login" action="home.php"
onsubmit="return validateForm()" method="post">
                <input type="user" name="user" required
value="usuario" onBlur="if(this.value=='')this.value='usuario'"
onFocus="if(this.value=='usuario')this.value='' "> <!-- JS
because of IE support; better: placeholder="user" -->
                <input type="password" name="password" required
value="password"
onBlur="if(this.value=='')this.value='password'"
```

```
onFocus="if(this.value=='password')this.value='' "> <!-- JS
because of IE support; better: placeholder="Password" -->
    <input type="submit" value="Ingresar">

    <footer class="clearfix">
        <a href="#">Bienvenido</a></p>
    </footer>
</form>
</fieldset>
</div> <!-- end login-form -->

</body>
</html>
```



```
package com.socket;

import com.socket.MySQLAccess;

import java.io.Closeable;
import java.sql.Connection;
import java.sql.DriverManager;
import java.sql.PreparedStatement;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Statement;
import java.util.Date;

public class MySQLAccess {
    private Connection connect = null;
    private Statement statement = null;
    private PreparedStatement preparedStatement = null;
    private ResultSet resultSet = null;

    public void readDataBase(Connection conexion,String data)
throws Exception {
        connect = conexion;
        for(int i = 0; i < data.length(); i++)
        {
            char character = data.charAt(i); // This gives the
character 'a'
            int tempe = (int) character; // ascii is now 97.

            if(tempe < 0)
                tempe = 256 + tempe;
            tempe = tempe*4;

            preparedStatement = connect
                .prepareStatement("insert into Temperatura
(valor,Sensor_idSensor,fecha) values(?,?, NOW())");
            // "myuser, webpage, datum, summary, COMMENTS
from FEEDBACK.COMMENTS");
            // parameters start with 1
            preparedStatement.setInt(1, tempe);
            preparedStatement.setInt(2,i+1);
            preparedStatement.executeUpdate();
            System.out.println(tempe);
        }

        System.out.println("Correctamente ejecutado");
    }
}
```

```
<?php
require("database.php");

//Dar permisos 777 a este archivo
function write_ini($assoc_arr,$path)
{
    $content = "";

    foreach($assoc_arr as $key=>$elem)
    {
        $content .= "[".$key."]\n";
        foreach($elem as $key2=>$elem2)
        {
            $content .= $key2." = ".$elem2."\n";
        }
    }

    if(!$handle = fopen($path,'w'))
    {
        return false;
    }

    if(!fwrite($handle, $content))
    {
        return false;
    }

    fclose($handle);
}

if(!empty($_POST))
{
    try
    {
        $conn = new
PDO("mysql:host=$host;dbname=$db",$user,$pass);

        $statement = $conn->prepare("select idSensor
from Sensor");
        $statement->execute();

        while($row = $statement->fetch())
        {
            $idSensor=$row[0];
            $query = $conn->prepare("UPDATE Sensor SET
habilitado=:habilitado WHERE idSensor=:idSensor");

            if(isset($_POST['sensor'].$row[0]))
                $query->execute(array(':habilitado'
=> 1,':idSensor' => $idSensor));
            else
                $query->execute(array(':habilitado'
=> 0,':idSensor' => $idSensor));
        }
    }
    catch(PDOException $Exception)
    {

```

```
        echo $Exception->getMessage();  
    }  
  
    $umbral=isset($_POST['umbral']) ? (float)$_POST['umbral']  
: 0.0;  
    $pr=isset($_POST['porcentaje']) ?  
(float)$_POST['porcentaje'] : 0.0;  
    $r=isset($_POST['refresco']) ?  
(float)$_POST['refresco'] : 0.0;  
    $arr =  
array('umbral'=>$umbral,'porcentaje'=>$pr,'refresco'=>$r);  
    $data = array('parametros_sensor'=>$arr);  
    write_ini($data,'config.ini');  
}  
  
header('Location: config.php?msg=1');  
?>
```



```
<?php
/*
Export MySQL to Excel using PHP
Author: Vlatko Zdrale, http://blog.zemoon.com

Look but don't touch :)
*/

$dbHost      = 'localhost';           // database host
$dbUser      = 'root';                // database user
$dbPass      = 'blf278';              // database password
$dbName      = 'sensor';              // database name
$dbTable     = 'Sensor';

$conn = @mysql_connect($dbHost, $dbUser, $dbPass) or
die("Couldn't connect.");
$db = mysql_select_db($dbName, $conn) or
die("Couldn't select database.");

$sql = "Select * from $dbTable";
$result = @mysql_query($sql) or die("Couldn't execute
query:<br>".mysql_error()."<br>".mysql_errno());

header('Content-Type: application/vnd.ms-excel');
//define header info for browser
header('Content-Disposition: attachment;
filename='.$dbTable.'-'.date('Ymd').'.xls');
header('Pragma: no-cache');
header('Expires: 0');

for ($i = 0; $i < mysql_num_fields($result); $i++) //
show column names as names of MySQL fields
    echo mysql_field_name($result, $i)."\t";
print("\n");

while($row = mysql_fetch_row($result))
{
    //set_time_limit(60); // you can enable this if you
have lot of data
    $output = '';
    for($j=0; $j<mysql_num_fields($result); $j++)
    {
        if(!isset($row[$j]))
            $output .= "NULL\t";
        else
            $output .= "$row[$j]\t";
    }
    $output = preg_replace("/\r\n|\n\r|\n|\r/", ' ',
$output);
    print(trim($output))."\t\n";
}

?>
```

```
<?php  
  
echo "HOLA MUNDO";  
//$variable=$_GET['numero'];  
//echo $variable;  
?>
```



```
<?php
/*
Export MySQL to Excel using PHP
Author: Vlatko Zdrale, http://blog.zemoon.com

Look but don't touch :)
*/

$dbHost      = 'localhost';           // database host
$dbUser      = 'root';                // database user
$dbPass      = 'blf278';              // database password
$dbName      = 'sensor';              // database name
$dbTable     = 'Temperatura';

$conn = @mysql_connect($dbHost, $dbUser, $dbPass) or
die("Couldn't connect.");
$db = mysql_select_db($dbName, $conn) or
die("Couldn't select database.");

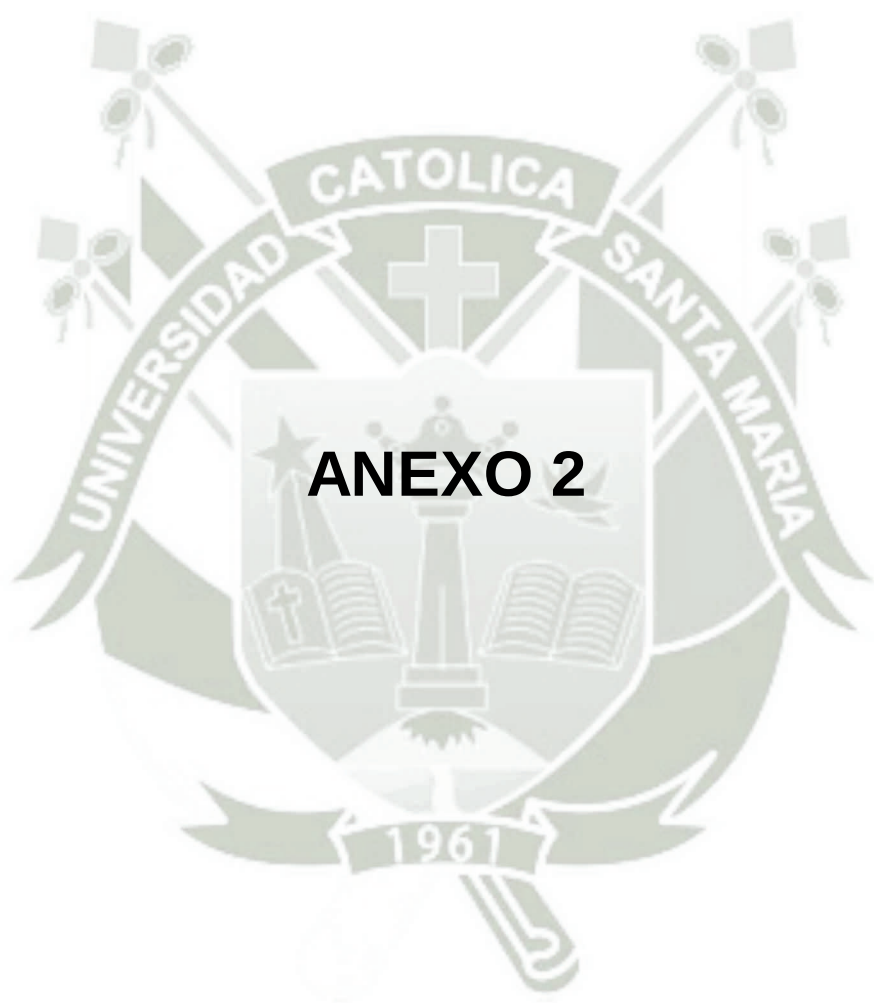
$sql = "Select * from $dbTable";
$result = @mysql_query($sql) or die("Couldn't execute
query:<br>".mysql_error()."<br>".mysql_errno());

header('Content-Type: application/vnd.ms-excel');
//define header info for browser
header('Content-Disposition: attachment;
filename='.$dbTable.'-'.date('Ymd').'.xls');
header('Pragma: no-cache');
header('Expires: 0');

for ($i = 0; $i < mysql_num_fields($result); $i++) //
show column names as names of MySQL fields
    echo mysql_field_name($result, $i)."\t";
print("\n");

while($row = mysql_fetch_row($result))
{
    //set_time_limit(60); // you can enable this if you
have lot of data
    $output = '';
    for($j=0; $j<mysql_num_fields($result); $j++)
    {
        if(!isset($row[$j]))
            $output .= "NULL\t";
        else
            $output .= "$row[$j]\t";
    }
    $output = preg_replace("/\r\n|\n\r|\n|\r/", ' ',
$output);
    print(trim($output))."\t\n";
}

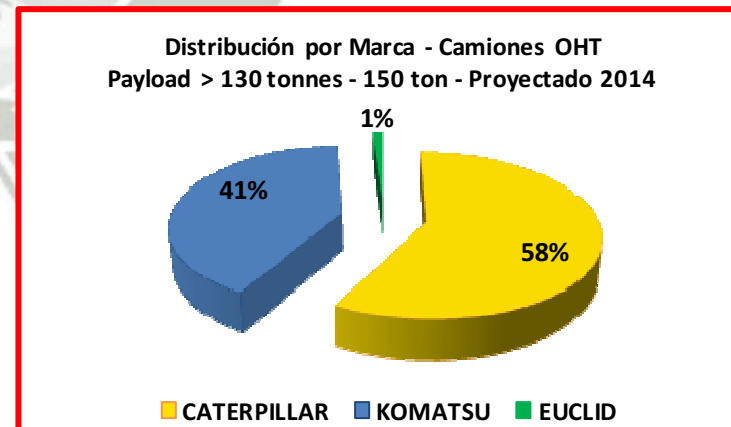
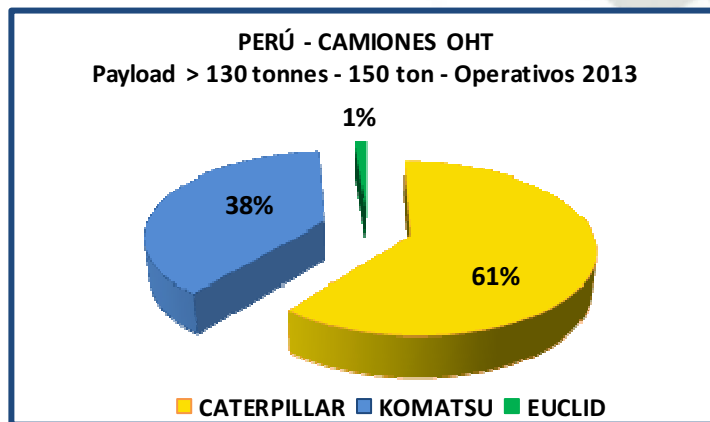
?>
```



1. PARQUE DE EQUIPOS: COMPETIDORES Y CATERPILLAR - CAMIONES OHT

MARCA	MODELO	ANTAMINA	BARRICK - LAGUNAS	BARRICK - PIERINA	CERRO VERDE	CHINALCO	COSAPI	SAN MARTIN	SCC - CUAJONE	SCC - TOQUEPALA	SHOUGANG	CONSTANCIA Gym	XST - ANTAPACCAY	XST - LAS BAMBAS	YANACOCHA	TOTAL MODELO	TOTAL MARCA	%
CATERPILLAR	785A								1							1	372	58%
	785B			3				6			10		3			22		
	785C		4	9			20	9	2	1	12				12	69		
	785D	3							1							4		
	789A				14											14		
	789B				5											5		
	793B				1	1										2		
	793B				13										1	14		
	793C	18			3				8	5					29	63		
	793C				7											7		
	793D	7			30				2	13			11		24	87		
	793F	18										18			1	37		
	797F								1							1		
	797F	1							18	9			2			46		
KOMATSU	830E								20	18						38	262	41%
	830E DC												17			17		
	HPCK 330M		2					6								8		
	930E				2				2							4		
	930E								15	29			9			53		
	930E-4SE	8												17		25		
	930E-4SE	72												25		97		
	HD1500-7										2		2	4		8		
EUCLID	R130B															2	7	1%
	R130M							10			2					5		
Total general		127	6	12	75	17	20	31	70	75	33	18	44	46	67	641	641	100%

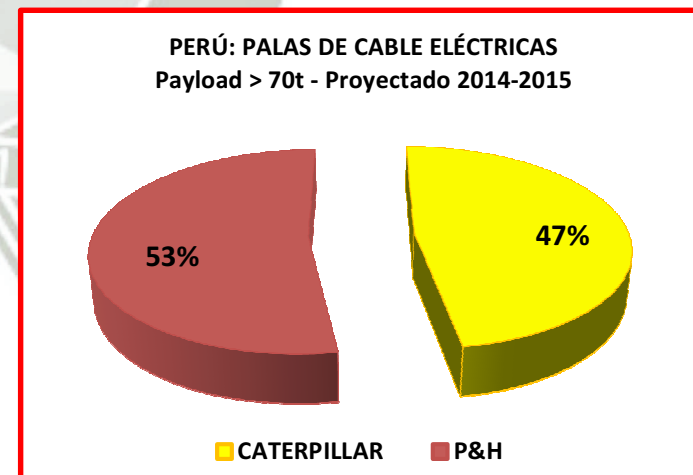
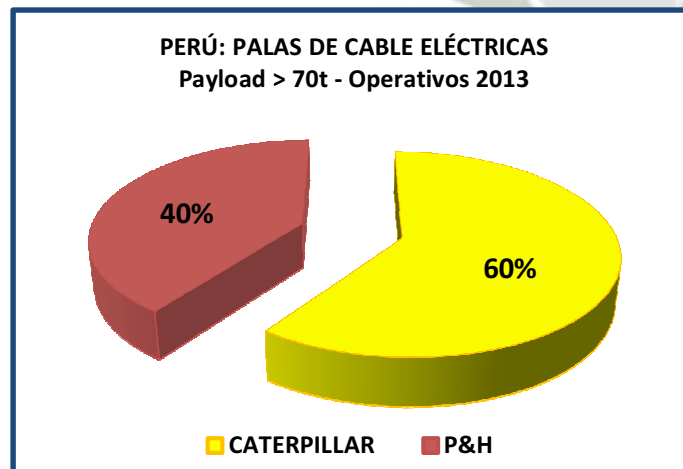
Nota: Las unidades marcadas en rojo corresponden a equipos vendidos y ofrecidos, que aún no han ingresado a Perú o aún no están operando.



2. PARQUE DE EQUIPOS: COMPETIDORES Y CATERPILLAR – PALAS ELÉCTRICAS DE CABLE - ERS

CLASIFICAC IÓN	MARCA	MODELO	ANTAMINA	CERRO VERDE	CUAJONE	MARCONA	TOQUEPALA	TOROMOCHO	ANTAPACCAY	LAS BAMBAS	TOTAL POR MODELO	TOTAL POR MARCA	%	
Payload < 70 t	P&H	1900	2								2	13	68%	
		2800XPC	2								4			
		2800XPB	1	1	2						2			
		2100BL	3								3			
		2300XP	2								2			
	TAYHUAN	WK-12	6								6	6	32%	
Payload > 70 t	CATERPILLAR	7495	2								13	19	48%	
		7495	4								5			
		495BI	4	1						1				
	P&H	495BII	1								1			
		4100XPC-DC	4	2								10	21	53%
		4100XPC-DC	3	1	2						5			
4100XPC-AC		4								1				
4100C	1								1					
		4100A (+)	2								5			
Total general			11	9	7	11	8	2	7	4	59	59	100%	

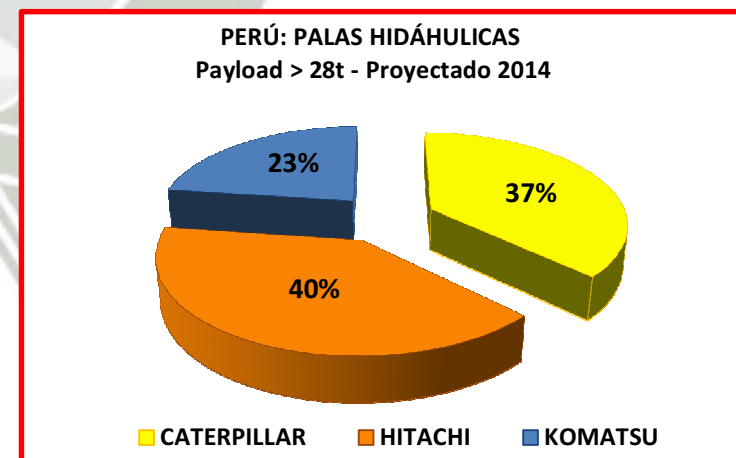
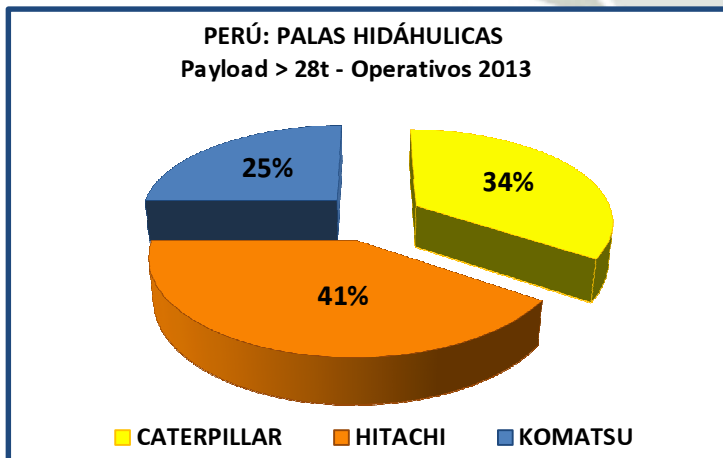
Nota: Las unidades marcadas en rojo corresponden a equipos vendidos que aún no han ingresado a Perú o aún no están operando.



3. PARQUE DE EQUIPOS: COMPETIDORES Y CATERPILLAR – PALAS HIDRÁULICAS - HMS

CLASIFICAC IÓN	MARCA	MODELO	ANTAMINA	BAYOVAR	CERRO VERDE	LAGUNAS NORTE	YANACocha	ANTAPACCAY	SAN MARTIN	LAS BAMBAS	CONSTANCIA	COSAPI	TOTAL POR MODELO	TOTAL POR MARCA	%
Payload > 28t	CATERPILLAR	6030 FS							1				1	13	37%
		6050 FS			2								2		
		6040 FS							2			5	7		
		6060 FS									2		3		
		6060 FS						1					3		
	HITACHI	EX2500						4					4	14	40%
		EX5500						4					6		
		EX5500						2					4		
		EX5600-6 LD	1										4		
	KOMATSU	EX5600-6 LD										3			
PC4000					2							2	8	23%	
PC4000-6 BH			3									3			
PC4000-6 FS		3									3				
Total general			1	6	2	2	10	1	3	2	3	5	35	35	100%

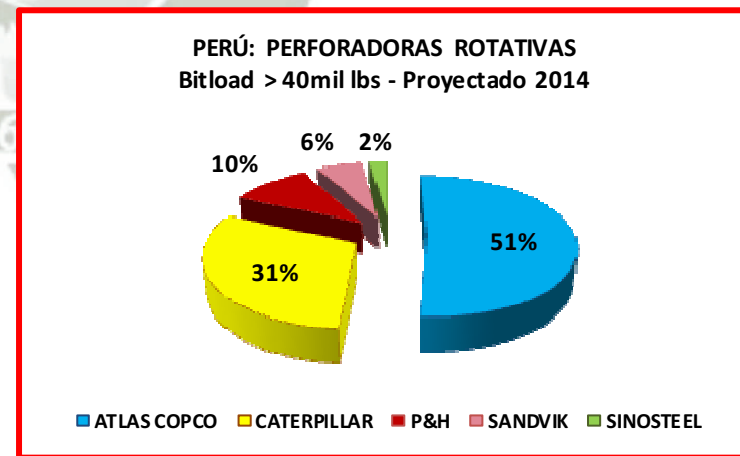
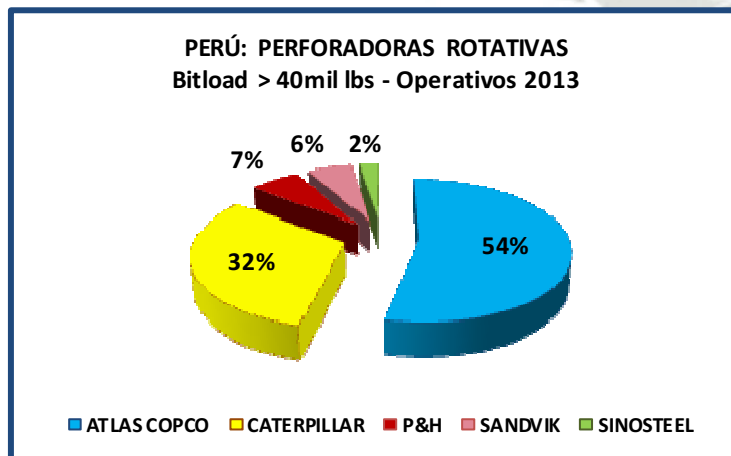
Nota: Las unidades marcadas en rojo corresponden a equipos vendidos que aún no han ingresado a Perú o aún no están operando.
Las unidades marcadas en verde corresponden a equipos que el cliente ha puesto en stand by.



4. PARQUE DE EQUIPOS: COMPETIDORES Y CATERPILLAR - PERFORADORAS ROTATIVAS

MARCA	MODELO	ANTAMINA	ANTAPACCAY	ARUNTANI	CERRO VERDE	COMARSA	CONSTANCIA	COSAPI	CRUBHER	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	SHOUGANG	PIERINA	SAN MARTIN	STRACON GYM	TOQUEPALA	TOROMOCHO	VOLCAN	YANACOCHA	MINASPAMPA	MINSUR	SAN SIMON	TOTAL MODELO	TOTAL MARCA
ATLAS COPCO	DM45			9		5									4	2			1		6	1	5	33	70
	DM45															1								1	
	DML			2											4					4				10	
	DMM2				1						1			2										4	
	PV-271				5		1													9				15	
	PV-271				1		2																	3	
	PV-275																							1	
	PV351E				1													3						3	
CATERPILLAR	39HR		2							1			1				1							5	42
	49RIII	5								1							2							8	
	61R												3											3	
	MD6290							2								2			1					5	
	MD6420										4					2			1					7	
	MD6640	5	1							1						2		4						11	
	MD6640				1							2												3	
P&H	100B/X/XP		2							1								2						5	14
	120A/X									1								1						2	
	250XPC-ST																							2	
	320XPC									1														1	
	320XPC									1								1						4	
SANDVIK	D75KS	2													2									4	8
	D90KS		1																					1	
	1190E							1																1	
	1190E							2																2	
SINOSTEEL	YZ-55B												3											3	3
Total general		12	7	11	8	5	3	3	2	7	5	6	7	2	10	7	11	3	3	13	6	1	5	137	137

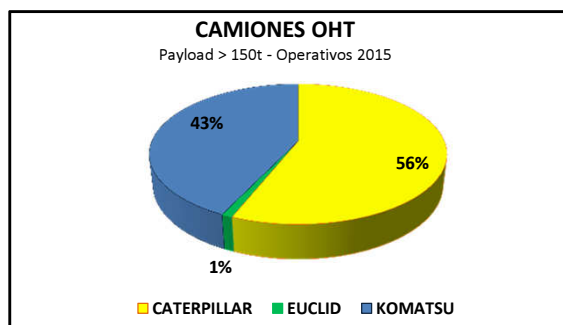
Nota: Las unidades marcadas en rojo corresponden a equipos vendidos que aún no han ingresado a Perú o no están operando.



1.- PARQUE DE CAMIONES OHT > 150t - PERÚ

FAMILIA EQUIPO GENERAL	CAMIÓN >150t
CONDICIÓN OPERATIVIDAD	(Varios elementos)

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)	
MARCA	Total
CATERPILLAR	56%
EUCLID	1%
KOMATSU	43%
Total general	100%



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	BAYOVAR	CERRO VERDE	CONSTANCIA	COSAPI	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	MARCONA	PIERINA	SAN MARTIN	TOQUEPALA	TOROMOCHO	YANACOA	Total general
CATERPILLAR	789	SI				14												14
	785A	SI							1									1
	785B	SI		3								10	3	6				22
	785C	SI						20	2	4		12	9	11	1		7	66
	785D	SI	3						1									4
	789B	SI				5												5
	793B	NO														1		1
		SI				24											1	25
	793C	SI	4			11			8						5		30	58
	793D	SI	7	11		40			2						13		24	97
	793F	SI	18				18										1	37
	797F	NO		8												13		21
		SI	1	12					18						9	16		56
Total CATERPILLAR			33	34		94	18	20	32	4		23	12	17	28	30	63	408
EUCLID	R130B	SI										2						2
	R130M	SI										5						5
Total EUCLID												7						7
KOMATSU	730E	NO			20					21			1					1
		SI												1				42
	830E	SI							15						18			33
	830E DC	SI		17														17
	930E	SI				4			15						29			48
	930E-4SE	SI	80	9					2		38				2			131
	HAULLPACK 330M	SI								2								2
Total KOMATSU			80	28	20	4			32	23	42	6	2	10	49			296
Total general			113	62	20	98	18	20	64	27	42	36	14	27	77	30	63	711

2.- PARQUE DE PALAS ERS - PAYLOAD > 70t - PERÚ

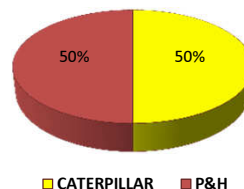
FAMILIA EQUIPO GENERAL PALA DE CABLES > 70t

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)

MARCA	Total
CATERPILLAR	50%
P&H	50%
Total general	100%

ELECTRIC ROPE SHOVELS

Payload > 70t - Operativos 2015



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	CERRO VERDE	CUAJONE	LAS BAMBAS	TOQUEPALA	TOROMOCHO	Total general
CATERPILLAR	7495	NO							1	1
		SI		3		2	2	4	2	13
	495BI	SI	3					1		4
	495BII	SI				1				1
Total CATERPILLAR			3	3		3	2	5	3	19
P&H	4100A	SI				1		3		4
	4100A+	SI				1				1
	4100C	SI			1					1
	4100XPC-AC	NO			2					2
		SI			3					3
	4100XPC-DC	NO	2							2
		SI	5		1	1	2			9
Total P&H			7		7	3	2	3		22
Total general			10	3	7	6	4	8	3	41

3.- PARQUE DE PALAS ERS - PAYLOAD < 70t - PERÚ

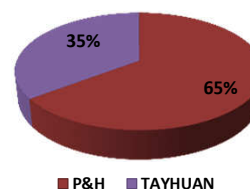
FAMILIA EQUIPO GENERAL PALA DE CABLES < 70t

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)

MARCA	Total
P&H	65%
TAYHUAN	35%
Total general	100%

ELECTRIC ROPE SHOVELS

Payload < 70t - Operativos 2015



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAPACCAY	CERRO VERDE	CUAJONE	MARCONA	Total general
P&H	1900	SI				1	1
	2800XPC	SI	2	2			4
	2100BL	SI				3	3
	2300XP	SI	1				1
	2800XPB	SI		1	1		2
Total P&H			3	3	1	4	11
TAYHUAN	WK-12	SI				6	6
Total TAYHUAN						6	6
Total general			3	3	1	10	17

4.- PARQUE DE PALAS HMS - PAYLOAD > 28t - PERÚ

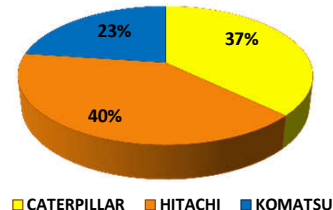
FAMILIA EQUIPO GENERAL	PALA HIDRAULICA > 28t
------------------------	-----------------------

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)

MARCA	Total
CATERPILLAR	37%
HITACHI	40%
KOMATSU	23%
Total general	100%

HYDRAULIC MINING SHOVELS

Payload > 28t - Operativo 2015



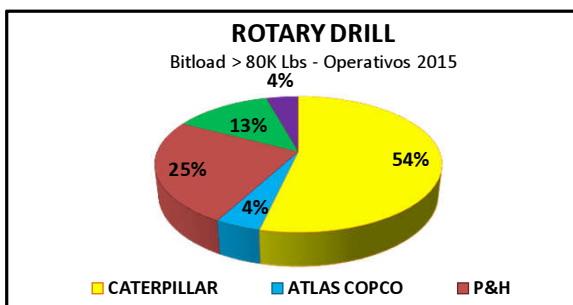
MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	BAYOVAR	CERRO VERDE	CONSTANCIA	COSAPI	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	SAN MARTIN	YANACocha	Total general
CATERPILLAR	6030 FS	ST BY									1		1
	6040 FS	SI						4			2		6
		ST BY									1		1
	6050 FS	SI				2							2
	6060 FS	SI		1						2			3
Total CATERPILLAR				1		2		4		2	4		13
HITACHI	EX2500	SI										4	4
	EX5500	SI										4	4
		ST BY										2	2
	EX5600-6 LD	SI	1				3						4
Total HITACHI			1				3					10	14
KOMATSU	PC4000	SI							2				2
	PC4000-6 BH	SI			3								3
	PC4000-6 FS	SI			3								3
Total KOMATSU					6				2				8
Total general			1	1	6	2	3	4	2	2	4	10	35

5.- PARQUE DE PERFORADORAS - BITLOAD > 80 lbs - PERÚ

FAMILIA EQUIPO GENERAL PERFORADORA > 80K Lbs

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)

MARCA	Total
CATERPILLAR	54%
ATLAS COPCO	4%
P&H	25%
SANDVIK	13%
SINOSTEEL	4%
Total general	100%



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	COSAPI	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	MARCONA	OTROS	SAN MARTIN	TOQUEPALA	TOROMOCHO	Total general
CATERPILLAR	39HR	SI		1		1			1			1		4
	49RIII	SI	5			1						2		8
	61R	SI							3					3
	MD6420	SI					5			3				8
	MD6640	SI	5	2		1		2				4		14
Total CATERPILLAR			10	3		3	5	2	4	3		7		37
ATLAS COPCO	PV351E	SI											3	3
Total ATLAS COPCO													3	3
P&H	100B	SI		2										2
	100XP	SI				1						2		3
	120A	SI				2						1		3
	250XPC-ST	SI						2						2
	320XPC	SI	2			2		2				1		7
Total P&H			2	2		5		4				4		17
SANDVIK	1190E	SI			4									4
	D75KS	SI	2								2			4
	D90KS	SI		1										1
Total SANDVIK			2	1	4						2			9
SINOSTEEL	YZ-55B	SI							3					3
Total SINOSTEEL									3					3
Total general			14	6	4	8	5	6	7	3	2	11	3	69

6.- PARQUE DE PERFORADORAS - BITLOAD < 80 lbs - PERÚ

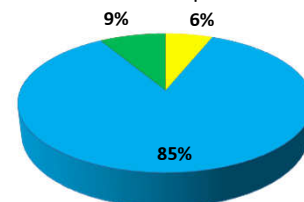
FAMILIA EQUIPO GENERAL PERFORADORA < 80K Lbs

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)

MARCA	Total
CATERPILLAR	6%
ATLAS COPCO	85%
SANDVIK	9%
Total general	100%

ROTARY DRILL

Bitload < 80K Lbs - Operativos 2015



CATERPILLAR ATLAS COPCO SANDVIK

MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	CERRO VERDE	CONSTANCIA	COSAPI	LAGUNAS NORTE	OTROS	PIERINA	SAN MARTIN	TOROMOCHO	YANACocha	Total general
CATERPILLAR	MD6290	SI						5					5
Total CATERPILLAR								5					5
ATLAS COPCO	DM45	SI						30		3	2		35
	DML	SI						3		4		2	9
	DMM2	SI	1	1			1		2				5
	PV-271	NO		2									2
		SI		7	3							3	13
		ST BY										6	6
	PV-275	SI		1									1
Total ATLAS COPCO			1	11	3		1	33	2	7	2	11	71
SANDVIK	D245S	SI				1		5		1			7
Total SANDVIK						1		5		1			7
Total general			1	11	3	1	1	43	2	8	2	11	83

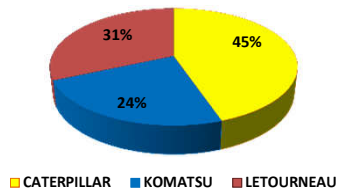
7.- PARQUE DE CARGADORES FRONTALES - PAYLOAD > 30t - PERÚ

FAMILIA EQUIPO GENERAL CARGADOR FRONTAL

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)	
MARCA	Total
CATERPILLAR	45%
KOMATSU	24%
LETOURNEAU	32%
Total general	100%

CARGADORES FRONTALES MINING

Operativos 2015



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	CERRO VERDE	CONSTANCIA	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	MARCONA	OTROS	PIERINA	SAN MARTIN	TOQUEPALA	TOROMOCHO	YANACOAHA	Total general
CATERPILLAR	994	SI		1								2					3
	994D	SI	2														2
	994F	SI	2	3	1								1	1		1	9
	994H	SI			2	1											3
Total CATERPILLAR			4	4	3	1						2	1	1		1	17
KOMATSU	WA1200-3	SI						3		1		2	1				7
	WA900-3E0	SI		1							1						2
Total KOMATSU				1				3		1	1	2	1				9
LETOURNEAU	L1850	SI		1			1							1			3
	L2350	SI	3	1			1							1	1		7
	L2350-II	SI	1						1								2
Total LETOURNEAU			4	2			2		1					2	1		12
Total general			8	7	3	1	2	3	1	1	1	4	2	3	1	1	38

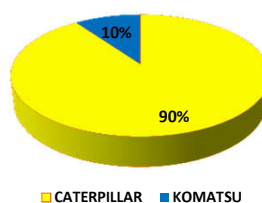
8.- PARQUE DE MOTONIVELADORAS - MOLDBOARD > 16ft - PERÚ

FAMILIA EQUIPO GENERAL MOTONIVELADORA

% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)	
MARCA	Total
CATERPILLAR	90%
KOMATSU	10%
Total general	100%

MOTONIVELADORAS MINING

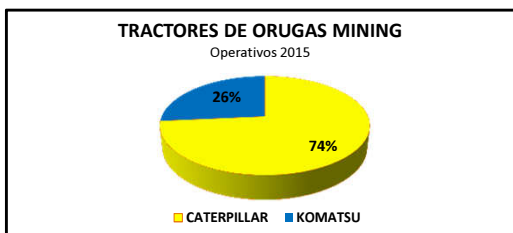
Operativos 2015



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	BAYOVAR	CERRO VERDE	CONSTANCIA	COSAPI	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	MARCONA	OTROS	PIERINA	SAN MARTIN	TOQUEPALA	TOROMOCHO	YANACOAHA	Total general
CATERPILLAR	16G	SI				2													2
	16H	SI	3						3			2	4	2		2			16
	16M	SI		4		7		1	1			1	2		1		1	1	19
	24H	SI	2						2							2		5	11
	24M	SI	7	2			2		3		4					1	4	2	25
Total CATERPILLAR			12	6		9	2	1	9		4	3	6	2	1	5	5	8	73
KOMATSU	GD825A-2	SI			4								1						5
	GD825A-3	SI								3									3
Total KOMATSU					4					3			1						8
Total general			12	6	4	9	2	1	9	3	4	3	7	2	1	5	5	8	81

9.- PARQUE DE TRACTORES DE ORUGAS - POTENCIA > 400hp - PERÚ

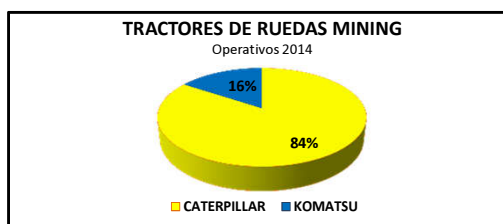
FAMILIA EQUIPO GENERAL	TRACTOR DE ORUGA
% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)	
MARCA	Total
CATERPILLAR	74%
KOMATSU	26%
Total general	100%



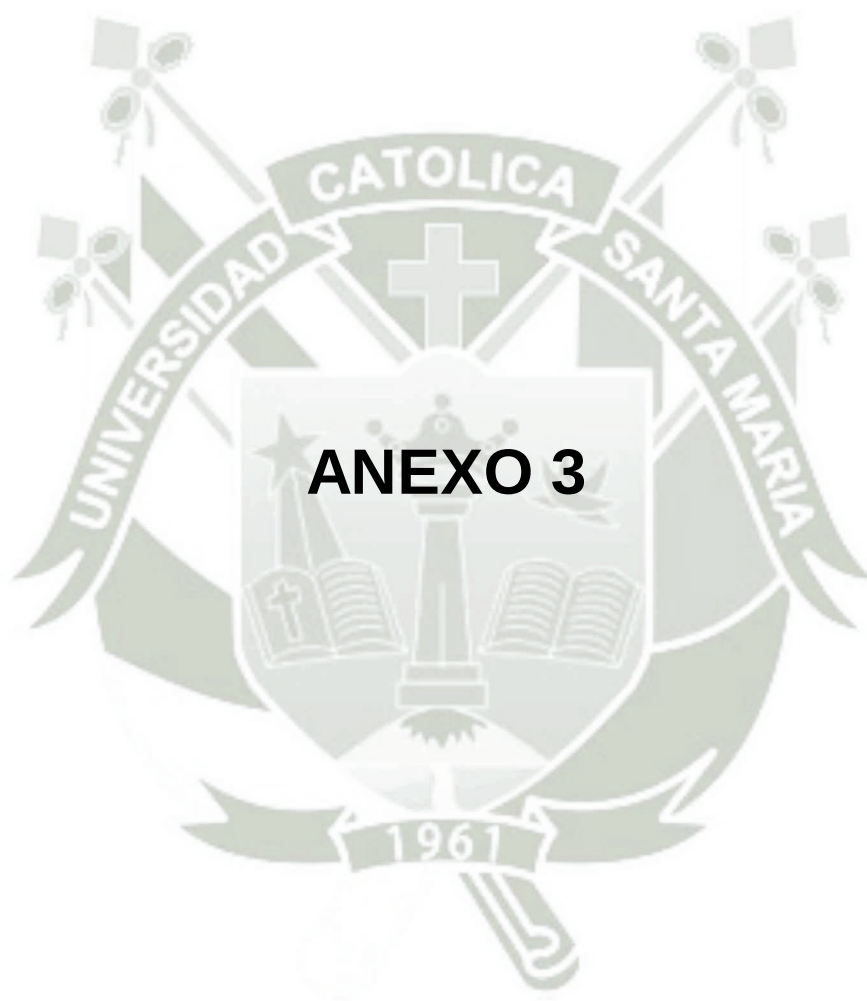
MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	BAYOVAR	CERRO VERDE	CONSTANCIA	COSAPI	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	MARCONA	OTROS	PIERINA	SAN MARTIN	TOQUEPALA	TOROMOCHO	YANACOAHA	Total general
CATERPILLAR	D10N	SI				1			1							1			3
	D10R	SI	8	1		3			4			1		1		4		1	23
	D10T	SI	2	1		17	2		4				5	3		4	6	4	48
	D11R	SI	2													1		8	11
	D11T	SI	4	6		2			4						1	2	3		22
	D9N	SI														1			1
	D9R	SI							1			2		1		1			5
	D9T	NO											1						1
		SI				1		1	1			7			2				12
	Total CATERPILLAR		16	8		24	2	1	15			10	6	5	3	14	9	13	126
KOMATSU	D275AX-5A	SI										1							1
	D275AX-5B	SI										1							1
	D275AX-5E0	NO										2							2
		SI			3							5			1				14
	D375A-5	SI			6					6				1		1			15
	D375A-6R	SI			2								1			1			4
	D475A-5E0	SI	1	1							7					1			10
Total KOMATSU			1	1	11					6	7	9	7		2	3			47
Total general			17	9	11	24	2	1	15	6	7	19	13	5	5	17	9	13	173

10.- PARQUE DE TRACTORES DE RUEDAS - POTENCIA > 550hp - PERÚ

FAMILIA EQUIPO GENERAL	TRACTOR DE RUEDA
% FLOTA OPERATIVA (UNIDADES)	
MARCA	Total
CATERPILLAR	84%
KOMATSU	16%
Total general	100%



MARCA	MODELO	CONDICIÓN OPERATIVIDAD	ANTAMINA	ANTAPACCAY	BAYOVAR	CONSTANCIA	COSAPI	CUAJONE	LAGUNAS NORTE	LAS BAMBAS	MARCONA	OTROS	PIERINA	TOQUEPALA	TOROMOCHO	YANACOAHA	Total general
CATERPILLAR	844	SI						1						2		4	7
	834B	SI	2	2									2				6
	834G	SI						1			1						2
	834H	SI		4				3		2	1	3		6			19
	834K	SI					1	2									3
	844H	SI		3						7							10
	854G	SI	1														1
	854K	SI	6			1									4		11
	Total CATERPILLAR		9	9		1	1	7		9	2	3	2	8	4	4	59
KOMATSU	WD600	SI										1		1			2
	WD600-3	SI			3						1			2			8
	WD900	SI	1														1
Total KOMATSU			1		3				2		1	1		3			11
Total general			10	9	3	1	1	7	2	9	3	4	2	11	4	4	70



Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	25/09/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.					Hora de Fin: 12:00 p.m.							
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10:18	536	540	528	536	532	544	528	532	528	540	532	532	540	612	540	588
10:19	536	540	528	536	532	544	528	532	528	540	532	532	540	612	540	588
10:20	536	540	528	536	532	544	528	532	528	540	532	532	540	612	540	588
10:21	536	540	528	536	532	544	528	532	528	540	532	532	540	612	540	588
10:22	536	540	528	536	532	544	528	532	528	540	528	532	540	612	540	588
10:23	536	540	528	536	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:24	536	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:25	536	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:26	536	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:27	536	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:28	532	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:29	532	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	540	588
10:30	532	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:31	532	540	528	532	532	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:32	532	540	528	532	528	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:33	532	540	528	532	528	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:34	532	540	528	532	528	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:35	532	540	528	532	528	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:36	532	540	528	532	528	544	528	532	528	540	528	532	540	616	536	588
10:37	532	540	528	532	528	544	528	536	528	540	528	532	540	616	536	588
10:38	532	540	528	532	528	544	528	536	528	540	528	532	540	616	536	592
10:39	532	540	528	532	528	544	528	536	528	536	528	532	540	616	536	592
10:40	532	540	528	532	528	544	528	536	528	536	528	532	540	616	536	592
10:41	532	540	528	532	528	544	528	536	528	536	528	532	540	616	536	592
10:42	532	540	528	532	528	544	528	536	528	536	528	532	540	616	536	592
10:43	532	540	528	532	528	544	532	536	528	536	528	532	544	616	536	592
10:44	532	540	528	532	528	544	532	536	528	536	528	532	544	616	536	592
10:45	532	540	528	532	528	544	532	536	528	536	528	532	544	616	536	592
10:46	532	540	528	532	528	544	532	536	528	536	528	528	544	616	536	592
10:47	532	540	528	532	528	544	532	536	528	536	528	528	544	616	536	592
10:48	532	540	528	532	528	544	532	536	528	536	528	528	544	616	536	592
10:49	532	540	528	532	528	544	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:50	532	540	528	532	528	544	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:51	532	540	528	532	528	544	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:52	532	536	528	532	528	544	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:53	532	536	528	532	528	540	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:54	532	536	528	532	528	540	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:55	532	536	528	532	528	540	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:56	532	536	528	532	528	540	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:57	532	536	528	532	528	540	532	536	532	536	528	528	544	616	536	592
10:58	532	536	528	532	528	540	532	540	532	536	528	528	544	616	536	592
10:59	532	536	528	532	528	540	532	540	532	536	528	528	544	616	536	592
11:00	532	536	528	532	528	540	532	540	532	536	528	528	544	616	536	592
11:01	532	536	528	532	528	540	532	540	532	536	524	528	544	616	536	592
11:02	532	536	528	536	528	540	532	540	532	536	524	528	544	616	536	592
11:03	532	536	528	536	528	540	532	540	532	536	524	528	544	616	536	592

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:		C12														
Fecha:	08/10/2014	Hora de inicio: 08:00 a.m.					Hora de Fin: 12:00 p.m.									
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11:04	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:05	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:06	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:07	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:08	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:09	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:10	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:11	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:12	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:13	532	540	532	540	524	544	532	540	532	528	532	544	536	616	532	600
11:14	532	540	532	540	524	544	532	540	532	532	532	544	536	616	532	600
11:15	532	540	532	540	524	544	532	540	532	532	532	544	536	616	532	600
11:16	532	540	532	540	524	544	532	540	532	532	532	544	536	616	532	600
11:17	532	540	532	540	524	544	532	540	532	532	532	544	536	616	532	600
11:18	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:19	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:20	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:21	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:22	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:23	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:24	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:25	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:26	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:27	532	540	532	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:28	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:29	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:30	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:31	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:32	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	600
11:33	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:34	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:35	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:36	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:37	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:38	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:39	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:40	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:41	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:42	532	540	536	540	524	544	532	540	536	532	532	544	536	616	532	604
11:43	532	540	536	540	524	544	532	544	536	532	532	544	536	616	532	604
11:44	532	540	536	540	524	544	532	544	536	532	532	544	536	616	528	604
11:45	532	540	536	540	524	544	532	544	536	532	532	544	536	616	528	604
11:46	532	540	536	540	524	544	532	544	536	532	532	544	536	616	528	604
11:47	532	540	536	540	524	544	532	544	536	532	532	544	536	616	528	604
11:48	532	540	536	540	520	544	532	544	536	532	532	544	536	616	528	604
11:49	532	540	536	540	520	544	532	544	536	532	532	544	536	616	528	604

Ficha de Datos Para Camiones																	
Camión:		C12															
Fecha:	08/10/2014	Hora de inicio: 08:00 a.m.								Hora de Fin: 12:00 p.m.							
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
11:50	532	536	536	540	520	544	528	544	536	532	528	544	536	620	528	604	
11:51	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:52	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:53	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:54	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:55	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:56	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:57	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:58	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
11:59	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	
12:00	532	536	536	540	520	544	528	544	536	536	528	540	536	620	528	604	

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	08/10/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.				Hora de Fin: 12:00 p.m.								
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10:18	536	532	528	536	528	548	532	540	524	532	532	532	532	624	532	616
10:19	536	532	528	536	528	548	532	540	524	532	532	532	532	624	532	616
10:20	536	532	528	536	528	548	532	540	524	532	532	532	532	624	532	616
10:21	536	532	528	536	528	548	532	540	524	532	532	532	532	624	532	616
10:22	536	532	528	536	528	548	532	540	520	532	532	532	532	624	532	616
10:23	536	532	528	536	528	548	532	540	520	532	532	532	532	624	532	616
10:24	536	532	528	536	528	548	532	540	520	532	532	532	532	624	532	616
10:25	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	532	532	532	624	532	616
10:26	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	616
10:27	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:28	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:29	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:30	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:31	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:32	536	532	528	540	528	548	532	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:33	536	532	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:34	540	532	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:35	540	532	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:36	540	532	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	532	620	532	612
10:37	540	532	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	536	620	532	612
10:38	540	536	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	536	620	532	612
10:39	540	536	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	536	620	532	612
10:40	540	536	528	540	528	544	528	540	520	532	528	532	536	620	532	612
10:41	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	532	612
10:42	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	532	612
10:43	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	532	612
10:44	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:45	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:46	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:47	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:48	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:49	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:50	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:51	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:52	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:53	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:54	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:55	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:56	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:57	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:58	540	536	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
10:59	540	540	528	540	528	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
11:00	540	540	528	540	532	544	528	540	520	528	528	528	536	620	528	612
11:01	540	540	528	540	532	544	528	536	520	528	524	528	536	620	528	612
11:02	540	540	532	540	532	544	528	536	520	528	524	528	536	620	528	612
11:03	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	612

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	08/10/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.				Hora de Fin: 12:00 p.m.								
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11:04	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	612
11:05	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	612
11:06	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	612
11:07	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	612
11:08	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	616
11:09	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	616
11:10	540	540	532	540	532	544	528	536	524	528	524	528	536	620	528	616
11:11	540	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	620	528	616
11:12	540	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	620	528	616
11:13	540	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:14	540	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:15	540	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:16	536	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:17	536	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:18	536	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:19	536	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:20	536	540	532	540	532	544	524	536	524	528	524	528	536	624	528	616
11:21	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:22	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:23	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:24	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:25	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:26	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:27	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:28	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	528	616
11:29	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	528	536	624	532	616
11:30	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	532	536	624	532	616
11:31	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	532	536	624	532	616
11:32	536	540	532	540	532	544	524	536	524	532	524	532	536	624	532	616
11:33	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:34	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:35	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:36	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:37	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:38	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:39	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:40	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:41	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:42	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:43	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:44	536	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:45	532	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:46	532	540	532	540	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:47	532	540	532	544	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:48	532	540	532	544	532	544	524	536	528	532	524	532	536	624	532	620
11:49	532	540	532	544	532	540	524	536	528	532	528	532	536	624	532	620

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	08/10/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.				Hora de Fin: 12:00 p.m.								
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11:50	532	540	532	544	536	540	524	536	528	532	528	532	536	624	532	620
11:51	532	540	532	544	536	540	524	536	528	532	528	532	536	628	532	620
11:52	532	540	532	544	536	540	524	536	528	536	528	532	536	628	532	620
11:53	532	540	532	544	536	540	524	532	528	536	528	532	536	628	532	620
11:54	532	540	532	544	536	540	524	532	528	536	528	532	536	628	532	620
11:55	532	540	532	544	536	540	524	532	528	536	528	532	536	628	532	620
11:56	532	540	532	544	536	540	524	532	528	536	528	532	536	628	532	620
11:57	532	540	532	544	536	540	524	532	528	536	528	532	536	628	532	620
11:58	532	540	532	544	536	540	528	532	528	536	528	532	536	628	532	620
11:59	532	540	532	544	536	540	528	532	528	536	528	532	536	628	532	620
12:00	532	540	536	544	536	540	528	532	528	536	528	532	540	628	536	620

Ficha de Datos Para Camiones																
Camión:	C12															
Fecha:	19/11/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.					Hora de Fin: 12:00 p.m.							
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:46	528	540	544	540	552	548	536	540	528	540	528	536	536	544	536	536
08:47	528	540	544	540	552	548	536	540	528	540	528	536	536	544	536	536
08:48	528	540	544	540	552	548	536	540	528	540	528	536	536	544	536	536
08:49	528	540	544	540	552	548	536	540	528	540	528	536	536	544	536	536
08:50	528	540	544	540	552	548	536	540	528	540	528	536	536	544	536	536
08:51	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	536	544	536	536
08:52	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:53	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:54	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:55	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:56	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:57	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:58	528	540	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	536
08:59	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	540
09:00	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	540
09:01	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	540
09:02	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	540
09:03	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	528	536	532	544	536	540
09:04	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	532	536	532	544	536	540
09:05	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	532	536	532	544	536	540
09:06	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	532	536	532	544	536	540
09:07	528	544	544	540	552	548	536	536	528	540	532	536	532	544	536	540
09:08	528	544	544	540	552	544	536	536	528	540	532	536	532	544	536	540
09:09	528	544	544	540	552	544	536	536	528	540	532	536	532	544	536	540
09:10	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	536	540
09:11	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	536	540
09:12	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	536	540
09:13	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	540	540
09:14	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	540	540
09:15	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	540	540
09:16	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	540	540
09:17	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	536	532	544	540	540
09:18	528	544	544	544	552	544	536	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:19	528	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:20	528	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:21	532	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:22	532	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:23	532	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:24	532	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:25	532	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:26	532	544	544	544	552	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:27	532	544	544	544	548	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:28	532	544	540	544	548	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:29	532	544	540	544	548	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:30	532	544	540	544	548	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540
09:31	532	544	540	544	548	544	532	536	532	540	532	532	532	544	540	540

Ficha de Datos Para Camiones																
Camion:		C12														
Fecha:	03/12/2014	Hora de inicio: 08:00 a.m.							Hora de Fin: 12:00 p.m.							
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
08:46	528	544	596	540	608	544	532	540	532	536	528	536	536	544	536	536
08:47	528	544	596	540	608	544	532	540	532	536	528	536	536	544	536	536
08:48	528	544	596	540	608	544	532	540	532	536	528	536	536	544	536	536
08:49	528	544	596	540	608	544	532	540	532	536	528	536	536	544	536	536
08:50	528	544	596	540	608	544	532	540	532	536	528	536	536	544	536	536
08:51	528	544	596	540	608	544	532	540	532	540	528	536	536	544	536	536
08:52	528	544	596	540	608	544	532	540	532	540	528	536	536	544	536	536
08:53	528	544	596	540	608	544	532	540	532	540	528	536	536	544	536	536
08:54	528	544	596	540	608	544	532	540	532	540	528	536	540	544	536	536
08:55	528	544	596	540	608	544	532	540	532	540	528	536	540	544	536	536
08:56	528	544	596	540	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
08:57	528	544	596	540	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
08:58	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
08:59	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:00	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:01	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:02	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:03	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:04	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:05	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:06	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:07	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:08	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:09	528	544	596	536	608	544	528	540	532	540	528	536	540	544	536	536
09:10	528	544	596	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	536	536
09:11	528	544	596	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	536	536
09:12	528	544	596	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	540	536
09:13	528	544	596	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	540	536
09:14	528	544	600	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	540	540
09:15	528	540	600	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	540	540
09:16	528	540	600	536	608	548	528	540	528	540	528	536	540	544	540	540
09:17	528	540	600	536	608	548	528	544	528	540	528	540	540	544	540	540
09:18	528	540	600	536	608	548	528	544	528	540	528	540	540	544	540	540
09:19	528	540	600	536	608	548	528	544	528	540	528	540	540	544	540	540
09:20	528	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:21	528	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:22	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:23	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:24	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:25	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:26	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:27	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:28	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:29	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:30	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540
09:31	532	540	600	536	612	548	528	544	528	540	528	540	540	540	540	540

Ficha de Datos Para Camiones																
Camion:	C12															
Fecha:	18/12/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.				Hora de Fin: 12:00 p.m.								
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11:04	532	536	528	536	532	540	528	540	532	532	528	532	532	536	540	540
11:05	532	536	528	536	532	540	528	540	532	532	528	532	532	532	540	540
11:06	532	536	528	536	532	540	528	540	532	532	528	532	532	532	540	540
11:07	532	536	528	536	532	540	528	540	532	532	528	532	532	532	540	540
11:08	532	536	528	536	532	540	528	540	532	532	528	532	528	532	540	540
11:09	532	536	528	536	532	540	528	540	532	532	528	532	528	532	540	540
11:10	532	536	528	536	532	540	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:11	532	536	528	536	532	540	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:12	532	536	528	536	532	540	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:13	532	536	528	536	532	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:14	532	536	528	536	532	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:15	532	536	528	536	532	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:16	532	536	528	536	532	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:17	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:18	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:19	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:20	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:21	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:22	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	528	532	528	532	540	540
11:23	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:24	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:25	532	536	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:26	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:27	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:28	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:29	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:30	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:31	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:32	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:33	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:34	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:35	532	532	528	536	536	544	528	540	532	528	532	532	528	532	540	540
11:36	532	532	528	536	536	544	528	540	536	528	532	532	528	532	540	540
11:37	532	532	528	536	536	544	528	540	536	528	532	532	528	532	540	540
11:38	532	532	528	536	536	544	528	540	536	528	532	532	528	532	540	540
11:39	532	532	528	536	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	540	540
11:40	532	532	528	536	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	540	540
11:41	532	532	528	536	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	540	540
11:42	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:43	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:44	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:45	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:46	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:47	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:48	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:49	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540

Ficha de Datos Para Camiones																
Camion:		C12														
Fecha:	18/12/2014			Hora de inicio: 08:00 a.m.					Hora de Fin: 12:00 p.m.							
Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
11:50	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:51	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	540
11:52	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	544
11:53	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	544
11:54	532	532	528	532	536	544	528	540	536	528	532	536	528	532	544	544
11:55	532	532	528	532	536	544	524	540	536	528	532	536	528	532	544	544
11:56	532	532	528	532	536	544	524	540	536	528	532	536	528	532	544	544
11:57	532	532	528	532	536	544	524	540	536	528	532	536	528	532	544	544
11:58	532	532	528	532	536	544	524	540	536	528	532	536	528	536	544	544
11:59	532	532	528	532	536	544	524	540	536	528	532	536	528	536	544	544
12:00	532	532	528	532	536	544	524	540	536	528	532	536	528	536	544	544